



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS

NEUMA TEIXEIRA DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA E TEORIA DA COMPLEXIDADE: DIÁLOGO
MULTITEMÁTICO NO ENSINO SUPERIOR**

BELÉM/PARÁ

2021

NEUMA TEXEIRA DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA E TEORIA DA COMPLEXIDADE: DIÁLOGO
MULTITEMÁTICO NO ENSINO SUPERIOR**

Tese apresentada à Banca de Avaliação como componente curricular obrigatório do Curso de Doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, para obtenção do título de Doutora em Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Oliveira do Espírito Santo
Coorientadora: Prof. Dr.^a Roberta Modesto Braga

BELÉM/PARÁ

2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

- S237m Santos, Neuma Teixeira dos.
Modelagem matemática e teoria da complexidade: diálogo multitemático no ensino superior / Neuma Teixeira dos Santos. — 2021.
139 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Adilson Oliveira do Espírito Santo
Coorientação: Prof^a. Dra. Roberta Modesto Braga
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2021.
1. Articulação de Saberes. 2. Divulgação Científica. 3. Infográficos. 4. Perspectiva Transdisciplinar. 5. Sete Saberes da Complexidade. I. Título.

CDD 370

NEUMA TEXEIRA DOS SANTOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA E TEORIA DA COMPLEXIDADE: DIÁLOGO
MULTITEMÁTICO NO ENSINO SUPERIOR**

Tese apresentada à Banca de Avaliação como componente curricular obrigatório do Curso de Doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas para obtenção do título de Doutora em Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Oliveira do Espírito Santo

Coorientadora: Prof. Dr.^a Roberta Modesto Braga

Data de avaliação: 19/04/2021.

Prof. Dr. Adilson Oliveira do Espírito Santo (Orientador)

Prof.^a Dr.^a Roberta Modesto Braga (Coorientadora)

Prof.^a Dr.^a Elizabeth Gomes Souza (Avaliadora Interna - PPGECM)

Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves (Avaliador Interno - PPGECM)

Prof. Dr. Lênio Fernandes Levy (Avaliador Externo–UFPA ICEN)

Prof. Dr. João Frederico da Costa Azevedo Meyer (Avaliador Externo–UNICAMP)

VISTO:

Prof. Dr. Iran Abreu Mendes (Coordenador do PPGECM/IEMCI/UFPA)

BELÉM/PARÁ

2021

Dedico esta tese ao meu pai Antonio (*in memoriam*), que sempre sonhou com minha chegada ao título de Doutora, meu maior incentivador desde o início da minha vida terrena. A minha mãe Neusa, meu esposo Reginaldo e meus filhos Vinícius e Gustavo, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos que serão feitos aqui são frutos de uma profunda **Gratidão** a todos e todas que contribuíram para a realização desse sonho.

A Deus e aos amigos espirituais, fontes de força, luz e inspiração.

A minha mãe Neusa, por seu apoio incondicional em todos os momentos, seja na presença física, incentivando a elaboração deste trabalho quando muitas vezes eu chegava ao auge do cansaço e ajudando com as crianças, ou por meio de suas orações, que com certeza muito me fortaleceram espiritualmente.

Ao meu esposo Reginaldo, que além de me incentivar todos os dias e cuidar do nosso lar e dos nossos filhos enquanto eu permanecia ocupada com esta pesquisa, foi meu ouvinte durante as inúmeras leituras que fiz no texto da tese.

Aos meus filhos Vinícius e Gustavo, por serem luz na minha vida... Vinicius por seu apoio e compreensão durante os momentos que estive ausente nesse período de doutoramento, e mesmo tão pequeno quantas vezes chegou ao lado da minha mesa de trabalho e perguntou: - Tudo bem mãe na escrita da tese? E em seguida inundando minha alma de amor dizia: - Eu te amo mãe! Outras vezes, perguntava: – Mãe, quais são os saberes de Morin? Gustavo, meu pequenino, que está com quatro meses de vida e não tem idade para compreender a importância desta etapa acadêmica, porém chegou para completar minha felicidade e dar suavidade a esse momento, de uma forma singular renova as minhas energias a cada sorriso.

A todos os professores que influenciaram na minha trajetória, em especial a professora Rosa Maria, que me ensinou a ler e a escrever em uma perspectiva de leitura de mundo e acompanhou meu processo de aprendizagem, desde a fase inicial até os meus nove anos de idade.

As minhas “primairmãcumadi” Tainá (parceria em pesquisas e orientações no LabGEFA) e Tâmila, pelo apoio e incentivo desde sempre sendo ouvintes e encorajadoras dos desafios que surgiram ao longo da caminhada.

Aos amigos e amigas das pós-graduação do grupo de estudos de Modelagem Matemática na Educação (GEMM/UFGA), Lílian, Luiz, Adriana, Edilene, Ednilson (pelos diálogos científicos e incentivadores na minha pesquisa, quando em momentos de insegurança com o tema), Rhomulo, Laécio, Conceição (grata pelas conversas pelo *Whatsapp* de apoio e incentivo independente do horário); e Wellington (grupo de didática – parceiro de congressos), Janaína (parceria em subprojeto de pesquisa e realização de minicurso no EPAMM, além de

grande incentivadora), Carlos (grupo de linguagem matemática) e a todos e todas os/as colegas de disciplinas, por compartilhar momentos de aprendizado.

Em especial, Edilene pela amizade de mais de 15 anos e por me apresentar o grupo GEMM. Grata por suas contribuições no texto no Seminário Avançado I, pela parceria em publicações científicas e por possibilitar-me contribuir com conhecimentos de Modelagem em duas bancas de TCC.

Ao Rhomulo parceiro de pós-graduação em que participamos das mesmas disciplinas, tendo os mesmos orientadores, companheiro de diversas viagens no deslocamento Capanema-Belém-Capanema. Grata por sua amizade e por compartilhar conhecimento de forma tão generosa.

Agradeço meu amigo Laécio por estimular e apoiar minha pesquisa com tanta empatia sendo muitas vezes um apoio psicológico; grata por sua amizade e por compartilhar conhecimento de forma tão generosa.

Aos amigos que conheci no Sipam CR-Belém, Nicola Tancredi, Carlos Tamasauskas, Ulisses Guimarães, Fábio Simão e seu Eduardo Santos, que sempre foram grandes incentivadores, participando dos projetos de pesquisa que foram a base para a constituição do LabGEFA. Amigos a quem devo muito do que sou como pesquisadora.

Ao Nicola, grata pelas suas contribuições no texto do meu Seminário Avançado I, por acreditar no potencial do grupo LabGEFA, tornando-se um dos membros pesquisadores. Grata pelas parcerias em orientações e publicações.

Aos amigos do ICMBio Paulo Oliveira (*in memoriam*), Ednaldo Gomes, William Fernandes, Maximiliano Rodriguez, Sheila Santos, Cláudia Alves e Josiel Vasconcelos, por serem inspiração na proteção ambiental, nas Reservas Extrativistas da Microrregião Bragantina e Salgado. Em especial, Paulo Oliveira (*in memoriam*), que acompanhou e estimulou minhas primeiras pesquisas na Resex de Tracuateua, por meio do projeto meninas. Ednaldo Gomes, que deu apoio a diversas visitas de campo, cuja dedicação pela proteção ambiental é fonte de inspiração. William Fernandes, que tem ampla experiência na gestão de Unidades de Conservação, minha gratidão por compartilhar seu conhecimento de forma tão generosa, por meio de palestra realizada no LabGEFA, participação em bancas de TCC e pela disponibilidade de esclarecer dúvidas, seja via *Whatsapp*, *e-mail* ou ligação telefônica. E Maximiliano Rodriguez, por compartilhar seu conhecimento na participação em banca de TCC e nas atividades de campo no Programa Monitora.

Ao Alexandre Damasceno, pela amizade e parceria em orientação de TCC, em atividades de congresso, ministrando minicurso, participação em mesa redonda e avaliação de trabalhos que foram importantes para as atividades complementares.

Aos amigos e professores da UFRA/Capanema: Sanae Hayashi e Jaime Sousa, pela amizade e parceria que começou em 2013 e que hoje partilhamos de uma realização conjunta, que é o LabGEFA, desenvolvendo juntos projetos, orientação de estudantes e publicações em uma coordenação horizontal, cujas decisões são tomadas em conjunto. Gratidão por serem amigos, fontes de apoio e incentivo durante o desenvolvimento desta tese doutoral. A Professora Jamille Araújo, grata pela parceria no conselho da Resex e por possibilitar-me compartilhar conhecimento em bancas de TCC e publicação científica. Gratidão Sanae, pela coordenação da atividade de campo, que possibilitou a produção de dados do capítulo III e aos amigos Jaime e Jamille, por embarcarem conosco nessa aventura de campo, partilhando conhecimentos e afetividade. Ao Prof. Elias Rodrigues pela amizade, incentivo e suporte nas dúvidas de gramática e ortografia. A Prof.^a Salma Carvalho, grata pelos convites para ministrar minicurso e palestra sobre o LabGEFA. Ao prof. Ebson Cândido pelo apoio no processo da licença qualificação. Ao prof. Joaquim Alves, pelo apoio no processo de cadastramento do LabGEFA e no pronto atendimento dos cadastros de minicursos, projetos, cursos e produtos, que foram fontes de produção de dados para esta tese.

Aos técnicos da UFRA/Capanema, pela disponibilidade e apoio nos cadastros que se fizeram necessários durante esse percurso, Bárbara Barbosa, Alcione Gomes. Saulo Silva e Anderson Almeida, por manterem o LabGEFA em pleno funcionamento na área de informática, para que as pesquisas fossem realizadas. Ao George Remedios pelo apoio nas atividades de campo.

Ao amigo Alfredo Braga, que me apresentou as leituras de Edgar Morin, possibilitando com que eu identificasse a base epistemológica da minha pesquisa. Grata pelas contribuições.

Aos professores Iran Mendes e Carlos Silva, por possibilitar na disciplina Bases Epistemológicas da Pesquisa, o encontro com leituras que se fizeram muito necessárias na escrita da tese. Na finalização da disciplina proporcionou-nos uma palestra com a Prof.^a Maria da Conceição de Almeida, que me inspirou a esse caminho da teoria da complexidade.

A banca, por aceitar o convite e pelas valiosas contribuições no exame de qualificação. Prof.^a Elizabeth Souza, grata pelo conhecimento compartilhado no grupo GEMM durante esses anos de doutoramento. Prof. Messildo Nunes, grata pelas contribuições realizadas desde o Seminário Avançado I. Prof. Joni, grata pelas suas contribuições e por ser fonte de inspiração em suas pesquisas em Biomatemática, saiba que se tornou fonte de inspiração desde a sua

primeira palestra que assisti em 2007 (em Pelotas-RS), quando ainda era graduanda. Prof. Lênio Levy, grata pelas suas publicações realizadas, que se tornaram principais fontes de referência para o desenvolvimento desse trabalho. Ao professor Tadeu grata por aceitar o convite para compor essa banca avaliadora.

A Prof.^a Roberta Braga minha coorientadora, grata pelo incentivo nos momentos de maior dificuldade, és fonte de inspiração desde a graduação, quando fui sua aluna nas disciplinas de Lógica Matemática e Estatística. Grata por me colocar na direção certa, nos momentos de incerteza. Saiba que nas entregas do texto, nas diversas etapas, ao receber suas contribuições, a inserção de comentários com palavras de estímulo funcionou como motivação e deixaram o processo mais leve.

Ao Prof. Adilson do Espírito Santo, grata por aceitar orientar essa pesquisa e por depositar total confiança na minha proposta de projeto. Grata por disponibilizar tempo e por ser fonte de inspiração por sua trajetória acadêmica.

Aos meus orientadores gostaria de destacar que são fonte de inspiração, também pelo tipo de direcionamento que proporcionam aos seus orientandos, indicam uma metodologia humanizada, fato que precisa ser ressaltado quando se tem tantos trabalhos mostrando que na pós-graduação há muito adoecimento mental. Então gostaria de colocar nesses agradecimentos, que vocês são o modelo de orientadores que nós pós-graduandos sempre gostaríamos de ter. Nesse doutoramento ser orientanda pelos Professores Adilson e Roberta foi um grande presente.

As comunidades de Tracuateua minha gratidão, por despertar em mim um sentimento de pertencimento à humanidade planetária. Em especial ao Seu João Carlos, Dona Nazaré, Beatriz, Seu Sebastião, Dona Marilena, Daniel, Prof. Marivaldo, Dona Lourdes, Ruan, Bruno e Blenda, que sempre me receberam com muito carinho em seus lares, despertando-me sempre um sentimento de saudades e vontade de poder contribuir mais.

Ao LabGEFA gratidão a todos, que participam ou já participaram do grupo. Aos já graduados Dandara, Edir Augusto, Deyverson, Robert, André, Saelly, Waldemar, Sanderson, Débora e Josinara, muitas memórias ficaram das diversas atividades de campo que realizamos, algumas destas resultaram na produção de dados dessa tese. Aos graduandos Glailcir, Mariângela e Lucas, grata pelas participações nas atividades de pesquisa e extensão; e Carlos Daniel, Euller, Rafaela, Taynara, Thiago, Alexandre, Felipe, Brenna, Ana, Gustavo e Vitória grata por aceitarem o desafio de fazer ensino, pesquisa e extensão em uma nova modalidade de ambiente *online*, grata por tornarem esse resultado possível!

Ao Programa de pós-graduação de Educação em Ciências e Matemáticas, grata por ser um espaço que proporciona ensino e aprendizagem de qualidade.

A Universidade Federal Rural da Amazônia por incentivar e possibilitar a qualificação de seus docentes. Em especial a todos os estudantes, docentes, técnicos e terceirizados do Campus de Capanema, que de forma direta ou indireta muito contribuíram nesse processo de formação.

Alguém que nunca cometeu erros nunca tratou de fazer algo novo.

Albert Einstein

RESUMO

A pesquisa realizada nesta tese doutoral foi motivada pelo interesse de compreender se as atividades de Modelagem Matemática no Ensino Superior, discutidas a partir dos sete saberes da complexidade de Edgar Morin, possibilitam a desfragmentação do conhecimento e a religação de saberes, visto que a educação do século XXI necessita de um pensar complexo, movida pelo sentimento de pertencimento a uma unidade planetária. Desta forma buscou-se, por meio das temáticas, monitoramento no manguezal, marrecas (*dendrocygna autumnalis*) em diversos contextos, pandemia da covid-19, redes sociais, *fake news*, infográficos e divulgação científica, articular saberes desenvolvendo atividades presenciais e *online*. A seleção dos dados empíricos foi inspirada no procedimento metodológico da análise de conteúdo, e a discussão dos dados organizada a partir das etapas de Modelagem, propostas pelo professor Rodney Bassanezi. O texto foi organizado no formato agregação, reunindo três artigos conectados e independentes, acompanhados de um texto integrador, introdução e considerações gerais. O primeiro artigo trata de uma reflexão teórica acerca dos fundamentos epistemológicos da teoria da complexidade de Edgar Morin, para identificar o entrelaçamento com a Modelagem, que possibilite a religação de saberes. No segundo artigo foi realizada uma atividade empírica, com a temática ambientação no manguezal. Esta atividade de campo culminou na abordagem multitemática do terceiro artigo. A investigação mostrou que a abordagem de Modelagem, que proporciona o pensar complexo, está pautada na perspectiva transdisciplinar. Diante da complexidade das problemáticas que se vive neste século é necessário agir além das fronteiras, permitindo que Modelagens Matemáticas existam e potencializem a articulação de saberes, para o exercício pleno de uma cidadania planetária.

Palavras-chave: Articulação de Saberes. Divulgação Científica. Infográficos. Perspectiva Transdisciplinar. Sete Saberes da Complexidade.

ABSTRACT

The research accomplished in this doctoral thesis was motivated by the interest in understanding whether the activities of Mathematical Modeling in College Education, discussed from the seven knowledge of Edgar Morin's complexity, allow the defragmentation of knowledge and the reconnection of knowledge, since the education of the 21st century needs a complex thinking, moved by the feeling of belonging to a planetary unity. In this way, the themes sought to monitor mangrove swamps, ducks (*dendrocygna autumnalis*) in different contexts, the Covid-19 pandemic, social networks, *fake news*, infographics and scientific dissemination, to articulate knowledge by developing face-to-face and on-line activities. The selection of empirical data was inspired by the methodological procedure of content analysis, and the discussion of data organized from the Modeling steps, proposed by Professor Rodney Bassanezi. The text was organized in the aggregation format, bringing together three connected and independent articles, accompanied by an integrating text, introduction and general considerations. The first article deals with a theoretical reflection on the epistemological foundations of Edgar Morin's theory of complexity, in order to identify the intertwining with Modeling, which enables the reconnection of knowledge. In the second article, an empirical activity was carried out, with the theme of setting in the mangrove. This field activity culminated in the multi-thematic approach of the third article. The research has shown that the Modeling approach, which provides complex thinking, is based on a transdisciplinary perspective. Facing the complexity of the problems experienced in this century, it is necessary to act beyond borders, allowing Mathematical Modeling to exist and enhance the articulation of knowledge, for the full exercise of a planetary citizenship.

Keywords: Articulation of knowledge. Scientific divulgation. Infographics. Transdisciplinary Perspective. Seven knowledge of complexity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Figura 1.	A) Aula guiada no Manguezal. B) Leitura de Mapas. C) Oficina de GPS	9
Figura 2.	Exposição Fotográfica na A) Universidade e na B) Feira Cultural	9

CAPÍTULO 3 ARTIGO II

Figura 1.	Coleta de dados nas parcelas	46
Figura 2.	Ambientação com o local da pesquisa	46
Figura 3.	Tratamento dos dados no laboratório	46
Figura 4.	Roda de conversa para reflexões e agradecimentos	54
Figura 5.	Resultado das medições realizadas pelos alunos nas três parcelas	56
Figura 6.	Fórmulas utilizadas nos cálculos dos parâmetros fitossociológicos	57
Figura 7.	Agregação de tabelas com os resultados dos cálculos dos parâmetros fitossociológicos	59

CAPÍTULO 4 ARTIGO III

Figura 1.	Representação do ciclo de Modelagem Matemática	81
Figura 2.	Evolução das redes sociais entre 2013 e 2020, como fonte de informação	84
Figura 3.	Mídias sociais mais utilizadas	84
Figura 4.A,B.	Infográficos banco de referências do projeto Marrecas, Grupo 1	92
Figura 5.	Medidas de ninhos encontrados no Rio de Janeiro e no Texas	95
Figura 6.A,B	Infográficos banco de referências do projeto Marrecas, Grupo 2	96
Figura 7.A,B	Infográficos banco de referências do projeto Marrecas, Grupo 3	99
Figura 8A.	Infográfico banco de referências do projeto Marrecas, Grupo 4	101
Figura 8B.	Infográficos banco de referências do projeto Marrecas, Grupo 4	102
Figura 9a. A,B	Infográficos do desmatamento na Amazônia	106
Figura 9b. C,D	Infográficos do desmatamento na Amazônia	107
Figura 10a. A,B	Infográficos dos morcegos x covid-19	119
Figura 10b. C,D	Infográficos dos morcegos x covid-19	110
Figura 11a. A,B	Infográficos do coronavírus divergentes	112
Figura 11b. C,D	Infográficos do coronavírus divergentes	113

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Quadro 1.	Resumos publicados no VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática	10
-----------	--	----

CAPÍTULO 2 ARTIGO I

Quadro 1.	Relação entre complexidade e Modelagem Matemática	30
-----------	---	----

CAPÍTULO 3 ARTIGO II

Quadro 1.	Relações entre sete saberes e Modelagem Matemática	41
-----------	--	----

CAPÍTULO 4 ARTIGO III

Quadro 1.	Relações entre sete saberes e Modelagem Matemática	75
Quadro 2.	Artigos utilizados do banco de referências do projeto de pesquisa “das marrecas”	77
Quadro 3.	Artigos e reportagens utilizados para a produção de temas relacionados à pandemia e questões ambientais	78

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACT	Acordo de Cooperação Técnica
AUREMAT	Associação dos Usuários da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua
CAP	Circunferência a Altura do Peito
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNMEM	Conferência Nacional de Modelagem na Educação Matemática
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAP	Diâmetro a Altura do Peito
DOR	Dominância Relativa
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DR	Densidade Relativa
EA	Educação Ambiental
EJA	Educação de Jovens e Adultos
EPAEM	Encontro Paraense de Educação Matemática
EPAMM	Encontro Paraense de Modelagem Matemática
FR	Frequência Relativa
GEMM	Grupo de Modelagem Matemática
GPS	Sistema de Posicionamento Global
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IVI	Índice de Valor de Importância
LabGEMM	Laboratório de Geoprocessamento de Modelagem Matemática
LabGEFA	Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental
Landsat	Land Remote Sensing Satellite
MATLAB	MATrix LABoratory
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PPC	Plano Pedagógico do Curso
Resex	Reserva Extrativista
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SIGAA	Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
UC	Unidade de Conservação
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

SUMÁRIO	
CAPÍTULO 1 A PESQUISA	5
1.1 Introdução	5
1.2 Trajetória acadêmica/profissional	6
1.2.1 O espaço LabGEFA	12
1.3 Questão de pesquisa	13
1.4 Objetivo	14
1.5 Justificativa	14
1.6 Organização da tese	17
Referências	19
CAPÍTULO 2 ARTIGO I	22
ENTRELAÇAMENTO ENTRE MODELAGEM MATEMÁTICA E A TEORIA DA COMPLEXIDADE DE EDGAR MORIN	22
2.1 Introdução	22
2.2 Edgar Morin e a construção do pensamento complexo	24
2.3 Modelagem Matemática sob a perspectiva da complexidade	28
2.4 Perspectiva transdisciplinar na relação dos saberes	31
2.5 Considerações	33
Referências	33
CAPÍTULO 3 ARTIGO II	37
TECITURA ENTRE MODELAGEM MATEMÁTICA E SABERES DA COMPLEXIDADE NA TEMÁTICA AMBIENTAÇÃO NO MANGUEZAL	37
3.1 Introdução	37
3.2 Interlocação de saberes teóricos no percurso da pesquisa	38
3.2.1 Modelagem Matemática na perspectiva dos <i>saberes</i> da complexidade	38
3.2.2 Monitoramento de mangue em reserva extrativista marinha	42
3.3 Procedimentos metodológicos	45
3.4 Análise e discussão dos resultados	48
3.4.1 Primeira etapa: reconhecimento e familiarização da problemática	48
3.4.2 Segunda etapa: coleta de dados	50
3.4.3 Terceira etapa: análise dos dados	55
3.4.4 Quarta etapa: validação e análise crítica da solução	58
3.5 Considerações	63
Referências	65
CAPÍTULO 4 ARTIGO III	68
MODELAGEM MATEMÁTICA E SABERES DA COMPLEXIDADE: ABORDAGEM MULTITEMÁTICA	68

4.1 Introdução	68
4.2 Modelagem Matemática na perspectiva dos saberes da complexidade	71
4.3 Percurso metodológico da pesquisa	75
4.4 Análise e discussão dos resultados	79
4.4.1 1º ciclo: Reconhecimento e familiarização da problemática	81
4.4.2 2º ciclo: Produção e socialização para análise crítica dos modelos e seus resultados	88
4.4.2.1 Modelos produzidos pelo grupo G1	89
4.4.2.2 Modelos produzidos pelo grupo G2	93
4.4.2.3 Modelos produzidos pelo grupo G3	97
4.4.2.4 Modelos produzidos pelo grupo G4	100
4.4.2.5 Modelos produzidos com as referências do Quadro 3	104
a) Desmatamento na Amazônia	104
b) Os Morcegos e o covid-19	107
c) Coronavírus em aves silvestres no Brasil	110
4.5 Considerações	115
Referências	116
CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES	121
REFERÊNCIAS	124
APÊNDICE - AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA HUMANA	125

CAPÍTULO 1 A PESQUISA

1.1 Introdução

A presente pesquisa é resultado de inquietações pessoais em relação à importância dos modelos matemáticos, para a interpretação das questões econômicas e socioambientais. A Matemática estudada com base em problemáticas locais pode despertar a visão crítica nos estudantes. Esta afirmação sustenta-se em experiências vividas pela autora, que será apresentada, a seguir, no item 1.2. Por sua vez, o aprendizado por meio de pesquisa possibilita a aquisição de conhecimentos, a partir, por exemplo, de ações educativas que busquem promover reflexão, acerca da degradação do ambiente.

Os modelos matemáticos são representações simplificadas dos fenômenos econômicos e socioambientais, dentre outros. Portanto, estas representações estão presentes no cotidiano, algumas vezes de forma implícita, e os sujeitos envolvidos não percebem (experiência da autora em sala de aula), a presença sutil da Matemática gerando no estudo multidisciplinar uma fragmentação, que gera questionamentos sobre a aplicação das ferramentas aprendidas.

A importância de iniciar os estudantes em projetos de pesquisa e de extensão é de grande relevância no ensino superior, independente se estes são de cursos de licenciatura, bacharelado ou tecnológico, pois a formação pessoal e profissional que se adquire em um grupo trará visão mais ampla, acerca de problemáticas cuja solução necessite de múltiplos conhecimentos. Tornando-os, então, capazes de relacionar os assuntos estudados no ensino disciplinar e aprimorar o relacionamento de trabalho em grupo.

A busca por essa desfragmentação do conhecimento levou-me ao encontro da teoria da complexidade de Edgar Morin, teórico que mostra em seus escritos, pensamentos alinhados com os anseios do fazer diferente, da reforma do pensamento e da desfragmentação do conhecimento. Desta forma será adotada nesta pesquisa a complexidade em sua base epistemológica proposta pelo filósofo Edgar Morin.

Morin (2000) conceitua a complexidade em sua obra sobre os sete saberes necessários à educação do futuro, como aquilo que é construído em conjunto e a importância do conhecimento contextualizado, para que haja compreensão global do objeto e/ou sujeitos envolvidos na investigação. Referente ao conhecimento contextualizado, ele dá destaque à necessidade de se trabalhar o conhecimento que seja pertinente e integrado:

O conhecimento pertinente deve enfrentar a complexidade. *Complexus* significa o que foi tecido junto; de fato, há complexidade quando elementos diferentes são inseparáveis constitutivos do todo (como o econômico, o político, o sociológico, o psicológico, o afetivo, o mitológico), e há um tecido interdependente, interativo e

inter-retroativo entre o objeto de conhecimento e seu contexto, as partes e o todo, o todo e as partes, as partes entre si. Por isso, a complexidade é a união entre a unidade e a multiplicidade. Os desenvolvimentos próprios a nossa era planetária nos confrontam cada vez mais e de maneira cada vez mais inelutável com os desafios da complexidade (MORIN, 2000, p.38).

Para delimitar o foco de abordagem dessa pesquisa houve um processo cíclico de leituras, para alinhar a metodologia da pesquisa, a linha de pesquisa vinculada na pós-graduação e a base teórica, sustentação do trabalho realizado. Realizar o recorte do tema não foi uma decisão fácil, no entanto as leituras guiaram-me para a seguinte tese: **atividades teóricas e aplicadas de Modelagem Matemática desenvolvidas no ambiente de um grupo de ensino, pesquisa e extensão, possibilitam a desfragmentação e a interligação dos saberes quando empreendidas e compreendidas a partir do olhar dos sete saberes da complexidade.**

Na próxima seção é apresentada a trajetória acadêmica e profissional da autora desse trabalho, para que se compreendam as motivações, que levaram à escolha desse tema, assim como situá-lo no contexto da investigação.

1.2 Trajetória acadêmica/profissional

Ao ler algumas teses na área de Educação Matemática e observar que estas trazem em seu início a trajetória acadêmica do (a) autor (a), percebi o valor que as vivências e as práticas agregam e contribuem com a pesquisa, e de como essa trajetória ajuda na construção de um problema de pesquisa. Tal reflexão levou-me a questionar a trajetória sobre como poderia resumi-la em poucas palavras, mas que estas façam o leitor entender as perguntas “por quê?” e “para quê?”. Estou neste momento interessada em pesquisar o tema que ora apresento: Modelagem, modelos matemáticos, a teoria da complexidade, assim como os sete saberes da complexidade de Edgar Morin, em uma discussão teórica e aplicada, envolvendo sujeitos do ensino superior vinculados a um grupo de ensino, pesquisa e extensão interdisciplinar.

Antes da graduação realizei um curso de formação técnica, após a conclusão do ensino médio, de Análise e Programação de Computadores, na Escola Agrotécnica Federal de Castanhal-PA. Este curso permitiu-me a realização de três estágios voltados para a aplicação da informática em áreas diferentes. Sendo o primeiro em uma construtora de imóveis, o segundo na área de educação inclusiva e o último em uma central de biotecnologia de reprodução de bovinos e bubalinos.

Durante a graduação de Licenciatura em Matemática meu interesse era maior pelas aplicações da matemática. Este fato levou-me a desenvolver o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Aproximação de dados meteorológicos usando Redes Neurais Artificiais”.

Neste trabalho o foco foi o estudo da técnica da aproximação de funções matemáticas, usando inteligência computacional processadas em linguagem de programação MATLAB (*MATrix LABoratory* – é uma linguagem de programação, *software* proprietário voltado para o cálculo numérico dentre outras atividades). Tendo como variáveis de entrada temperatura, radiação solar, ponto de orvalho, velocidade e direção do vento, entre outras, e como dado de saída a chuva. Dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Em virtude do tema trabalhado no TCC optei por fazer o mestrado na Engenharia Elétrica em Energias Renováveis, mas dando continuidade aos estudos sobre Inteligência Computacional. Por isso escolhi cursar disciplinas como Redes Neurais Artificiais, Sistemas *Fuzzy*, Algoritmos Genéticos, Sistemas Híbridos Inteligentes, Mineração de Dados, entre outras. Foram conteúdos que me deram visão mais ampla sobre o tratamento computacional de determinados problemas, e no caso da minha dissertação, diferenciar padrões e quantificar biomassa vegetal para o planejamento energético, utilizando imagens do satélite *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat) e fotografias aéreas ortorretificadas.

Para isso foi necessário aprender sobre geoprocessamento, pois ao classificar uma imagem Landsat e uma ortofotografia, com uma Rede Neural Artificial implementada em ambiente MATLAB, e comparar com uma classificação realizada no software de geoprocessamento Arcgis, foi possível discriminar vegetação, água e áreas antropizadas.

Neste percurso, para fazer uma análise mais detalhada da área e entender o que ocorria no processamento, foi necessário estudar todas as equações, para garantir que o algoritmo construído no MATLAB classificava corretamente. Eram os modelos matemáticos que estavam conduzindo todo o processamento, que se apresentava na forma de imagens digitais classificadas, ou seja, a matemática aplicada que eu buscava na graduação.

No mestrado estudei várias técnicas computacionais, que se interligavam por meio de modelos híbridos, para aperfeiçoar as soluções dos problemas relacionados às áreas de Energias Renováveis e Descargas Atmosféricas, áreas de pesquisas do grupo do qual participava. Neste Grupo de Pesquisa tive a oportunidade de conhecer e trabalhar com Descargas Atmosféricas (raios) e muitas atividades ligadas ao Sensoriamento Remoto, que se desenvolveram no espaço físico do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), do Centro Regional de Belém-PA. Órgão que é vinculado ao Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam), integrante da estrutura do Ministério da Defesa, local onde tínhamos uma sala com computadores, para o desenvolvimento de pesquisas nesta área.

Logo após a conclusão do mestrado aprovei no concurso para professora substituta da área de Matemática, na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no campus de

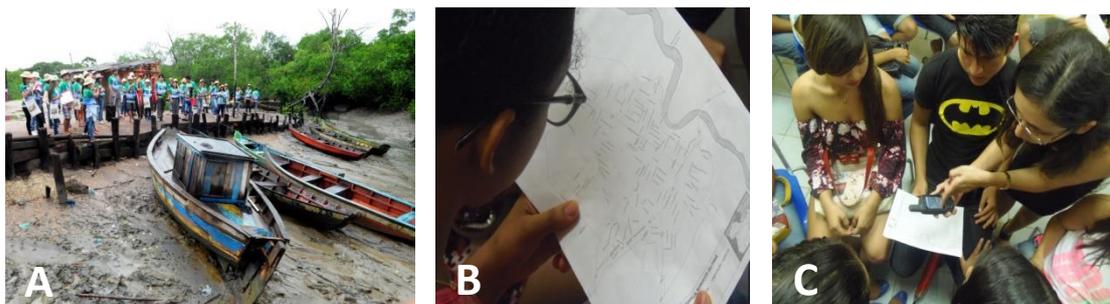
Belém, onde atuei por sete meses. Em seguida, com a oferta de vaga para professora efetiva da área de Matemática também na UFRA para o campus de Capanema, iniciei minhas atividades em novembro de 2012. Assim ministrando as disciplinas de Cálculo I, Cálculo II, Cálculo para Crescimento Populacional, Introdução à Álgebra Linear e Matemática Financeira, para os cursos de Agronomia, Administração, Ciências Contábeis, Biologia Bacharelado, Biologia Licenciatura e Engenharia Ambiental e Energias Renováveis.

As experiências vivenciadas na área de sensoriamento remoto se concretizaram em um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre a UFRA e o Censipam, sob minha coordenação. Estes foram os passos mais significativos e o que, por fim, levaram-me a perceber relações e possibilidades de trabalhar essas questões, com foco no ensino e aprendizagem para os alunos dos cursos nos quais atuo. Ao acompanhar o trabalho dos pesquisadores e analistas de Ciência e Tecnologia do Censipam, no monitoramento de áreas de preservação e de conservação, senti-me provocada e instigada a desenvolver atividades com os alunos sobre questões ambientais.

Do plano de trabalho vinculado ao ACT, intitulado “Estudo de técnicas de inteligência computacional utilizadas como recurso tecnológico no monitoramento do ecossistema manguezal, para preservação ambiental e planejamento energético da microrregião Bragantina” foi proposto o projeto “Mapeamento digital do manguezal na área da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua, Nordeste do Estado-PA”. Financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O edital ao qual submeti o projeto tinha como foco incentivar meninas a cursar ciências exatas e engenharias e computação.

O projeto sob minha coordenação foi executado pela UFRA e co-executado pela Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Bolivar Bordallo da Silva, localizada no município de Bragança, Pará. Envolveu alunos da graduação, alunos da Educação Básica, assim como professores da Universidade e da escola. Foram realizadas visitas técnicas aos laboratórios da UFRA, visita técnica ao Censipam, oficinas de utilização de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e bússola, Figura 2B, C, aulas multidisciplinares no manguezal Figura 2A, realização de palestras sobre Ecologia de Manguezais e o processo físico de aquisição de imagens de satélites. A escolha de uma escola no município de Bragança ocorreu devido à questão logística, pois Bragança fica mais próxima, em termos de distância geográfica, da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua, do que Capanema.

Figura 1. A) Aula guiada no Manguezal. B) Leitura de Mapas. C) Oficina de GPS.



Fonte: Banco de dados do projeto Mapeamento Digital da RESEX de Tracuateua, 2015.

Após as oficinas e as palestras os participantes foram para uma aula no manguezal, acompanhada por professores de várias disciplinas e por moradores da comunidade, que mostraram a vegetação do mangue e os seus conhecimentos tradicionais a respeito da flora e da fauna. Após a visita de campo, a pedagoga da escola coordenou uma roda de conversa com dois moradores da comunidade, que esclareceram o funcionamento da comunidade, a relação com o manguezal e as dificuldades vivenciadas.

Destaco que nesta atividade de visita alguns professores e alunos da escola que funciona nesta comunidade, participaram das atividades. Nesta ocasião os alunos da universidade coordenaram uma gincana ambiental, de coleta de resíduos sólidos, fizeram apresentação de teatro e paródias com a participação dos alunos da escola.

Todas as atividades que ocorreram em quinze meses (12/02/2014 a 12/05/2015) de projeto, transformaram-se no final em uma exposição fotográfica (Figura 3), exibida na universidade e, posteriormente, por convite, foi realizada exposição para o estande da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), durante a Feira Cultural, que acontece anualmente na cidade de Capanema-PA. O estande foi visitado por aproximadamente duas mil pessoas da cidade. Essas exposições foram divulgadas pelos meios de comunicação de rádio e televisão da cidade.

Figura 2. Exposição Fotográfica na A) Universidade e na B) Feira Cultural



Fonte: Banco de Dados do Projeto Mapeamento Digital da RESEX de Tracuateua, 2015.

Tais atividades e ações implementadas, envolvendo alunos e professores de diferentes áreas, em prol das questões ambientais me estimularam a trabalhar com a Educação Ambiental

(EA), porque a Educação é o caminho quando se busca mudanças de atitudes que agridem o espaço em que vivemos, em suas mais diversas formas. Portanto, monitorar ambientes para auxiliar a fiscalização, no intuito de preservar e/ou conservar é um ato que só apresenta resultado positivo se houver ações educativas, diretamente realizadas com a comunidade em que o impacto está acontecendo.

Neste caminho, a Matemática sempre está presente como campo de conhecimento em construção, de forma implícita ou explícita, os dados quantitativos aparecem, seja para mostrar o que se perde com o desmatamento, com a poluição etc., seja para mostrar o que se ganha com a recuperação da flora e da fauna. Assim transformando variáveis quantitativas em qualitativas, quando se traduz em benefícios a qualidade de vida de forma geral, abrangendo aspectos ambientais e socioeconômicos.

Em paralelo, o fato de ser docente de várias disciplinas de Matemática na UFRA, no Campus de Capanema em diversos cursos, possibilitou o desenvolvimento de pesquisas em que os alunos percebessem a importância do aprendizado de Matemática. A observação da dificuldade, que eles vivenciam ao chegar à Universidade, levou-me a buscar formas diversas de trabalhar as disciplinas da área de Matemática.

O envolvimento nas atividades do Grupo de Estudos de Modelagem Matemática – GEMM possibilitou-me participar de um processo seletivo para o doutorado em Educação Matemática, com um pré-projeto sobre Modelagem Matemática e Educação Ambiental. No decorrer das atividades realizadas na pós-graduação, o projeto caminhou para outra direção. No entanto, uma das metas apresentadas no pré-projeto já foi alcançada, que se trata da criação de um grupo de pesquisa que é apresentado no item 1.2.1.

Depois que comecei a participar das reuniões do GEMM, em maio de 2016, decidi levar a Modelagem para a sala de aula. A primeira turma em que desenvolvi atividades foi a de bacharelado em Ciências Biológicas, nas disciplinas de Cálculo I e Cálculo para Crescimento Populacional, cujos temas foram, respectivamente, “a venda de lanches em sala de aula” e a “modelagem do crescimento de plantas”. Destes trabalhos produzidos em sala de aula, seis foram apresentados em formato de pôster, no VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática (EPAMM), Quadro 1.

Quadro 1. Resumos Publicados no VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática

Título	Autores
Modelagem Matemática do Custo de Produção do lanche na sala de Ciências Biológicas - bacharelado 2016	Damasceno et al. (2016)
Modelagem Matemática do Desenvolvimento de <i>Talinum Fruticosum</i> e <i>Impatiens Balsamina</i>	Rocha et al. (2016)

Observação no crescimento das plantas Citrus Limonum e Citrullus Lanatus	Silva et al. (2016)
Modelagem Matemática sobre o crescimento das plantas Impatiens Balsamina, Vitis Vinifera e Brassica Oleracea.	Costa Júnior et al. (2016)
Modelagem Matemática da macaxeira: sua influência financeira e a importância do conhecimento.	Costa e Santos (2016)
Modelagem Matemática das mudas de Catinga de Mulata (Tanacetum Vulgare) e semente de quiabo (Abelmoschus Esculentus)	Rosa et al. (2016)

Fonte: Da autora, 2018.

Além destes, outros trabalhos foram produzidos na turma, mas devido ao evento ser em outra cidade muitos não enviaram para submissão, por não ter condições financeiras para deslocar-se, caso fossem aceitos os resumos para apresentação no evento. No final das disciplinas todos os trabalhos foram apresentados em forma de seminários para a turma, e os grupos relatavam sobre a experiência, no caso das plantas, de poder acompanhar o desenvolvimento e a necessidade de buscar na literatura sobre a forma de cultivo e os benefícios destas para a saúde.

Nesta atividade foi necessário buscar conhecimento em várias áreas, para manter um bom desenvolvimento de suas plantas. Além disso, eles aprenderam a utilização medicinal de algumas delas e foram unânimes nas apresentações, os comentários relacionando a importância da atividade para ações de Educação Ambiental (EA).

Optei por trabalhar temas socioeconômicos e ambientais sobre o Município de Capanema, buscando trilhar um caminho para ações de EA, no semestre seguinte, com a turma de licenciatura em Biologia, cujos dados estavam disponíveis no Relatório do Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP). Foram escolhidos sete temas, citados a seguir. Esta atividade foi publicada em um Relato de Experiência na X Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM).

Os temas escolhidos de acordo com Santos et al. (2017) foram:

- ✓ Grupo 1: Consumidores e consumo de água por classe 1995-2012;
- ✓ Grupo 2: Consumidores e consumo de energia elétrica por classe 1995-2013;
- ✓ Grupo 3: Taxas de rendimento escolar 1999-2012;
- ✓ Grupo 4: Nascimento e óbitos por residência, segundo o sexo de 2000-2012;
- ✓ Grupo 5: Demografia – tamanho da população 1996-2013;
- ✓ Grupo 6: Pecuária – principais rebanhos existentes 1997-2004;
- ✓ Grupo 7: Produtos de origem animal 1997-2012.

A fim de evitar um texto introdutório, com muitas informações que dificultem a leitura, encontram-se nas referências os trabalhos que publiquei relacionados à construção deste texto,

citados na justificativa de pesquisa, para que o leitor possa ter compreensão dos passos que me levaram ao tema desta pesquisa doutoral.

Em continuidade ao relato desta trajetória, a terceira turma onde desenvolvi atividades de Modelagem foi a de bacharelado em Biologia. A partir do tema geral Modelagem Matemática e Educação Ambiental, diversos subtemas foram estudados, à escolha dos grupos formados. Uma das atividades que desenvolvi em sala de aula foi publicada no XI Encontro Paraense de Educação Matemática (EPAEM), como resumo expandido, intitulado de “Interpretação matemática do consumo de energia elétrica para o exercício da Educação Ambiental” (SANTOS; ROZAL, 2017).

Entre os trabalhos produzidos em sala de aula pelos alunos, dois foram apresentados em forma de resumo no VI Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. O trabalho de Correia e Santos (2017) abordou a Modelagem Matemática para conscientização do desmatamento no município de Igarapé-Açu, e o trabalho de Paula et al. (2017) aplicou a modelagem para a conscientização ambiental do uso de jornais impressos.

O projeto realizado em parceria com o Censipam proporcionou a agregação de professores e alunos vinculados por meio de subplanos de trabalhos, ou seja, plano de atividades em que cada um tinha como meta trazer algum resultado, que contribuísse para a construção do objeto proposto no plano de trabalho geral, aprovado no projeto. Em virtude dessa agregação tivemos como desdobramento dessa parceria, a formação de um grupo e para o fortalecimento e formalização desse grupo, solicitei seu cadastro na Pró-Reitoria de Extensão da Universidade e na plataforma de grupos de pesquisas do CNPq, por via da Pró-Reitoria de Pesquisa. A próxima seção apresenta informações sobre o grupo denominado LabGEFA.

1.2.1 O espaço LabGEFA

O grupo de estudos no Campus da UFRA em Capanema, sob minha coordenação, reúne estudantes interessados em pesquisar sobre Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental. O Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental (LabGEFA) começou a reunir-se em 2014, em virtude do projeto de pesquisa com o Censipam, para desenvolver seus planos de trabalho ligados a este projeto. No decorrer do tempo, com a criação do grupo no *WhatsApp*, surgiu a necessidade de definir sua identidade e assim foi escolhido inicialmente o nome Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática (LabGEMM), pelos seis primeiros participantes.

No início de 2018, após algumas discussões harmônicas, o grupo decidiu que a denominação LabGEFA melhor representava as atividades desenvolvidas neste ambiente, com

um consenso de que a Modelagem Matemática permeava todas as linhas de pesquisa trabalhada no grupo. No entanto, é perceptível que todos querem sentir-se representados na definição do nome do espaço de trabalho.

As linhas de investigação que temos trabalhado são Geotecnologias, Educação Financeira e Educação Ambiental, reunindo alunos dos cursos de Administração, Biologia licenciatura e bacharelado, Engenharia Agrônômica e Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, contudo, não limitado a estes cursos e sim aberto a todos os estudantes interessados. Atualmente foram iniciadas as linhas de Ecologia e Tecnologia Computacional, com a participação de outros pesquisadores.

Este espaço físico é constituído por computadores de mesa, instalados com *softwares* específicos para a realização das atividades, e quinzenalmente todos os participantes do grupo reúnem-se aos sábados, para as apresentações de seminários, que são de artigos relacionados às suas pesquisas ou aos trabalhos que eles mesmos desenvolveram. Neste grupo têm sido produzidos artigos que são publicados em anais de eventos, periódicos científicos, capítulos de *e-books*, Trabalhos de Conclusão de Curso, Estágios Supervisionados Obrigatórios, projetos de iniciação científica e atividades de extensão.

Os trabalhos desenvolvidos buscam sempre tratar das questões de nossa região (nordeste paraense), com foco principalmente em Reservas Extrativistas Marinhas e os seus entornos. Cada integrante escolhe a linha de pesquisa que tem mais afinidade, para desenvolver a sua pesquisa e nos seminários todos contribuem com os trabalhos dos colegas.

É possível verificar, por exemplo, o grupo que estuda classificação de imagens de radar da vegetação do manguezal precisa do conhecimento do grupo que estuda as características da vegetação do manguezal, para poder fazer a interpretação da imagem classificada. Após esta classificação e a identificação de desmatamento, de problemas ambientais, o grupo de educação ambiental participa com propostas de ações para a comunidade, e integrando-se a este também o grupo de educação financeira ou sustentabilidade financeira.

1.3 Questão de pesquisa

A partir da leitura da obra de Edgar Morin, das vivências em sala de aula com a Modelagem Matemática e da pesquisa e da extensão com problemáticas econômicas, socioambientais e culturais em reservas extrativistas marinha e o seu entorno, surgiu a formulação da questão de pesquisa. Esta partiu da necessidade de compreender como a

Modelagem Matemática é abordada nessas atividades, desenvolvidas no espaço de pesquisa e extensão do Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental (LabGEFA).

A seguinte indagação foi norteadora na formulação das questões auxiliares de cada capítulo: **como a Modelagem Matemática, em uma discussão teórica e aplicada, possibilita a religação de saberes nas atividades desenvolvidas no LabGEFA?**

O formato adotado na escrita desse texto, denominado de agregação de artigos, é explicado no tópico *organização da tese*, possibilitando que em cada capítulo/artigo fossem realizadas diferentes abordagens.

1.4 Objetivo

Analisar teoricamente o que possibilita a articulação de saberes entre Modelagem Matemática e a teoria da complexidade, e empiricamente as diferentes atividades de Modelagem Matemática desenvolvidas no LabGEFA, sob o olhar dos saberes da complexidade.

1.5 Justificativa

É necessário abrir um parêntese para falar porque a pesquisa foi realizada, especialmente para deixar claro que desde o momento que se falou da trajetória pessoal/acadêmica, abordando a constituição do LabGEFA, já se desvela os motivos que levaram a essa escolha temática, assim como, as tendências epistemológicas que movem as ações.

No que diz respeito à relevância da investigação para a área de Educação, há algumas palavras de Freire (2016), em seu livro *conscientização*, que traduzem minha inquietação enquanto professora, e incômodo quando na posição de estudante, desde o momento que tive a compreensão de “estar” no mundo. Destaca-se:

O professor fala da realidade como se ela fosse desprovida de movimento, estática, compartimentada e previsível; ou trata de um assunto estranho à experiência existencial dos alunos: sua função seria então “preencher” os alunos com conteúdo da narração, conteúdo separado da realidade, cortado da totalidade que o engendrou e que poderia lhe dar um sentido (FREIRE, 2016, p.130).

Nessa busca por uma realidade em movimento, minhas experiências pessoais/acadêmicas trouxeram-me à educação matemática, em especial, à Modelagem Matemática, porém, uma modelagem livre, que seja capaz de traduzir as problemáticas que são tratadas no ambiente do grupo de estudos. Durante a revisão de literatura, na busca por uma teoria epistemológica, que retratasse como as ações são conduzidas, tive o encontro com a teoria da complexidade de Edgar Morin. No entanto, ao fazer o recorte da temática para “Modelagem

Matemática e teoria da complexidade” identifiquei que não havia muitas produções com esse enfoque.

Desta forma, as publicações de Levy e Espírito Santo (2010; 2011), com a abordagem teórica do tema tornaram-se norteadoras no caminho percorrido, visto que logo percebi uma lacuna de pesquisa, no que tange a uma abordagem empírica da temática. Pode-se afirmar que é onde está o principal ponto de originalidade acadêmica desta tese. Nesse sentido, uma das principais contribuições acadêmicas é servir como suporte ou referência para outros trabalhos, mostrando que há diversas formas de aprendizagem do conhecimento matemático e de fazer Modelagem.

O escopo do estudo abrange a discussão teórica e empírica da Modelagem Matemática, a partir da teoria da complexidade, para uma formação integral dos estudantes de graduação, no sentido de articular saberes acerca de problemáticas locais, que causam degradação ambiental, que podem culminar em impactos globais. É necessário adotar um processo de conscientização, que seja capaz de promover transformações anunciadoras e denunciadoras, que leve os sujeitos a apossarem-se da realidade em um processo de desmitificação, com uma postura crítica de leitura de mundo (FREIRE, 2016).

Diversas questões foram abordadas nas atividades empíricas que eram os cenários de investigação: manguezal, reserva extrativista, marrecas, pandemia do covid-19, desequilíbrio ambiental, redes sociais e infográficos. Skovsmose (2014, p.45) conceitua o cenário para investigação como “um terreno sobre o qual as atividades de ensino-aprendizagem acontecem”. No desenvolvimento das ações houve momentos que segui por caminhos previamente traçados e, em outros, de forma livre, sem expectativas para ver o que acontecia nesse processo de enfrentar as incertezas.

O primeiro cenário de investigação tratou do monitoramento do manguezal. Abriu-se uma discussão para a importância desse ambiente, para a sobrevivência dos seres humanos, seja pelo olhar da conservação ambiental como a proteção de áreas costeiras, capacidade de armazenar CO₂, seja pelo aspecto de suprir recursos alimentícios e proteger os meios de vida das comunidades que vivem em seu entorno e dependem desse ecossistema, entre outros fatores. Tendo em vista que o assunto é amplo e complexo.

Neste momento, porém, a intenção é discorrer que o assunto deve estar em constante discussão, porque o Brasil a nível mundial é o terceiro país em área de manguezal, porém o primeiro em maior faixa contínua de manguezal e maior faixa de mangue protegido (ICMBio, 2018). No território brasileiro cerca de 80% estão em três estados do bioma amazônico: Maranhão (36%), Pará (28%) e Amapá (16%) (ICMBio, 2018).

Em setembro de 2020 houve a tentativa de retirar a proteção a esses ambientes, na revogação da legislação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), fato que coaduna com a necessidade de tratar de assuntos reais, para dar visibilidade e formar cidadãos conscientes, capazes de interferir nas tomadas de decisão.

Segundo o ICMBio (2018) os manguezais vêm desaparecendo a nível global a uma taxa anual entre 1 e 2,1%. Com a destruição dos manguezais todas as formas de vida que dependem desse ambiente, que oferece diversos serviços ecossistêmicos, sofrem impactos. Além disto, na relação de recursos hídricos pode-se dizer que metaforicamente há um diálogo entre a água doce e a água salgada. Esta relação precisa estar em equilíbrio, uma vez que a vegetação de mangue não exista, ocorre o avanço do mar, que provocará aumento na salinidade da água doce. A exemplo do que acontece com o aumento da salinidade tem-se o trabalho realizado por Edmonds e Stolley (2008), que estudaram a mortalidade de marrecas (*Dendrocygna autumnalis*) em um lago hipersalino no Texas.

A questão das marrecas foi o ponto de partida de um cenário de investigação com abordagem multitemática. A Reserva Extrativista de Tracuateua e o seu entorno, os campos alagados, foi local de origem dos assuntos manguezal e marrecas. A problemática da caça de marrecas, conhecida localmente como “pesca de marrecas”, causa conflito socioambiental na região (RODRIGUES; SCHIMITZ, 2017; SILVA, 2018).

Esta pressão antrópica nas aves (hospedeiras naturais de vírus, parasitas, bactérias) remete à megacrise mundial da pandemia do covid-19, causada por um vírus que saltou da fauna para os seres humanos (LOURENÇO; OLIVEIRA, 2020).

Arelada a essa questão da pandemia está a destruição dos recursos naturais e o desmatamento, que força a fauna a uma aproximação das áreas urbanas. Os cientistas já emitiram avisos de que uma nova pandemia pode ocorrer (AGRELA, 2020).

A pandemia do covid-19 provocou um isolamento social e a comunicação ficou quase exclusiva por meio da internet e as redes sociais que ganharam cada vez mais espaço como fonte de informação gerando grande problema com questão da propagação de *fakes news*.

Dada essas questões a opção de utilizar infográficos como modelos matemáticos deu-se em virtude da infografia ter um potencial de conquistar atenção de vários públicos por se tratar de produto com pouco texto, presença de imagens em formas de desenhos, fotografias ou gráficos culminando em uma leitura mais rápida em virtude da atual geração está sempre ocupada há um interesse maior por situações que se apresente de forma objetiva. No próximo item será apresentada a organização da tese e a motivação para a escolha do formato adotado.

1.6 Organização da tese

A escolha do formato por agregação de artigos nesta tese foi motivada pela multidisciplinaridade de atividades realizadas no LabGEFA, nas quais há abordagens interdisciplinares. No entanto, essa integração entre áreas não conduz às pesquisas. Estas ocorrem naturalmente, a partir de uma problemática e são desenvolvidas por meio de planos de trabalhos, extraídos dos objetivos e metas de cada projeto cadastrado na Pró-reitoria de Pesquisa e/ou na Pró-reitoria de Extensão. No intuito de dar fluidez ao texto e assegurar uma abordagem mais profunda e organizada em cada atividade, optou-se pelo formato de agregação com a reunião de três artigos.

O formato de agregação de artigos apresenta contradições. Neste sentido Nassi-Calò (2016) apresentou um texto no blog da *Scielo*, intitulado “teses e dissertações: prós e contras dos formatos tradicional e alternativo”, em que aborda sobre a escolha dos formatos em diferentes países. Porém, destaco que a autora diz que as estatísticas mostram que o número de pessoas que leem uma tese de doutorado do início ao fim é baixo. Por este motivo, defende que todos tem a ganhar se as teses e dissertações forem concisas e objetivas, visto que o número de páginas não é proporcional à qualidade ou originalidade.

Várias instituições programas estão permitindo o formato alternativo, para agilizar a escrita e avaliação, uma vez que a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) reconhece esta modalidade de tese (NASSI-CALÒ, 2016). Outra vantagem deste formato é preparar o pós-graduando para a carreira científica, no que se refere à publicação de artigos em periódicos bem avaliados. Uma dificuldade encontrada é quanto ao tempo de resposta de uma avaliação em revista, fato este que às vezes inviabiliza essa escolha.

Nesta tese adotei os seguintes critérios de escolha para selecionar as revistas. Primeiro, escolhi um periódico no *Qualis CAPES* com classificação A1 ou A2, na área de ensino. Segundo, verifiquei o tempo de resposta da avaliação em cada revista, assim como se havia dossiês abertos com a temática da pesquisa, visto que esses são mais rápidos na publicação. Meu terceiro aspecto de seleção refere-se à declaração de direito autoral que algumas revistas adotam, onde solicitam o direito de primeira publicação. No entanto, permitem e estimulam que os autores assumam contratos adicionais como publicações em repositório institucional ou como capítulo de livro, já que isto pode aumentar o impacto e a citação do trabalho publicado.

Destaca-se que cada periódico adota variados tipos de formatação, o que se torna uma oportunidade do pesquisador conhecer diferentes padrões, assim como um desafio organizar os artigos em diferentes formatos.

Como ponto positivo para o programa de pós-graduação, vejo como uma oportunidade de aumentar o número de publicações dos pós-graduandos, haja vista que publicações são fatores de impacto na nota de avaliação do programa. O que acontece em alguns programas em que o formato tradicional impera é que os discentes realizam uma publicação obrigatória, e após a defesa dificilmente exploram os dados restantes de sua pesquisa. Além disso, publicação de artigos dá visibilidade para as pesquisas, para as instituições, para os programas e consequentemente para os autores.

No regimento interno do Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas não há menção ao formato de tese que o pós-graduando deve adotar. Todavia, o Regimento Geral dos programas de pós-graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) orienta, no art. 58, que as teses poderão ser apresentadas no modo tradicional ou no modo de agregação de artigos científicos. Os incisos detalham que no caso da tese o documento deverá incorporar três artigos (ou mais), publicados ou submetidos a revistas especializadas com corpo editorial, e um texto integrador. Adicionalmente, a documentação comprobatória da submissão ou aceitação do artigo deverá ser entregue na Secretaria do Programa, no momento do depósito da tese (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, 2019). Para a escrita deste texto foram consultadas as normas acadêmicas, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), disponibilizada no site da biblioteca da UFPA.

O primeiro capítulo desta tese apresenta a pesquisa por meio de uma breve introdução, com a tese defendida na investigação, trajetória acadêmica/profissional, para que se compreenda as subjetividades que me levaram ao encontro da teoria da complexidade, nas atividades desenvolvidas no espaço LabGEFA. Traz ainda, a questão e objetivos que nortearam a investigação teórica e as empíricas, assim como, a justificativa, mostrando a relevância social e acadêmica. E este tópico relatando motivações e esclarecimentos do formato de escrita adotado, finalizando com as referências utilizadas neste processo.

O Capítulo 2 agrega o artigo I, em que foram realizadas reflexões acerca do entrelaçamento entre Modelagem Matemática e a teoria da complexidade, trazendo a ideia de desfragmentação do conhecimento, religação dos saberes e transdisciplinaridade, que funcionaram como fio condutor das atividades empíricas. Este artigo foi aceito para publicação na Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)¹, porém nesta versão da tese constam algumas contribuições dadas pela banca avaliadora incorporadas após a defesa.

¹ Artigo aceito intitulado: Entrelaçamento entre modelagem matemática e a teoria da complexidade de Edgar Morin.

No Capítulo 3, o artigo II aborda uma atividade de Modelagem Matemática com a temática *formação e ambientação no manguezal sob a perspectiva dos saberes da complexidade*. Foi realizado um recorte e publicado na Revista Educação Matemática Pesquisa², visto que o capítulo extrapolou o número máximo de páginas aceito. Todavia, os ajustes solicitados pelos avaliadores foram incorporados posteriormente, no capítulo desta tese. Então o que difere o artigo Santos, Braga e Espírito Santo (2020) publicado na revista e o capítulo da tese, é que na tese ele encontra-se mais amplo.

Dada a importância da conservação da vegetação de mangue e do grau de complexidade, que envolve a degradação dessas áreas, e das problemáticas que surgem naturalmente das visitas de campo no ambiente do grupo LabGEFA, além da pandemia do covid-19 iniciada em 2020, foi tratado no Capítulo 4 uma abordagem multitemática. Isto, com a produção dos dados coletados em dois momentos, antes da pandemia e durante a pandemia, utilizando-se de informações de revisão bibliográfica e de um minicurso realizado em ambiente *online*.

A principal relação com o Capítulo anterior está no fato de que a degradação do manguezal, dentre os vários problemas que surgem, permite o avanço do mar na água doce e causa um desequilíbrio na natureza. Uma síntese deste artigo foi submetida à revista Zetetiké após a defesa deste texto de tese, isto porque foi feita a opção de aguardar as contribuições da banca, em vista de que o olhar externo tem a possibilidade de enriquecer o trabalho, apontando questões que não foram vistas *a priori*.

Por fim, esse texto finaliza com o Capítulo 5, que traz considerações gerais de todas as investigações realizadas no desenvolvimento desta tese doutoral, delineando os pontos mais relevantes e as lacunas de pesquisa encontradas.

Referências

AGRELA, L. Desmatamento da Amazônia pode favorecer surgimento da próxima pandemia. Exame, 2020. Disponível em: <https://exame.com/ciencia/desmatamento-da-amazonia-pode-favorecer-surgimento-da-proxima-pandemia/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CORREIA, J. C.; SANTOS, N. T. A Conscientização Ambiental para a Preservação das Florestas do Município de Igarapé-Açu. In: **VI Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia**, 2017, Belém - PA. 2017.

COSTA, L. B. S.; SANTOS, N. T. Modelagem Matemática da Macaxeira: sua influência financeira e a importância do conhecimento. In: **VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática - EPAMM**, 2016, Belém-PA. 2016.

² Artigo publicado: Tecitura entre Modelagem Matemática e saberes da complexidade na temática ambientação no manguezal, Educ. Matem. Pesq., São Paulo, v. 22, n. 3, p. 250-284, 2020. Para acessar o artigo <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/50489>

COSTA JUNIOR, A. M.; SILVA, F. L. S.; NASCIMENTO, J. M. S.; SILVA, R. K. C.; SANTOS, N. T. Modelagem Matemática sobre o Crescimento das Plantas Impatiens Balsamina, Vitis Vinifera e Brassica Oleracea. In: **VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática - EPAMM**, 2016, Belém-PA. 2016.

DAMASCENO, A. R.; RODRIGUES, B. R. F; LIMA, L. S.; OLIVEIRA, J. F.; NOGUEIRA, P. C.; RAMOS, V. S. C; SANTOS, N. T. Modelagem Matemática do Custo de Produção do lanche na sala de ciências biológicas-bacharelado 2016. In: **VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática - EPAMM**, 2016, Belém-PA. 2016.

EDMONDS, S. T.; STOLLEY, D. S. Population Decline of Ground-Nesting Black-Bellied Whistling Ducks (*Dendrocygna autumnalis*) on Islands in Southern Texas. **The Southwestern Naturalist**, v. 53, n. 2, p. 185-189, 2008.

FREIRE, P. **Conscientização**. Cortez Editora, 2016.

ICMbio. Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf. Acesso em: 12 fev. de 2021.

LOURENÇO, D. B.; OLIVEIRA, F. C. S. MERCADOS DE ANIMAIS: quando os não-humanos tornam-se ameaças globais. **REI-REVISTA ESTUDOS INSTITUCIONAIS**, v. 6, n. 3, p. 953-974, 2020.

MORIN, E. **Os setes saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Catarina Eleonora F. Silva e Jeanne Sawaya. São Paulo: Cortez, 2000.

NASSI-CALÒ, L. Teses e dissertações: prós e contras dos formatos tradicional e alternativo [online]. *SciELO em Perspectiva*, 2016. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2016/08/24/teses-e-dissertacoes-pros-e-contras-dos-formatos-traditional-e-alternativo/>. Acesso em: 17 de fev. de 2021.

PAULA, G. S.; GLINS, A. C.; MONTEIRO, G. C.; SANTOS, N. T. A Modelagem Matemática na Educação Ambiental para Conscientização do Uso de Jornais Impresso. In: **VI Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia**, 2017, Belém - PA. 2017.

ROCHA, E. L.; OLIVEIRA, F. L. S; RODRIGUES, I. R. S. ; ALVES, J. C; QUEIROZ, L. S.; AVIZ, M. S. O.; SANTOS, N. T. Modelagem Matemática do Desenvolvimento de Talinum Fruticosum e Impatiens Balsamina. In: **VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática - EPAMM**, 2016, Belém-PA. 2016.

RODRIGUES, M. R.; SCHMITZ, H. Conflito social: o caso da “pesca de marrecas” na reserva extrativista marinha de Tracuateua. **Amazôn., Rev. Antropol. (Online)**, v. 9, n. 1, p. 132 - 154, 2017.

ROSA, B. V. F.; LEAL, J. R. S.; GONCALVES, V. P.; AVIZ, M. S. O.; SANTOS, N. T. Modelagem Matemática das Mudanças de Catinga de Mulata (Tanacetum Vulgare) e Semente

de Quiabo (*Abelmoschus Esculentus*). In: **VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática**
- **EPAMM**, 2016, Belém-PA. 2016.

SANTOS, N. T.; SANTOS, M. C.; ROZAL, E. F.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Modelagem Matemática: uma Experiência Utilizando Dados Socioeconômicos e Ambientais do Município de Capanema-Pa. In: **X Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática**
- **CNMEM**, 2017, Maringá - PR. 2017.

SANTOS, N. T.; ROZAL, E. F. Interpretação matemática do consumo de energia elétrica para o exercício da Educação Ambiental. In: **XI Encontro Paraense de Educação Matemática**, 2017, Belém. 2017.

SANTOS, N. T.; BRAGA, R. M.; SANTO, A. O. E. Tecitura entre Modelagem Matemática e saberes da complexidade na temática ambientação no manguezal. **Educação Matemática Pesquisa**, v.22, p.250 - 284, 2020.

SILVA, A. C. C; SCAFF, S. S. S.; SOUZA, S. S.; CRUZ, R. E.; COSTA, T. T. A; SANTOS, N. T. Observação no Crescimento das Plantas Citrus Limonum e Citrullus Lanatus. In: **VI Encontro Paraense de Modelagem Matemática**, 2016, Belém-PA. 2016.

SILVA, S. M. Hipermapa como ferramenta de sensibilização ambiental para a Resex Marinha de Tracuateua – PA. Orientadora: Neuma Teixeira dos Santos. 2018. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biologia bacharelado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema (PA), 2018.

SKOVSMOSE, O. **Um convite à educação matemática crítica**. Papyrus editora, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Resolução N° 3.870 de 1 de julho de 2009**. Institui o Regimento Geral dos Cursos de Pós-graduação Stricto Sensu oferecidos pela Universidade Federal do Pará, 2009. Disponível em: https://www.propesp.ufpa.br/arquivos/arq_download/documentos/Resolucao_3870_Consepe_ufpa.pdf. Acesso em: 17 de fev. de 2021.

CAPÍTULO 2 ARTIGO I

ENTRELAÇAMENTO ENTRE MODELAGEM MATEMÁTICA E A TEORIA DA COMPLEXIDADE DE EDGAR MORIN

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 fundamentaram atividades empíricas ligadas ao desenvolvimento de práticas com temáticas socioambientais, desenvolvidas nessa 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.

2.1 Introdução

Neste artigo³ 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, desenvolvidas nessa 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

³ Aceito na Revista de Ensino de Ciências e Matemática.

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.

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

Dado o momento em que a população mundial vive a pandemia do novo Coronavírus (covid-19), existe a necessidade de que novos olhares e novas abordagens sejam construídos nas práticas de ensino e aprendizagem, com uma visão mais integrada e que proponha uma

reforma no pensamento. “A pluralidade de entendimento de Modelagem Matemática e a importância sinalizada nos documentos oficiais acerca do desenvolvimento de atividades dessa natureza” (NUNES; NASCIMENTO; SOUSA, 2020, p.234) possibilita que essa investigação teórica busque fundamentos que orientem a trilhar novos caminhos na resolução da problemática que se apresenta.

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.

2.2 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 ideias apresentadas no documentário.

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 longa viagem pela América Latina fascinando-se pela cultura indígena e afro-brasileira e ao retornar à França publicou *L'esprit du temps* (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 (CARVALHO, 2006). 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

irreducibilidade. 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

conhecimentos 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.

2.3 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 1970, 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 que 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 de autonomia-dependência	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 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”, tornando 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 geradora e transformadora, que esta 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 (SOUZA; ESPÍRITO SANTO, 2017), 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).

2.4 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; 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'Ambrosio afirma que “a transdisciplinaridade é, na sua essência, transcultural” porque atravessa fronteiras do conhecimento (D'AMBROSIO, 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 são possíveis quando da vivência de atividades de Modelagem Matemática na perspectiva transdisciplinar, que pode ser capaz de provocar a religação dos saberes para a compreensão do todo na parte e vice e versa. Desse modo, pode-se dizer que o pensamento complexo envolve a transdisciplinaridade como prática, que por meio da Modelagem Matemática permite a fuga de discursos disciplinares/fragmentados.

2.5 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 as problemáticas que envolvem os seres vivos, em se tratando de um processo de Modelagem Matemática, levarão à ligação/religação de saberes se forem trabalhadas mediante um pensamento complexo ou transdisciplinar.

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. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3QToNL5UoVw>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

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: Word 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 vãos 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.

NUNES, A. DA S.; NASCIMENTO, W. J.; SOUSA, B. N. P. A. Modelagem Matemática: um panorama da pesquisa brasileira na educação básica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 4, p. 232-253, 22 jul. 2020.

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. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/perspectiva/>. Acesso em: 12/09/2020.

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, 2^aed, 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.

SOUZA, E. S. R.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Alfabetização científica em ambiente de modelagem matemática. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, p. 5-23, 2017.

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

CAPÍTULO 3 ARTIGO II

TECITURA ENTRE MODELAGEM MATEMÁTICA E SABERES DA COMPLEXIDADE NA TEMÁTICA AMBIENTAÇÃO NO MANGUEZAL

Resumo: É papel fundamental da universidade proporcionar aos seus graduandos em formação, articulação entre os diversos saberes. Nesse aspecto as relações propostas na literatura entre a Modelagem Matemática e os sete saberes da complexidade de Edgar Morin, podem ser geradoras de aprendizagem, em uma atividade de formação e ambientação no manguezal da reserva extrativista marinha de Tracuateua-PA, para monitoramento da vegetação de mangue, por ser uma responsabilidade de co-gestão de toda a sociedade a conservação desses ambientes. Para alcançar o objetivo nessa pesquisa, de discutir os resultados de uma atividade de Modelagem, a partir dos sete saberes no contexto da temática ambientação no manguezal, foi realizado um minicurso, envolvendo estudantes de diversas graduações, professores universitários e comunitários e a partir da descrição da observação participante, diário de campo, dos relatórios e questionários produzidos pelos estudantes, foi possível perceber que todas as ações caminharam dialogando com o princípio do pensamento complexo e a Modelagem ocorreu de forma livre, mostrando que mesmo não sendo definidas *a priori*, as etapas estiveram presentes em todo o processo. Diante do exposto enfatiza-se que as atividades transdisciplinares devem ocorrer sem delimitações, e as fronteiras tradicionais da estrutura universitária devem ser enfrentadas no processo de construção das aprendizagens necessárias para o enfrentamento dos desafios do século XXI.

Palavras-chave: Conservação; Monitoramento; Transdisciplinar; Universidade.

3.1 Introdução

O tema desta pesquisa⁴, Modelagem Matemática e os sete *saberes*⁵ da complexidade para conscientização de alunos do ensino superior, acerca do monitoramento para a conservação da vegetação de mangue na reserva extrativista (Resex) marinha de Tracuateua, localizada no estado do Pará, foi motivado em razão dos sujeitos envolvidos realizarem pesquisa nesse ambiente.

A Resex é uma categoria de Unidade de Conservação (UC) criada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000, Seção Categorias). Neste espaço busca-se o equilíbrio entre a proteção ambiental e o uso dos recursos naturais de forma sustentável, para a subsistência das comunidades tradicionais, que estão inseridas no entorno ou dentro desse território. Em áreas costeiras como a de Tracuateua, a Resex engloba os manguezais e a delimitação de fronteiras que a literatura define como território é denominado pelos povos tradicionais como maretório.

Este conceito merece um estudo socioambiental e cultural sobre a identidade dos povos tradicionais, por isto é fundamental que sejam realizados estudos nesses espaços, para dar

⁴ Foi publicado na Revista Educação Matemática Pesquisa um recorte deste capítulo.

⁵ Itálico quando referir-se à teoria dos sete saberes.

visibilidade e mostrar a relevância social, ambiental, econômica, cultural, espiritual dessa temática, que se alinha com o pensar transdisciplinar de Edgar Morin e dos *saberes* da complexidade.

Para investigar tecitura, ou seja, relações que se constituem nesse entrelaçamento temático dentre os sete *saberes*, a Modelagem e a atividade no manguezal foi realizado um minicurso de formação e ambientação com os estudantes, de áreas de formação distintas. Isto com o intuito de levá-los à reflexão sobre a relevância do monitoramento para conservação da vegetação de mangue, em reserva extrativista marinha e o seguinte questionamento norteou esta pesquisa: Que elementos do contexto de uma atividade de Modelagem Matemática com a temática ambientação no manguezal são indicativos dos sete *saberes* da complexidade e como se relacionam?

Para discutir os resultados da atividade e responder a pergunta foi realizada uma revisão de literatura, acerca da Modelagem Matemática na perspectiva dos *saberes* da complexidade, assim como sobre o monitoramento de mangue em reserva extrativista marinha. Foi elaborada/acionada por meio dos procedimentos metodológicos que envolveram a descrição e discussão dos resultados das atividades efetuadas no minicurso, presentes na observação participante, nos relatórios e questionários produzidos pelos estudantes. Deste modo, foi possível encontrar relações com os *saberes* da complexidade e identificar elementos de Modelagem que ocorreram durante o processo.

Os resultados indicam que na atividade realizada há um entrelaçamento com o pensar abrangente da teoria da complexidade de Edgar Morin e, ao permitir que ações ocorram livremente, a Modelagem surge sem determinações e delimitações *a priori*. A atividade fortalece a necessidade de uma articulação, entre os diversos saberes na construção e reconstrução do conhecimento, como passo necessário para o progresso da educação no século XXI, pelo olhar da transdisciplinaridade. As limitações dessa pesquisa referem-se ainda à dificuldade de implementar, de forma contínua, tarefas como as citadas, em virtude do caráter limitante das estruturas universitárias.

3.2 Interlocação de saberes teóricos no percurso da pesquisa

3.2.1 Modelagem Matemática na perspectiva dos *saberes* da complexidade

A Modelagem Matemática abordada nesta pesquisa assume característica de um “tear” (máquina de tecer fios), no sentido de juntar unidades na construção de um todo, para o fortalecimento de uma conscientização ambiental. Chaves e Espírito Santo (2008, p.159)

entendem a Modelagem como “um processo gerador de um ambiente de ensino e aprendizagem”, que contribui para que se tenha uma visão holística do problema investigado. Esse olhar da articulação de conhecimento e do uso dos modelos matemáticos, para uma formação integral, encontra amparo na religação dos saberes propostos na teoria da complexidade de Edgar Morin.

Edgar Morin nasceu em Paris, na França, em 1921. Formado em História, Direito e Geografia, adentrou na Filosofia, na Sociologia e na Epistemologia. É fundador do Centro de Estudos Transdisciplinares da Escola de Altos Estudos em Ciências Sociais de Paris. Esta tem como base do pensamento a complexidade do real. Vai contra a fragmentação do conhecimento e propõe uma reforma do pensamento, por meio da transdisciplinaridade, que transpõe as fronteiras do isolamento e do reducionismo dos saberes, mediante a articulação de diferentes conceitos e pensamentos, ou seja, possibilitando também o diálogo dentre diferentes teorias (PETRAGLIA, 2011).

A teoria da complexidade de Morin (2000) tem seu cerne na etimologia da palavra “complexidade”, originária do latim *complexus*, que significa aquilo que é tecido em conjunto. Segundo Ribeiro (2011, pág. 44), o “pensamento complexo amplia o saber e nos conduz a um maior entendimento sobre os nossos problemas essenciais, contextualizando-os, interligando-os, contribuindo na nossa capacidade de enfrentar a incerteza”. Morin tem mais de trinta obras publicadas, mas a base para o desenvolvimento da sua teoria da complexidade é a obra “O Método”, que têm seis volumes. Entre suas publicações de destaque, após “O Método”, estão a Introdução ao pensamento complexo, Ciência com consciência e Os sete *saberes* necessários à educação do futuro. Esta última é a obra que será abordada na construção deste artigo.

A obra, “Os sete *saberes* necessários à educação do futuro”, foi elaborada em 1999, a partir de uma solicitação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Nessa obra, Morin (2000) deixa claro que não se trata de regras ou mandamentos que devam ser seguidos, mas sim de sugestões e reflexões necessárias para serem ensinadas no século XXI. No livro, cada saber é apresentado em um capítulo. Os setes *saberes* são: as cegueiras do conhecimento - erro e ilusão; conhecimento pertinente; ensinar a condição humana; ensinar a identidade terrena; enfrentar as incertezas; ensinar a compreensão; e a ética do gênero humano. A partir de Morin (2000), em síntese, a saber.

As cegueiras do conhecimento - erro e ilusão é passível de falhas, pois o conhecimento é subjetivo no sentido amplo da teoria da complexidade. É necessária a introdução e o desenvolvimento na educação do estudo das características cerebrais, mentais e culturais dos conhecimentos humanos. Incluindo seus processos e modalidades psíquicas e culturais, que

levam ao erro e à ilusão. A racionalidade é peça chave contra o erro e a ilusão. No entanto, deve-se ter uma racionalidade autocrítica, que não leve à racionalização.

Os princípios do conhecimento pertinente. Informações e dados só adquirem sentido se estiverem situados no contexto. É necessário o conhecimento do todo para compreender as partes, e sem as partes não há compreensão da complexidade. Com a fragmentação do conhecimento e os problemas cada vez mais transversais, globais e planetários, o contexto, o global, o multidimensional e o complexo tornam-se invisíveis. Todavia, para que o conhecimento seja pertinente é necessário que a educação os coloque em evidência.

Ensinar a condição humana. O ser humano é a um só tempo físico, biológico, psíquico, social, cultural e histórico. Porém, essa complexidade humana é totalmente desintegrada na educação, por meio das disciplinas. Cabe à educação levar essa integração para que ocorra uma compreensão do que é ser humano neste planeta.

Ensinar a identidade terrena. Os seres humanos são seres terrestres, que habitam um único planeta. Assim todos dependem da morada terrena, que sofre degradação social, econômica e ambiental. Por conseguinte, a identidade que deve ser ensinada é a planetária, pois todos partilham um destino comum.

Enfrentar as incertezas. Deve-se ensinar que todo conhecimento é permeado por incertezas e que cada ação, uma vez iniciada, carrega consigo o princípio da imprevisibilidade. As ideias e as teorias são traduções da realidade, porém as traduções podem ser realizadas de forma errônea.

Ensinar a compreensão. A compreensão é um meio de comunicação com empatia, necessária para a paz em um planeta repleto de seres humanos focados na ambição, que geram sentimento de rejeição contra tudo o que é considerado fora de um padrão subjetivo. A educação do futuro deve ensinar a compreensão, para garantir a solidariedade intelectual e moral da humanidade.

A ética do gênero humano compreende um caráter ternário indivíduo/sociedade /espécie, que são coprodutores um do outro. Significando um desenvolvimento conjunto das autonomias individuais, das participações nas comunidades e do sentimento de pertencimento à espécie humana, de onde emerge a consciência.

É interessante observar que os *saberes* estão interconectados, e mesmo que estejam em capítulos separados, há sempre um resgate e uma religação da construção das reflexões. A Modelagem necessita dessa interconexão com outras áreas, para que alcance uma representação mais próxima da realidade. Desse modo, na teoria de Edgar Morin é possível perceber uma relação entre as ideias do autor e dos autores de Modelagem.

Ao realizar uma busca na literatura encontrou-se dois artigos que tratam com mais detalhes da Modelagem Matemática e da complexidade de Edgar Morin. O primeiro artigo, de Levy e Espírito Santo (2010), trata de uma investigação teórica, norteadada pela concepção da complexidade de Edgar Morin e pelas ideias de Rodney Carlos Bassanezi, Maria Salett Biembengut e Nelson Hein sobre Modelagem Matemática no processo de ensino-aprendizagem. A discussão trouxe à tona a necessidade de um novo paradigma, que rompa com a fragmentação dos saberes que distingue, e isola, e apresenta a teoria filosófica da complexidade e o ensino-aprendizagem de Ciências e Matemática, via Modelagem Matemática, como uma abordagem sintonizada com esse novo paradigma que convida:

[...] 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).

No segundo artigo, os autores Levy e Espírito Santo (2011) discorrem sobre a possibilidade de trabalhos, que conjuguem Modelagem Matemática no ensino e a complexidade na perspectiva dos sete *saberes* de Morin, necessários à educação do futuro. Então, nesta pesquisa teórica são estabelecidas duas relações significativas: entre Modelagem Matemática e complexidade, e entre Modelagem Matemática e os sete *saberes*. Como o foco desse item é a Modelagem Matemática e os *saberes* da complexidade, no quadro 1 encontra-se sintetizada as relações construídas por Levy e Espírito Santo (2011, p.173-175).

Quadro 1- Relações entre sete *saberes* e Modelagem Matemática

Sete <i>saberes</i>	Modelagem Matemática
As cegueiras do conhecimento: erro e ilusão	O processo e o produto da Modelagem não são incontestáveis, definitivos ou livres de erros.
Conhecimento pertinente	A complexidade do objeto estudado exige uma postura contextualizadora, transversal, interdisciplinar e, em escala mais ampla, transdisciplinar, a fim de que a Modelagem e o seu resultado (o modelo, quando obtido) digam respeito a processo e produto os menos distantes possíveis desse objeto.
Ensinar a condição humana	A condição humana, com suas múltiplas faces, estará presente, por exemplo, no processo e no produto da Modelagem.
A ética do gênero humano	O homem é um indivíduo, integra uma sociedade e compõe uma espécie. A ética humana há que considerar esses três aspectos. O processo e o produto da Modelagem, tendo o homem (aluno/modelador e professor/orientador) como sujeito, estão, pois, impregnados dessas três dimensões.
Enfrentar as incertezas	As situações e/ou os objetos de estudo são complexos, trazendo em si distinção e união, ordem e desordem. O modelador tem que considerar o elemento incerteza, tem que considerar os limites de representação do seu modelo.
Ensinar a compreensão	Temos que reconhecer e fomentar a compreensão e a solidariedade durante o processo de Modelagem. Compreensão e solidariedade inerentes ao trabalho em conjunto, inerentes à

	orientação docente, inerentes ao aproveitamento de ideias concebidas originalmente por outras pessoas.
Ensinar a identidade terrena	O caráter potencialmente contextualizador da Modelagem matemática no processo de ensino-aprendizagem favorece a ideia de que tudo se liga a tudo.

Fonte: Adaptado de LEVY E ESPÍRITO SANTO (2011, p.173-175)

A postura contextualizadora abordada por Morin e presente nas etapas de Modelagem Matemática requer uma reforma do pensamento. Morin (2009) propõe a substituição de um pensamento fragmentado por outro que está ligado, integrando as partes ao todo e reconhecendo o todo no interior das partes. Isto, para que as indagações sejam problematizadas de uma forma global e, assim a educação possa formar cidadãos capacitados para enfrentar os problemas do seu tempo, tendo o cotidiano e o científico como pontos de partida e chegada.

Levy (2018) defende que há relações complexas, ocorrendo um dialogismo antagônico/contraditório entre processos cotidianos e científicos, no ensino espontâneo e no ensino pautado por sistematizações. Contudo, esses processos complementam-se, e, considerando-se os princípios complexos, há possibilidades de surgimento de novas tendências metodológicas da educação matemática. A exemplo do que pode ocorrer com a Modelagem Matemática, que é marcada por diálogos que ocorrem entre o cotidiano e o científico, que se entrelaçam.

Os sete *saberes* que Morin considera necessários para a educação do futuro só serão praticados ou refletidos se houver um diálogo entre as diversas áreas do conhecimento. No próximo item é apresentada a necessidade do monitoramento da vegetação no manguezal, em unidades de conservação, no sentido de agregar várias áreas do conhecimento na discussão de uma questão ambiental.

3.2.2 Monitoramento de mangue em reserva extrativista marinha

O monitoramento é o ato de acompanhar, de observar algo em determinado período. Portanto, neste item é discutida brevemente a pertinência do monitoramento dos bosques de mangue. Tsuji e Fernandes (2008, p.11) definem que “mangue é o nome dado às plantas resistentes ao sal”, que crescem em uma área que sofre constante influência da maré.

É fundamental esclarecer que mangue diz respeito à vegetação e que manguezal refere-se a todo o ecossistema costeiro, formado por zonas de transição entre ambientes terrestres e marinhos. Neste ocorre uma mistura de água doce e salgada, ou seja, Tsuji e Fernandes (2008, p.11) afirmam que o ecossistema de manguezal envolve “todas as associações dos seres vivos com as características do solo e da água, do ambiente como um todo”.

Os manguezais estão sob a proteção jurídica, tanto do novo Código Florestal, promulgado pela lei federal 12.651/2012 (BRASIL, 2012), quanto pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela lei 9.985/2000 (BRASIL, 2000), que incluiu algumas dessas áreas de manguezais como Unidades de Conservação (UC). Além disso, em 19/03/2018 houve a inclusão do Estuário do Amazonas e seus manguezais como Sítio Ramsar. Com essa inclusão os sítios dos manguezais da foz do Amazonas passaram a ser formados por 23 UC estaduais e federais, o que torna essas áreas multiplamente protegidas.

A convenção de Ramsar é um tratado intergovernamental, que promove a proteção e a sustentabilidade de habitats aquáticos (áreas úmidas), em todo o mundo. Ao ser incluído nesse acordo, o Brasil assumiu o compromisso de manter as características ecológicas como modo de garantir suas funções e serviços ambientais, reforçando a necessidade de valorização dessas áreas (MMA, acesso em 22 jul. 2019). Assim, a inclusão dessas áreas na lista de sítios Ramsar “faculta ao Brasil a obtenção de apoio para o desenvolvimento de pesquisas, o acesso a fundos internacionais para o financiamento de projetos e a criação de um cenário favorável à cooperação internacional” (MMA, acesso em 22 jul. 2019).

O SNUC classificou as UC em 12 categorias, geridas pelas três esferas do governo (municipal, estadual e federal), que foram divididas de acordo com suas especificidades, em unidades de proteção integral e em unidades de desenvolvimento sustentável (MMA, acesso em 23 jul. 2019). Na categoria de proteção integral estão: estação ecológica, reserva biológica, parque nacional, monumento natural e refúgio da vida silvestre. Na de uso sustentável estão: área de proteção ambiental, área de relevante interesse ecológico, floresta nacional, reserva extrativista, reserva de fauna, reserva de desenvolvimento sustentável e reserva particular do patrimônio natural.

Nesta pesquisa, o interesse é na Reserva Extrativista, que é definida pelo SNUC como:

[...] área natural utilizada por populações extrativistas tradicionais onde exercem suas atividades baseadas no extrativismo, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, assegurando o uso sustentável dos recursos naturais existentes e a proteção dos meios de vida e da cultura dessas populações. Permite visitação pública e pesquisa científica (MMA, acesso em 23 jul. 2019).

As reservas extrativistas federais, localizadas no bioma marinho costeiro são de gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e de cogestão de toda a sociedade. Logo, a responsabilidade do monitoramento dessas áreas de manguezal é de todos.

Em 2017 foi instituído formalmente, por meio da instrução normativa do ICMBio nº 03, o Programa Monitora – Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade, composto por três subprogramas: o terrestre, o aquático continental e o marinho e costeiro. Essa normativa

é de caráter continuado e de longa duração. Visa avaliar a efetividade de conservação, para adaptação às mudanças climáticas e o uso e manejo das UC das espécies da fauna e da flora, através de um monitoramento participativo envolvendo gestores, pesquisadores, colaboradores, comunitários e voluntários. Com incentivo à divulgação das ações, através de artigos científicos, relatórios técnicos, revistas e vídeos, desde que cadastrados no Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO). (MMA, acesso em 24 jul. 2019).

O monitoramento participativo requer um treinamento dos participantes. Dessa forma, a universidade tem um papel fundamental na formação dos seus estudantes. Assim, a atividade analisada neste artigo, que se refere a um curso de formação e ambientação em uma reserva extrativista marinha, foi focada no monitoramento da vegetação.

Fernandes (2012) afirma que é necessário inventariar todas as espécies encontradas, fazendo um levantamento florístico ou fitossociológico da área, registrando os seguintes dados: Frequência Relativa (FR), Densidade Relativa (DR), Dominância Relativa (DOR) e Índice de Valor de Importância (IVI).

Outros parâmetros são necessários, tais como a Circunferência a Altura do Peito (CAP) e a altura das árvores, entre outros. Sendo necessário trabalho em equipe para a coleta de dados e posterior cálculo dos parâmetros fitossociológicos através dos modelos matemáticos. Concluindo a breve explanação, neste item ressalta-se que os manguezais são área de proteção da costa contra enchentes e erosão. São fonte de alimento e renda para as comunidades do entorno, áreas de reprodução e abrigo de diversas espécies. Além disso, o manguezal possui uma capacidade maior do que as florestas de terra firme, de armazenamento de carbono (SANTOS; BELTRÃO; TRINDADE, 2019). O que reforça a necessidade da conservação desse ecossistema para o equilíbrio natural, provendo benefícios econômicos, mediante o serviço ecossistêmico. Portanto, o desmatamento dessas áreas libera mais carbono para atmosfera do que em outras áreas.

Entende-se que a proteção efetiva dessas áreas depende da religação do conhecimento, pois as pesquisas nesses ambientes não podem ser feitas de forma isolada. A desfragmentação do conhecimento proposta por Morin é uma abordagem interessante para ser aplicada nos estudos acerca das UC, assim como a quantificação mediante os modelos matemáticos para o monitoramento e avaliação em conjunto com o processo de Modelagem Matemática realizada pelos estudantes para que compreendam a relevância da conservação.

3.3 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa baseou-se em uma abordagem qualitativa, em que o foco é o estudo das variáveis não numéricas. Logo, a pesquisa assumiu uma natureza aplicada, porque o objetivo é discutir resultados de uma atividade de Modelagem Matemática, com a temática ambientação no manguezal e suas relações com os sete *saberes* da complexidade. A abordagem qualitativa neste estudo remete a práticas diversificadas e múltiplas, que permite uma investigação científica em vários temas. Podendo, inclusive, utilizar variadas técnicas de produção de dados e métodos de análise, que dependem da escolha epistemológica e teórica adotada (POUPART et al., 2014).

O estudo tem característica naturalista, pois a fonte de dados são as situações naturais do contexto dos sujeitos envolvidos, sendo de interesse maior o processo de investigação do que o produto ou resultados encontrados (CARMO; FERREIRA, 2008). A pesquisa é de caráter descritivo, pois este tipo de investigação descreve de forma sistemática as características, os fatos que estão presentes em uma determinada população ou área de interesse, através de um elemento interpretativo (GRESSLER, 2004).

A revisão bibliográfica foi realizada para identificar relações entre os *saberes* da complexidade de Morin e a Modelagem Matemática, para fundamentar a construção da base teórica deste artigo. Foram adotadas as obras de Levy e Espírito Santo (2010; 2011) e Morin (2000), assim como de autores que discutem as ideias da complexidade na fundamentação teórica e na análise de dados.

A pesquisa bibliográfica feita em periódicos científicos, livros e sites do governo, sobre monitoramento de mangue e unidades de conservação, foi realizada para que o leitor compreenda a relevância da abordagem deste trabalho. Ainda quanto ao procedimento, foi abordada a observação participante, que vem sendo usada frequentemente em “trabalhos de natureza sociológica, interdisciplinar ou em antropologia das sociedades complexas”, às vezes é usada como ferramenta exploratória e em outras como técnica principal de recolha de dados (CARMO; FERREIRA, 2008, p. 122).

A atividade realizada envolveu dezoito estudantes vinculados ao grupo de pesquisa e extensão do Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental (LabGEFA), dos cursos de Licenciatura e do Bacharelado em Biologia, Bacharelado em Administração, Bacharelado em Agronomia e do Bacharelado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis. Somente nove estudantes participaram dos três momentos da atividade, acompanhados por quatro professores e alguns membros da comunidade visitada. Entre estes,

dois comunitários vinculados à associação, situada no entorno da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua, localizada em Tracuateua, Pará.

A pesquisa de campo seguiu por três momentos: pré-campo, campo e pós-campo. Para Seniciato e Cavassan (2004) as aulas de campo em ambientes naturais levam a uma aprendizagem mais significativa, porque envolve e estimula os estudantes, aliando aspectos educacionais e afetivos. Constituindo-se em um instrumento de superação da fragmentação do conhecimento.

O pré-campo foi realizado através de uma palestra explicativa, no espaço físico da Associação dos Usuários da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua (AUREMAT), sobre a importância da caracterização estrutural do mangue, do monitoramento da vegetação e orientação para realização da coleta de dados em campo.

Na atividade de campo foram apresentados os três gêneros de mangue mais presentes na região, assim como as características que os diferenciam. Foram feitas três parcelas em campo de 20 x 20 m, medidas com fita métrica e marcadas com fio de nylon. Cada grupo ficou responsável pela coleta de dados em sua parcela, medindo Comprimento, a Altura do Peito (CAP) de cada árvore e estimando a altura a partir de um método empírico, em que um estudante ficou próximo à árvore e outro estimou quantos daquele estudante formava a altura da árvore. A partir disso foi multiplicado o número estimado pela altura do estudante, Figura 01. Estes dados foram anotados em diário de campo.

Figura 01. Coleta de dados nas parcelas



Figura 02. Ambientação com o local da pesquisa



Figura 03. Tratamento dos dados no laboratório



Fonte: Acervo do grupo LabGEFA, 2019.

A ambientação dos estudantes na visita de campo foi significativa, para que conhecessem as condições do local onde se realiza a pesquisa e tivessem contato com as dificuldades enfrentadas para realizar o monitoramento de manguezais. Além disso, também para sentirem os desafios que a comunidade usuária do manguezal enfrenta para extrair os recursos necessários para sua subsistência. (Figura 02)

O terceiro momento, pós-campo, aconteceu no laboratório de informática (Figura 03), onde foram explorados os procedimentos para realização dos cálculos, em planilha do *software Microsoft office Excel*, com os resultados entregues em relatórios digitais.

Após esse momento foi aplicado um questionário via *google forms online*, a fim de obter mais informações para complementar o que foi observado, e os relatórios, além de questões relacionadas ao minicurso, semestre, tempo de participação. No grupo estavam questões referentes às expectativas, à experiência e à integração do grupo na atividade campo. Ainda foi indagado sobre a percepção sobre a conservação desses ambientes e os conflitos existentes. Assim como, se é justificável a preocupação dos ambientalistas acerca da devastação dessas áreas. Foram consultados também sobre o uso dos modelos matemáticos e que tipo de reflexões e informações estes geraram.

O procedimento adotado para a análise das informações da pesquisa, oriundas dos relatórios e dos questionários, foi inspirado na técnica de análise de conteúdo de Bardin (2016), que compõem três fases na análise de dados. A primeira é a pré-análise, leitura flutuante, escolha dos documentos, formulação das hipóteses e objetivos, elaboração de indicadores, exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência.

A segunda fase é a exploração do material e a terceira fase é onde é feito o tratamento dos resultados, inferência e interpretação. No entanto, a análise foi adaptada à proposta formulada da teoria da complexidade de Edgar Morin, com foco nos sete *saberes*, ou seja, não foram adotados o critério de exclusão e a categorização, possibilitando que em uma ação estivesse presente mais de um *saber*, visto que estes são interconectados.

O processo metodológico envolveu a organização do material produzido pelos estudantes, relatórios e questionários. Em seguida foram selecionados os questionários e relatórios dos estudantes que participaram de todas as atividades, em um total de nove, para que fosse alcançada homogeneidade e pertinência nas informações. Após a seleção do material iniciou-se o processo exaustivo de leitura das informações, revisitando a todo tempo a teoria dos sete *saberes* e da Modelagem Matemática.

Os sete *saberes* poderiam ser adotados como categorias de análise, *a priori*, como no trabalho de Saheb (2013), que analisou as relações existentes entre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental e os sete *saberes* necessários à educação do futuro, no processo de formação de educadores ambientais. Porém, durante as várias leituras dos *saberes* da complexidade e da própria base da teoria da complexidade, foi possível perceber que os *saberes* se entrelaçam, dialogam entre si e cada dado gerado pelos estudantes apresenta, não somente um único *saber* isolado, mas vários *saberes*.

Nesse caso, para a fase de análise a escolha foi a descrição de todos os momentos vivenciados, buscando nas informações a presença dos *saberes* da complexidade, assim como as relações com a Modelagem Matemática. Os estudantes foram classificados por código E1, E2 etc., para facilitar a leitura e a interpretação das análises dos excertos e preservar o direito ao anonimato na pesquisa, conforme o Termo de Consentimento Esclarecido, aprovado pelo comitê de ética humana.

3.4 Análise e discussão dos resultados

A partir das relações estabelecidas por Levy e Espírito Santo (2011), entre os sete *saberes* da complexidade e a Modelagem Matemática, sintetizados no quadro 1, os relatórios e os questionários dos estudantes foram analisados pela sequência que ocorreram as atividades. As etapas representam elementos da atividade de Modelagem Matemática, e as relações estabelecidas no quadro 1 indicam a presença dos *saberes* e como estes se relacionam nas ações ocorridas.

As etapas de Modelagem não foram definidas, em primeiro momento, porém durante o processo de análise das informações foi possível identificar que havia um desenvolvimento natural de etapas, e, a partir desse momento inspirada em Bassanezi (2012), que estabelece como etapas os seguintes passos: escolha do tema, coleta de dados, análise dos dados e formulação dos modelos e validação. Assim, optou-se por organizar a sequências das atividades em etapas, para tornar mais claro ao leitor os elementos de Modelagem presentes, bem como as correlações com os sete *saberes*.

Braga (2015) afirma que as etapas funcionam apenas para orientar as ações dos sujeitos, todavia nessa pesquisa elas foram aplicadas apenas para discutir os resultados e mostrar a presença do processo de Modelagem nas atividades.

3.4.1 Primeira etapa: reconhecimento e familiarização da problemática

A escolha do tema é a primeira etapa na Modelagem. Ocorreu quando os estudantes escolheram participar do LabGEFA e este ambiente já desenvolver pesquisas nessas temáticas desde 2013. O curso de ambientação e formação aconteceu para que o participante pudesse explorar sua temática de trabalho, por meio de diferentes percepções, para que houvesse um olhar racional e emocional do ambiente estudado. Uma busca pelo equilíbrio entre o intelecto e a afetividade defendida por Morin (2000, p.21) no saber às cegueiras do conhecimento em que considera que “a faculdade de raciocinar pode ser diminuída, ou mesmo destruída, pelo

déficit de emoção; o enfraquecimento da capacidade de reagir emocionalmente pode mesmo estar na raiz de comportamentos irracionais”.

A temática de trabalho, então, contempla uma complexidade, um emaranhando de situações e cenários que provoca uma necessidade de buscar uma formação, que explore todas as percepções dos estudantes. Isto, para que eles, quando em atuação profissional, possam lembrar das especificidades de um ecossistema de manguezal. A atividade focou também na formação de uma memória afetiva vinculada ao conhecimento científico.

Em continuidade, a descrição das atividades foi utilizada na discussão das informações, uma classificação por excertos no material dos relatórios e dos questionários. Isto porque a técnica de categorização utilizada na maioria dos trabalhos conflita com a proposta dos sete *saberes* da complexidade de Morin, cujo *saberes* se entrelaçam e não se fragmentam, podendo estar presente em uma ação mais de um *saber*.

Para facilitar a compreensão e discussão dos documentos buscou-se, durante a leitura, identificar excertos com características semelhantes, e classificar os trechos que mencionam as etapas da atividade, inspiradas a partir de Bassanezi (2012), a seguir. O objetivo e a palestra pré-campo, continuação da primeira etapa, referente à escolha do tema, na Modelagem é conhecido como interação que é o reconhecimento e a familiarização da problemática a ser modelada. A segunda etapa (campo) – coleta de dados qualitativos e quantitativos. Terceira etapa, laboratório de informática, análise dos dados ou matematização. E a quarta etapa com os resultados/considerações – validação e análise crítica da solução.

A partir desse caminho percebeu-se que os estudantes E1, E6 e E9 discorreram sobre o objetivo do curso, ressaltando informações sobre a obtenção de dados da vegetação, para análise estrutural e a familiarização dos integrantes do grupo com o ambiente.

Essa conjunção entre o conhecimento científico e a conexão com o ambiente de estudo remete à pertinência do conhecimento, presente no pensamento complexo, que considera que o ser humano e a sociedade têm um caráter multidimensional, pois o ser humano traz consigo características antagônicas, pois é a um só tempo *sapiens* e *demens* (sábio e louco), *faber* e *ludens* (trabalhador e lúdico), *empiricus* e *imaginarius* (empírico e imaginário), *econômicos* e *consumans* (econômico e consumista) e *prosaicus* e *poeticus* (prosaico e poético) sendo o homem da racionalidade e também da afetividade (MORIN, 2000).

No que concerne à realização da palestra, no espaço físico da AUREMAT, para explicar a importância do ecossistema manguezal e suas diferentes feições, assim como as características de cada gênero de mangue, para diferenciá-los em campo. Sobre o conceito e a importância das

reservas extrativistas, e os procedimentos para a coleta de dados dentro do manguezal, foi observado que cinco estudantes descreveram essa fase.

A fim de evitar um texto repetitivo, optou-se por representar esse momento com os três excertos a seguir, que se diferenciam e complementam-se. Em todas as etapas será adotada essa metodologia para discussão dos resultados, ou seja, serão excluídos os excertos semelhantes.

O curso foi iniciado com uma breve introdução [...] no qual abordou sobre os principais gêneros de planta que podem ser encontrados no mangue e suas principais morfologias e adaptações, e os principais habitats que existem no mangue, como o apicum. Além do mais, foi abordada a localização em que a reserva de Tracuateua se encontra e sua dimensão. (E1)

A primeira atividade desse dia foi um breve momento no qual a professora discorreu sobre as características e importâncias do ecossistema que estava sendo visitado, além de instruir a todos sobre o trabalho de identificação que seria posteriormente realizado na floresta de mangue. (E2)

No primeiro momento foi feita a introdução do curso, explicando de maneira geral, sobre as unidades de conservação, sobre áreas de manguezais e sobre as características, espécies e comportamento desse ecossistema. (E7)

Essa fase de familiarização e reconhecimento do ambiente – mostrada no objetivo e na palestra (pré-campo) – é o momento da pesquisa exploratória, dentro das etapas da Modelagem e nos excertos em destaque. No objetivo apresentado é possível identificar a presença do *saber*, “os princípios do conhecimento pertinente”, o que remete a Levy e Espírito Santo (2011). Os autores afirmam que na Modelagem deve-se assumir uma postura contextualizadora, para compreender a complexidade do objeto estudado, porque as informações que os estudantes receberam foram situadas no contexto. Desta forma os dados tiveram outro significado, diferente do que teriam se tivessem realizado a pesquisa somente por revisão de literatura.

Para Morin (2000) a pertinência do conhecimento consiste em assumir uma postura contextualizadora do saber, dando significado às informações e aos dados, através da religação dos *saberes*, ou seja, a compreensão do todo e das partes.

3.4.2 Segunda etapa: coleta de dados

Após a palestra o grupo partiu para a segunda etapa, atividade de campo que ocorreu na Resex, guiado por dois comunitários. No entanto, o veículo (micro-ônibus da universidade) não pôde deixar o grupo na casa onde foi o ponto de apoio, pois havia uma ponte quebrada e a solução foi ir caminhando por aproximadamente dois quilômetros, até a casa do comunitário que recebeu o grupo. O estudante E4 destacou esse momento da atividade fazendo o seguinte registro.

O acesso ao local da pesquisa se deu através da estrada PA-450, cujo estado de deterioração é alto, o que dificulta a entrada de muitos tipos de veículos. Por motivos de manutenção em uma ponte, até a chegada ao ponto de apoio [...], a equipe de

pesquisadores teve que seguir a pé [...]. A partir dos metadados presentes em fotos realizadas no local da coleta, foi possível extrair as coordenadas geográficas (-0,952; -46,934) e montar o mapa onde se realizou o trabalho. (E4)

Nesse trajeto todos os estudantes e professores organizaram-se para levar o material, revezando algumas vezes. Um ponto de destaque nesse percurso foi a aula que um dos comunitários ministrou durante o trajeto, sobre a agricultura da região e as características dos campos alagados. As ações ocorridas alinham-se com os *saberes* “enfrentar as incertezas”, no sentido de que a imprevisibilidade proporcionou outras experiências e *ensinar a compreensão humana*. Visto que ao compartilhar o seu conhecimento, o comunitário fomentou a solidariedade intelectual e ocorreu um aproveitamento de ideias concebidas por outra pessoa durante o processo de Modelagem com os estudantes.

É preciso ensinar, na formação universitária aos estudantes, a lidar com o inesperado e enfrentar as incertezas como forma de um novo aprendizado, pois quando se penetra em um meio cultural e social as ações nunca ocorrem como pensado (SILVA, 2013). Assim, esse grau de imprevisibilidade permitiu que os estudantes tivessem a oportunidade de conhecer as características do local, a partir da visão de um comunitário e entrelaçar esse relato ao seu próprio olhar vivenciado durante a caminhada. Também permitiu que o estudante E4 realizasse registros fotográficos, com localização geográfica ativa em seu celular, para posteriormente extrair as coordenadas e produzir um mapa.

Ao chegar ao destino, o grupo seguiu para o manguezal, porém na primeira área indicada para a pesquisa não foi possível atravessar, porque estava alagada e havia alguns pontos com profundidade. O guia da comunidade orientou o grupo para outro local. O trajeto para a outra área teve uma caminhada de aproximadamente dois quilômetros.

Nesse período o manguezal estava alagado e para passar em alguns pontos foi necessário que o grupo unisse as mãos, formando uma corrente, para que um ajudasse ao outro e evitasse cair. A preocupação dos estudantes uns com os outros durante o percurso foi uma demonstração de solidariedade, ao reconhecer no outro a diferença e a singularidade. A solidariedade é um sentimento que se aprende por meio da convivência e da experiência de ser amado, daí a importância da afetividade no processo de construção do conhecimento (SANTOS, 2010).

Na área indicada os estudantes foram divididos em três grupos e com uma trena de 25 metros a coordenadora da atividade, com o auxílio dos demais, marcou três parcelas de 20 x 20 m, conforme relatado pelo estudante E3, no excerto abaixo. E3 refere-se a *Avicennia* e a *Rizophora* como espécies, porém as árvores foram identificadas em nível de gênero, porque para identificar as espécies dentro de cada gênero seria necessário que houvesse um botânico

no grupo, usando chaves de identificação. Esse equívoco ocorre em vários trechos nos excertos dos estudantes, *as cegueiras do conhecimento*. O estudante E5 deu destaque em seu relatório para o material utilizado no manguezal.

Neste dia foram feitos três grupos, compostos por aproximadamente 6 pessoas cada, com o objetivo de analisar e coletar o C.A.P (circunferência a altura do peito), altura estimada e gênero das árvores, que estavam dispostas em 3 parcelas de 20 metros quadrados cada. Nesta localidade foram encontradas cerca de 47 árvores, entre as espécies *Avicennia* e *Rhizophora*. (E3)

Material: foram utilizados em campo: GPS, barbante em material plástico, trena grande, roupas propícias para práticas em mangue, caderno e caneta para anotações. (E5)

Vale ressaltar que o número de parcelas deve ser representativo da área em que está sendo estudada. No entanto, como se tratava de uma formação, em que o objetivo era mostrar os procedimentos de coleta em campo e ambientação, para que estes vivenciem o ambiente, cada grupo marcou somente uma parcela.

Depois da marcação, mais uma vez foi discutido como realizar a coleta dos dados e cada grupo iniciou suas medições e anotações. Em paralelo à realização da atividade havia um estudante que estava com dificuldades de locomoção e ficou fora do manguezal, realizando voo com o drone, para capturar imagens e vídeos para o acervo do grupo LabGEFA.

Esta segunda etapa da atividade em que ocorreu a coleta de dados do mangue foi descrita nos relatórios por todos os participantes. A coleta ou produção de dados numéricos ocorreu de forma mais explícita, ao estabelecer através de medição com fita métrica e marcação com fio, a área que cada grupo realizaria a identificação dos gêneros da vegetação de manguezal e a medição de cada árvore, CAP e altura. O estudante E9 registrou em seu relatório toda essa etapa da atividade em um misto de emoção e razão.

Após a palestra, fomos ver o mangue na prática, e nesse percurso tivemos um imprevisto de a ponte de acesso não estar terminada, e com isso tivemos que ir a pé, então fomos a uma longa caminhada até a residência próxima ao acesso do mangue, [...]. E lá fomos direcionados ao mangue em que iríamos fazer o levantamento florístico de uma determinada área do mangue. Então fomos ao mangue, e lá encontramos a área a ser coletada, então nos dividimos em três equipes. Depois demarcamos as áreas e fomos tirando as medidas. As amostras tinham que ter mais de 10 cm de diâmetro e ter uma medida em que as bifurcações dos galhos tinham que ser superior a “altura do peito”. Caso fosse inferior à altura estimada, contaria como se fossem duas amostras. Após as coletas voltamos à casa do [...] para se deliciar com um belo banquete, e depois nos reunimos para presentear o nosso anfitrião com um presente [...], depois nos preparamos para a longa caminhada de volta, onde finalizamos esse belo dia com uma fotografia de pôr-do-sol. (E9)

No processo de medições houve bastante interação entre os participantes e notou-se que alguns alunos ficaram muito à vontade com esse contato com o manguezal, enquanto outros

não. Durante toda a atividade os estudantes aproveitaram para fazer muitos registros fotográficos.

Petraglia (2011) sintetiza, a partir de sua análise sobre as obras de Morin, que cada indivíduo é ímpar no seu aspecto subjetivo, na construção da sua identidade e do seu aprendizado, necessitando de um objeto para transformar-se e conhecer-se, possibilitando colocar esse aprendizado em função do seu meio ambiente. Ressaltando, porém, que quando se trata das experiências e das ações humanas, estas não podem ser dissociadas da emoção.

O estudante E9 destacou em seu registro, que a família do comunitário anfitrião foi muito receptiva e preparou um almoço delicioso. Este momento foi marcado pelo ensinamento de um dos moradores, mostrando aos estudantes como comer o caranguejo de forma a aproveitar toda a sua massa. Para Santos (2010, p.26) a aprendizagem ganha significado “quando o conhecimento é incorporado, transformando a prática do viver em interação com o meio”.

No final do dia o grupo presenteou o anfitrião com um artesanato de madeira, com um caranguejo talhado – construído pelo Mestre Sabá, artesão de uma cidade vizinha – e realizou uma roda de conversa ao ar livre, registrado por um vídeo feito com o drone (Figura 04), para agradecer especialmente aos comunitários e compartilhar os sentimentos em relação ao dia que vivenciaram. As falas expressaram muita gratidão.

Os ensinamentos recebidos, a roda de conversa e o compartilhamento de sentimentos em relação à vivência harmonizam-se com os *saberes* “ensinar a condição humana”, porque houve uma integração da complexidade humana, de suas múltiplas faces por meio da educação. Outro *saber* presente, “a ética do gênero humano”, estimulou a consciência por meio do desenvolvimento das autonomias individuais, participações nas comunidades e do sentimento de pertencimento à espécie humana.

Figura 04. Roda de conversa para reflexões e agradecimentos



Fonte: Acervo do grupo LabGEFA, 2019.

Após esse momento foi a hora de organizar-se para caminhar novamente para o local onde estava o veículo. Mesmo com o cansaço que uma atividade no manguezal resulta, todos estavam muito animados e aproveitando para fazer registros do pôr do sol, que no retorno à cidade foi para o status do aplicativo de rede social, *WhatsApp*.

Quando questionados sobre as suas expectativas antes de ir para a atividade de campo, o estudante E6 deu destaque ao aprendizado e reconhecimento das espécies de mangue, além do interesse em saber como estas estão distribuídas no ecossistema de manguezal. Ressaltando essa curiosidade em virtude do seu curso de Engenharia Ambiental não ter disciplinas de botânica. Neste aspecto, o estudante E3 também destacou que havia grandes expectativas, pois seu curso de administração raramente oferecia aulas de campo.

Ao perguntar sobre como foi a experiência em campo, as respostas variaram entre “surpreendente”, “cheia de desafios”, “conhecimentos novos”, “belo lugar”, “companhias agradáveis”, “agregou valor pessoal” e “engrandecedor” ao descrever a atividade realizada. Sendo complementada pelo estudante E6 que afirmou que a ambientação “permitiu um maior contato com os moradores do entorno, conhecendo seu modo de vida, formas de produção e relação com a reserva”.

Na percepção dos estudantes a união do grupo, o ânimo, a logística que envolveu a atividade, a curiosidade e o envolvimento de todos nas tarefas propostas, despertou a atenção, em especial por se tratar de graduandos de diferentes áreas.

O último registro – graduandos de diferentes áreas – mostra o quanto essa educação fragmentadora da separação de disciplinas e de áreas que não dialogam, está enraizada na concepção do estudante. Cabendo à universidade “ultrapassar-se para se reencontrar”, pois a reforma da educação é o desafio do novo milênio, por se tratar de uma reforma paradigmática,

que requer mudança de atitude em relação à organização do conhecimento, precisa reformar as mentes para mudar as estruturas universitárias, mas não é possível reformar o pensamento sem a reforma da instituição, o que origina um paradoxo (MORIN, 2003, p.36).

A integração que ocorreu entre estudantes, professores e comunitários durante a atividade ratifica Enricone (2007), na assertiva que diante de uma realidade global cercada de incertezas necessita-se de soluções mais complexas, para resolução das problemáticas existentes e finaliza o pensamento dizendo que só é possível, mediante o conjunto de autonomias individuais e participações comunitárias. Portanto, a universidade deve possibilitar a articulação dos diversos saberes, como forma de expandir o pensar por meio de um trabalho coletivo e solidário.

3.4.3 Terceira etapa: análise dos dados

Após a atividade de campo, os estudantes reuniram-se com as anotações das medidas de cada parcela, e organizaram os dados em uma planilha no *software Microsoft Office Excel*, Figura 05. A terceira etapa – análise dos dados e matematização – ocorreu no espaço físico do laboratório de informática da universidade, para realizar o processamento dos dados.

É pertinente lembrar que a Modelagem adotada nesta atividade não assumiu nenhum processo pré-estabelecido e que essas etapas relatadas foram definidas somente durante a escrita e a análise dos resultados, apenas no intuito de organizar o texto para melhor compreensão. As etapas de Bassanezi (2012) são inspirações e não obrigação de seguir fielmente o que o autor propõe, pois todo novo conhecimento deve assumir seus próprios riscos.

Nesse aspecto, Santos (2010) reitera que o pensamento complexo é uma forma de pensar em movimento, dialogando com as diversas visões, através de uma realidade multidimensional. Também considera que os jovens são educados a dialogarem com o conhecimento. Então, dado o caráter de um ambiente de Modelagem flexível e aberto (SOUZA; ESPÍRITO SANTO, 2017), cercear a liberdade das etapas em uma pesquisa seria uma contradição ao pensamento complexo e à própria constituição da Modelagem Matemática.

O encontro para analisar os dados iniciou com um retrospecto sobre o que haviam realizado em campo, conforme registro do estudante E6, e em seguida foram discutidas as fórmulas para cálculo dos parâmetros fitossociológicos, registro no excerto de E8, e a relevância desses resultados para monitorar a qualidade do bosque de mangue:

Após as coletas em campo [...] o grupo se reuniu no laboratório de informática da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Capanema, para analisar os dados coletados, que foram tabulados em planilhas do *software Microsoft Office Excel*. Nesse dia [...] começou com uma palestra sobre os principais parâmetros fitossociológicos usados para analisar a qualidade de uma floresta de mangue. O

objetivo da palestra era nos ensinar quais parâmetros devem ser calculados e como realizar os cálculos. (E6)

Na segunda etapa, para o processamento dos dados, foi utilizado o programa *Microsoft Excel*, construindo uma tabela que englobaria informações de gênero/espécie, altura estimada, a parcela onde a árvore se encontra, circunferência à altura do peito (CAP), diâmetro à altura do peito (DAP), área basal total das espécies encontradas por unidade de área (G), classes de diâmetros por centímetros e por metros de cada gênero e os resultados dos cálculos dos parâmetros com o de densidade (absoluta e relativa), frequência (absoluta e relativa), dominância relativa, índice do valor de cobertura (IVC) e índice de valor de importância (IVI). (E8)

Na figura 05 é mostrado como os estudantes organizaram os dados do mangue. Produziram duas tabelas, uma para cada gênero de mangue, identificando as parcelas. Desta forma foi possível saber quantas árvores foram medidas em cada parcela (CAP e altura). E a partir daí calcular o Diâmetro à Altura do Peito (DAP), e a área seccional de cada árvore (ab) ou também representado pela nomenclatura $g(m)$, conforme apresentado nas fórmulas da Figura 04, cujo AB que foi utilizado em maiúscula representa a área basal total das espécies, ocorrendo um equívoco dos estudantes, cuja ação foi dialogada no momento do encontro para a matematização dos dados.

Figura 05- Resultado das medições realizadas pelos alunos nas três parcelas

Tabela 1 – dados referentes ao gênero <i>Avicennia</i>						
Árvore	C.A.P (cm)	D.A.P	AB	Altura Estimada (m)	Gênero	Parcela
1	55	17,51592	0,024097	7,5	Avicennia	1
2	65	20,70064	0,033656	9,1	Avicennia	1
3	51	16,24204	0,020719	7,8	Avicennia	1
4	66	21,01911	0,034699	8	Avicennia	1
5	93	29,61783	0,068897	9,1	Avicennia	1
6	50	15,92357	0,019915	7,2	Avicennia	1
7	35	11,1465	0,009758	7,2	Avicennia	1
8	43	13,69427	0,014729	7,2	Avicennia	1
9	39	12,42038	0,012116	5,2	Avicennia	1
10	53	16,87898	0,022376	5,2	Avicennia	1
11	121	38,53503	0,116628	6,3	Avicennia	1
12	100	31,84713	0,079658	6,3	Avicennia	1
1	95	30,25478	0,071892	8,2	Avicennia	2
2	118	37,57962	0,110916	5,8	Avicennia	2
3	85	27,07006	0,057553	8,25	Avicennia	2
4	81	25,79618	0,052264	8,25	Avicennia	2
5	54	17,19745	0,023228	7,45	Avicennia	2
6	76	24,20382	0,046011	7,25	Avicennia	2
7	44	14,01274	0,015422	5,8	Avicennia	2
8	59	18,78981	0,027729	6,6	Avicennia	2
9	14	4,458599	0,001561	9	Avicennia	2
10	47	14,96815	0,017597	6,6	Avicennia	2
11	108	34,3949	0,092914	8,25	Avicennia	2
12	54	17,19745	0,023228	5,8	Avicennia	2
13	90	28,66242	0,064523	8,25	Avicennia	2
3	157	50	0,19635	24	Avicennia	3
4	133	42,35669	0,140908	10,5	Avicennia	3
5	53	16,87898	0,022376	10,5	Avicennia	3
8	108	34,3949	0,092914	10,5	Avicennia	3
9	90	28,66242	0,064523	13,6	Avicennia	3
12	95	30,25478	0,071892	13,6	Avicennia	3
13	50	15,92357	0,019915	10,5	Avicennia	3
15	77	24,52229	0,047229	14	Avicennia	3
16	107	34,07643	0,091201	15,3	Avicennia	3
18	134	42,67516	0,143035	13,6	Avicennia	3
19	130	41,40127	0,134623	13,125	Avicennia	3
22	81	25,79618	0,052264	7	Avicennia	3

Tabela 2 – Dados referentes ao gênero <i>Rhizophora</i>						
Árvore	C.A.P (cm)	D.A.P	AB	Altura Estimada (m)	Gênero	Parcela
1	66	21,01911	0,034699	12,25	Rhizophora m.	3
2	114	36,30573	0,103524	15,3	Rhizophora m.	3
6	76	24,20382	0,046011	15,3	Rhizophora m.	3
7	70	22,29299	0,039033	15,3	Rhizophora m.	3
10	46	14,64968	0,016856	10,5	Rhizophora m.	3
11	40	12,73885	0,012745	10,5	Rhizophora m.	3
14	77	24,52229	0,047229	11,9	Rhizophora m.	3
17	37,5	11,94268	0,011202	6,125	Rhizophora m.	3
20	57	18,15287	0,025881	11,9	Rhizophora m.	3
21	56	17,83439	0,024981	7,5	Rhizophora m.	3

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Com a planilha aberta nos computadores, passou-se para o contexto de cálculos e ajustes de fórmulas, Figura 06, utilizadas para calcular os parâmetros fitossociológicos, mostrados na

agregação de tabelas da Figura 07. Os estudantes que tiveram mais facilidade auxiliaram aos colegas com mais dificuldade. Colaboração inerente ao trabalho em conjunto, conforme o quadro 1 no *saber* “ensinar a compreensão”.

Figura 06- Fórmulas utilizadas nos cálculos dos parâmetros fitossociológicos

ni = n° total de ind. Amostrados de cada espécie por unidade de área. N = n° total de indivíduos amostrados, de todas as espécies do levantamento. ha = área em hectare.	Densidade Absoluta $DA = ni/ha$
	Densidade Relativa $DR = [(ni/ha) / (N/ha)] \cdot 100$
Frequência Absoluta	$FA = (n^\circ \text{ de parcelas com ocorrência da espécie} / n^\circ \text{ total de parcelas}) \cdot 100$
Frequência Relativa	$FR = (FA / \sum FA) \cdot 100$
Área seccional de cada espécie	$g (m) = 0,00007854 \cdot (DAP)^2$
Dominância Absoluta	$DoA = g/ha$
Diâmetro a altura do peito - DAP	$DAP = CAP/\pi$
Dominância Relativa	$DoR = [(g/ha) / (G/ha)] \cdot 100$
Índice do valor de cobertura - IVC	$IVC = DR + DoR$
Índice do valor de importância - IVI	$IVI = DR + DoR + FR$

Fonte: Relatório E2, 2020.

Destaca-se que não foi obtido um modelo matemático, e sim aplicado modelos já definidos na literatura, nos estudos de tipologias florísticas e ecologia de manguezais. Então, nesse processo o mais importante é identificar as variáveis, realizar as transformações necessárias na questão das medidas de áreas. Por exemplo, metros quadrados em hectares ($1m^2 = 0,0001ha$; $1ha = 10000m^2$), e mostrar aos estudantes o significado de cada variável e o que este resultado informa sobre o bosque de vegetação pesquisado, e qual a relevância dessas informações para a conservação e preservação da biodiversidade.

Ao final desta etapa foi solicitado aos participantes que elaborassem um relatório envolvendo todas as fases do curso de formação e ambientação, assim como os resultados e análises dos cálculos dos parâmetros fitossociológicos, que medem a qualidade e a conservação da vegetação.

Os dados das medições foram coletados em nível de gênero, pois para cada gênero há uma diversidade de espécies, que só é possível identificar por meios de chaves de identificação utilizadas na botânica. Porém, esse fato mostra que o *conhecimento pertinente* necessita de uma postura transversal e interdisciplinar, além de *enfrentar as incertezas*, pois há que considerar que os objetos de estudo são complexos e tudo se liga a tudo, conforme descreve o *saber* “ensinar a identidade terrena”.

Quando os estudantes entregaram o relatório foi possível identificar que a primeira dificuldade foi quanto ao desconhecimento sobre a estrutura de um relatório. Desta forma foi

necessário orientar sobre a elaboração do relatório, todavia no conteúdo de cada um não houve interferência.

3.4.4 Quarta etapa: validação e análise crítica da solução

De posse dos relatórios, o momento foi de validação e análise crítica da solução, mediante o processo de socialização, que é indispensável em uma atividade de Modelagem Matemática. De acordo com os relatórios dos estudantes E1, E2, E3, E4, E6, E7 e E9 foram apresentadas as tabelas, Figura 07, com os resultados dos cálculos dos parâmetros fitossociológicos.

Figura 07- Agregação de tabelas com os resultados dos cálculos dos parâmetros fitossociológicos

Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos												
Gênero	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI				
<i>Rhizophora</i>	83,333	21,2766	33,333	25	3,258	4,246	25,523	50,523				
<i>Avicennia</i>	308,333	78,7234	100	75	73,472	95,754	174,477	249,477				
Fonte: Relatório de E1												
Gênero	N° Ind	DR	DA	FA	FR	CAP	DAP	g	DoA	DoR	IVC	IVI
<i>Rhizophora</i>	10	21,28	83,33	33,33	25	639,5	203,66	0,36	3,02	13,64	34,91	59,91
<i>Avicennia</i>	37	78,72	308,33	100	75	3037	967,20	2,29	19,12	86,36	165,09	204,09
Total	47	100	391,67	133,33	100	3676,5	1170,9	2,66	22,13	100	200	300
Fonte: Relatório de E2												
Gênero	DA	DR	FA	FR	DA	DoR	IVC	IVI				
<i>Rhizophora</i>	83,33333333	21,2766	33,333333	6766,667	3,2577121	35,38087	56,65747	6823,324				
<i>Avicennia</i>	308,3333333	78,7234	66,66667	3433,333	73,471885	797,9525	876,6759	4310,009				
Fonte: Relatório de E3												
Tabela 1 – Análises dos Parâmetros Fitossociológicos. ⁴												
Gênero	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI				
<i>Rhizophora</i>	83,33	21%	33,33	25%	3,02	14%	35%	60%				
<i>Avicennia</i>	308,33	79%	100	75%	19,12	86%	165%	240%				
Totais	-	100%	-	100%	-	100%	200%	300%				
Fonte: Relatório de E4												
Tabela 3 – Parâmetros calculados, onde: DA – Densidade Absoluta; DR – Densidade Relativa; FA – Frequência Absoluta; FR – Frequência Relativa; DoA – Dominância Absoluta; DoR – Dominância Relativa; IVC – Índice de Valor de Cobertura; IVI – Índice de Valor de Importância												
Gênero	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI				
<i>Rhizophora</i>	0,008333	0,21	0,333333	0,332226	3,018008	14,4779	14,69	15,02				
<i>Avicennia</i>	0,030833	0,787234	100	99,66777	17,82762	85,5221	86,31	185,98				
Fonte: Relatório de E6												
Gênero	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI				
<i>Rhizophora</i>	83,333	21,277	33,33	25	3,258	4,246	25,523	50,523				
<i>Avicennia</i>	308,333	78,723	100	75	73,472	95,754	174,477	249,477				
Legenda: DA = Dominância Absoluta; DR = Dominância Relativa; FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa; DoA = Dominância Absoluta; DoR = Dominância Relativa; IVC = Índice do valor de Cobertura; IVI = Índice de valor de Importância.												
Fonte: Relatório de E7												
Gênero	qtd	DR	DA	FR	FA	CAP	DAP	g	DoA	DoR	IVC	IVI
<i>Rhizophora m.</i>	10	21,8	83,33	25	33,33	639,5	203,66	0,36	3,02	13,64	34,91	59,91
<i>Avicennia s.</i>	37	78,72	308,33	75	100	3037	967,2	2,29	19,12	86,36	165,09	204,09
Fonte: Relatório de E9												

Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Observou-se divergências nos resultados dos cálculos dos parâmetros. Um dos estudantes, que não participou da atividade no manguezal, realizou os cálculos e apresentou aos colegas durante um seminário no grupo, para que estes pudessem identificar e refletir sobre as contradições presentes nos cálculos. O estudante que realizou o seminário, escreveu um artigo sobre a atividade de campo referente ao cálculo dos parâmetros fitossociológicos, o qual foi submetido ao XII Seminário Internacional de Desenvolvimento Rural Sustentável,

Cooperativismo e Economia Solidária (XII SICOOPES), e ao final premiado em primeiro lugar na categoria meio ambiente.

Os estudantes E2 e E9 realizaram considerações acerca dos resultados encontrados, buscando validá-los a partir da literatura. Quando E2 utiliza o termo *média*, para tratar de uma variação e/ou intervalo, comete um erro conceitual, pois a média seria a soma de todos os valores dividido pela quantidade de árvores. Momento significativo para dialogar sobre *os erros e ilusões* presente na construção e reconstrução do conhecimento e provocar aprendizagens. E9 buscou a fonte do Museu Goeldi, para corroborar com os valores encontrados dos índices de valor de cobertura e de importância.

A espécie com maior valor de importância (IVI) foi *Avicennia* (204,09) em contraste com apenas (59,91) de *Rhizophora*. Além desse dado que merece destaque, todos os outros parâmetros foram maiores para *Avicennia*, devido principalmente a sua grande quantidade de espécies e ao seu CAP superior, apresentando média de 82,08 cm \pm 32,78 cm, enquanto a média para *Rhizophora* foi de 63,95 cm \pm 22,53 cm. Com relação à altura dessas espécies vegetais, a *Avicennia* apresentou média de 9,13 m \pm 3,69 m e *Rhizophora* 11,66 m \pm 3,18. A importância desses dados reside no fato de que sua avaliação e comparação com informações anteriores confirmam modificações fundamentais na estrutura das comunidades. Além de fornecer conhecimento sobre a dinâmica do local analisado, esse tipo de parâmetro também auxilia em manejos e regenerações de áreas degradadas, pois com base nas alterações visualizadas se pode adotar iniciativas para reflorestamento. Além disso, esses parâmetros também fornecem o subsídio para a verificação de potenciais espécies em extinção (CHAVES, 2013). (E2)

O IVC é calculado pela soma da densidade relativa com a dominância relativa de determinada espécie, sendo seu valor máximo possível igual a 200% (no caso da floresta ser composta por apenas uma espécie). O IVI, além destes dois parâmetros, considera ainda a frequência relativa, seu valor máximo, portanto, corresponde a 300%. Fonte: Autor - Museu Goeldi (E9)

Os estudantes deram destaque sobre o monitoramento da qualidade do bosque de manguezal, quando questionados sobre o tipo de informação que os cálculos dos parâmetros fitossociológicos geraram, sendo possível com esses dados analisar os impactos que ocorrem nesse meio, acompanhando o aumento ou redução – tamanhos e distribuição das árvores. Em síntese, E2 e E5 fizeram os seguintes registros.

Geram informações sobre a vegetação local, dados que devem ser computados para a realização de comparações, como dados de medições futuras que fornecerão evidências sobre a dinâmica local, auxiliando em ações de manejo e reflorestamento, quando identificada alguma espécie com alta vulnerabilidade. (E2)

Informações estatísticas em relação à vegetação primária, secundária, vegetação que estava em maior e menor evidência no ambiente, o tamanho das árvores etc. (E5)

Acerca das reflexões que os modelos matemáticos geraram, quando em uso das questões ambiental e socioeconômica do ambiente visitado, estes deram destaque que os modelos

possibilitam uma melhor leitura dos dados, apresentando resultados mais precisos e confiáveis com relação à qualidade do bosque de mangue, proporcionando ações conservacionistas. Visto que o ecossistema de manguezal é heterogêneo e na reflexão de E4 com o “monitoramento é possível saber se a comunidade faz uso sustentável dos recursos naturais da reserva”.

Destaca-se na reflexão de E6 sobre os modelos matemáticos a presença dos *saberes: as cegueiras do conhecimento, conhecimento pertinente e enfrentar as incertezas*, pois ao afirmar com veemência, que os dados gerados mostraram um bosque em desenvolvimento, o estudante não considerou que os modelos não são incontestáveis ou estão livres de erros e que para tal afirmação necessitaria de uma análise em escala mais ampla. Assim como considerar os limites de representação do seu modelo:

Os modelos matemáticos permitiram avaliar as condições ambientais da área estudada, permitindo entender a estrutura do bosque e verificar em que estágio ele se encontra. Os dados gerados a partir dos modelos mostraram que o bosque analisado ainda se encontra em desenvolvimento, mostrando que apresenta potencial para diferentes usos, por abrigar espécies importantes para a subsistência das comunidades que vivem ao redor do manguezal. (E6)

Os estudantes E4 e E5 fizeram considerações sobre os resultados encontrados. No entanto, E5 fez consideração com uma análise crítica, destacando que os dados analisados tratam de uma formação. Então, para que sejam representativos da região onde foi realizada a atividade seria necessário demarcar um número maior de parcelas. Fator que remete ao *saber* “a identidade terrena”, onde uma parcela mostra resultados, mas várias são mais representativas do todo. Cabe reforçar aqui, que ao considerar que o bosque se encontra em desenvolvimento, o estudante E5 demonstra aquisição de conhecimento sobre a linguagem de avaliação da qualidade de um bosque de vegetação.

Os dados aqui apresentados podem ser utilizados para a comparação da área desse estudo, com outras áreas, ou com ela mesma após outra visita futura, o que possibilitará a avaliação do bosque através da comparação dos dados. (E4)

Foi possível notar que *Avicenia* estava bem mais abundante que *Rhizophora*, mas não comprovou que a mais abundante era a dominante no local, pois para afirmar tal resultado seria necessária uma análise de mais pontos na área [...]. (E5)

O minicurso possibilitou uma experiência diferenciada, pois extrapolou o que normalmente ocorre em um ambiente de sala de aula. Promovida pelo contato com o manguezal, com a comunidade e dentre os próprios estudantes durante as atividades, despertou sentimentos e conhecimentos diferenciados, de acordo com os registros de E1 e E6. No entanto, E6 chama a atenção para a importância da atividade dentro de um grupo de pesquisa, como forma de reconhecer outros tipos de conhecimentos.

Sendo assim, o curso foi de extrema importância, pois além de proporcionar um complemento aos alunos, que já tiveram algum tipo de contato com alguma outra atividade parecida, proporcionou um conhecimento novo àqueles que nunca tiveram contato algum com a área. Além disto, foi possível ver e entender na prática o que muitos professores tentam explicar em sala de aula. (E1)

A prática realizada em campo é de suma importância dentro de um grupo de pesquisa interdisciplinar como o LabGEFA, uma vez que permite a integração do grupo e o conhecimento das diferentes linhas de pesquisa existentes no laboratório. A prática de coleta de dados na floresta de mangue nos mostrou de que forma pode ser avaliado o nível de conservação dos bosques, o que é importante, principalmente se considerar o ambiente da pesquisa do grupo, que são unidades de conservação. Deste modo, entender de que forma uma floresta de mangue pode ser avaliada e como devem ser coletados os dados para esta análise, é um diferencial para os sujeitos que participam do grupo de pesquisa, fazendo com que eles passem a enxergar como o estudo da conservação desses espaços pode ser importante para a sua área, por exemplo. (E6)

A percepção dos estudantes acerca da conservação e monitoramento dos manguezais em reservas extrativistas é de que é de extrema importância para garantir a diversidade e a função dessas áreas. Isto porque no Brasil já ocorreram reduções devido à intensa exploração dos recursos naturais. A natureza deve estar em equilíbrio para a perfeita manutenção de todos os ecossistemas que são interdependentes. Outro ponto de destaque está no registro de E6.

A conservação dos manguezais é um dos principais motivos da criação de reservas extrativistas marinhas, na minha percepção. Por isso o seu monitoramento é fundamental para diagnosticar se essas reservas têm cumprido um dos seus objetivos. No entanto, como vemos na prática, muito ainda precisa ser melhorado no monitoramento, que por vezes fica prejudicado por falta de maior número de funcionários no órgão gestor dessas reservas. Por vezes também há falta de uma cogestão dessas unidades com as comunidades usuárias dos seus recursos. (E6)

Os estudantes consideram que é justificável a preocupação dos ambientalistas quanto à devastação do manguezal, porque este ambiente detém uma flora e fauna exclusiva do ecossistema. Isto, além de ser barreira natural do avanço do mar, protegendo de desastres naturais e tem um papel relevante na regulação das mudanças climáticas, na questão do sequestro de carbono.

Os conflitos que os estudantes conhecem envolvendo o manguezal é a captura ilegal de animais, coleta de caranguejos no período do defeso (reprodução), a retirada de vegetação irregular (desmatamento) e depósito de lixo. Atribuem a existência desses conflitos à falta de conhecimento, porque alguns olham o ambiente apenas como “lama”, lugar sem importância na natureza e, desta forma não valorizam o lugar e não se preocupam com as consequências futuras. Em específico na área visitada foi citado o conflito existente de extração da vegetação do mangue para produção de carvão e currais de pesca. Além disso há prática da caça ilegal das marrecas, conhecida na região por “pesca de marrecas” – temática que será abordada no próximo capítulo dessa tese.

Destacam-se dois momentos significativos nos registros de E4. O primeiro, quando este realiza considerações sobre o curso para sua formação profissional como administrador e o segundo quando busca amparo na literatura, para sugerir que sejam realizados outros cursos, visto que a literatura indica que são importantes para a formação profissional.

As atividades desenvolvidas neste curso, contribuem para o aprimoramento das habilidades de um administrador ambiental, de forma que o profissional obtenha mais propriedade e conhecimento sobre o funcionamento de determinados estudos, que podem ser necessários no momento de elaboração de projetos e análises de impactos ambientais. (E4)

Desse modo, é importante avaliar a possibilidade da criação de um curso de extensão para que profissionais da área adquiram experiências e novas percepções acerca de sua profissão [...], visto que a educação ambiental deve ser integrada em diversas áreas, inclusive a administração (CARVALHO, SILVEIRA, et al., 2008). (E4)

Morin (2005) considera que o progresso deve regenerar e atualizar-se de forma incessante, por meio da consciência humana e essa inteligência cega que separa, que desarticula deve ser repudiada, porque a tragédia ecológica já em curso é o primeiro resultado dessa deficiência no conhecimento multidimensional.

3.5 Considerações

As relações teóricas estabelecidas por Levy e Espírito Santo (2011) entre a Modelagem Matemática e os sete *saberes* da complexidade, foram discutidas mediante a temática ambientação no manguezal, em uma atividade prática com estudantes do ensino superior, graduandos de diversos cursos. O entrelaçamento possibilitou visualizar na prática que os *saberes* da complexidade são transversais, estando presentes em uma ação vários *saberes*. Desta maneira complementam-se, corroborando com a afirmação de Edgar Morin que o conhecimento do todo está nas partes, assim como as partes integram o todo, princípio hologramático do pensamento complexo.

O entrelaçamento pode ser evidenciado a partir das etapas de Modelagem Matemática sugeridas neste texto. Como o caso da Familiarização com a temática, constituída na etapa de interação do processo de Modelagem, permitindo a presença dos *princípios do conhecimento pertinente*. Tal evidência reforça o papel contextualizador, que a Modelagem Matemática favorece para a compreensão e significado do objeto estudado.

Somado a isso os *saberes* “enfrentar as incertezas”, “ensinar a compreensão humana” e “as cegueiras do conhecimento” foram fundamentais para a superação da etapa de coleta de dados, no sentido de compreender equívocos para o entendimento do todo. A condução de múltiplos olhares permitidos na atividade de Modelagem favoreceu os *saberes* “ensinar a

condição humana” pela complexidade humana, associado à *ética do gênero humano* como pertencimento à espécie humana, por autonomias individuais e participações no coletivo.

O ambiente flexível, promovido pela Modelagem permitiu indicar o *conhecimento pertinente* dependente de uma postura transversal e interdisciplinar. Evidenciado na etapa de análise dos dados, quando da discussão de modelos pré-estabelecidos na literatura, com relação aos parâmetros fitossociológicos, como provocadores para *enfrentar as incertezas*, pela ligação do todo conforme descrição do *saber* “ensinar a identidade terrena”.

A etapa de Modelagem referente à validação enfatizou o elemento diálogo, provocando re/construção de conhecimento a partir de *erros e ilusões* como provocativos de aprendizagens. Assim como a presença dos *saberes: as cegueiras do conhecimento, conhecimento pertinente e enfrentar as incertezas*, na discussão dos modelos matemáticos, como necessários para a compreensão da linguagem de avaliação da qualidade de um bosque de vegetação, bem como sua representatividade associada à *identidade terrena*.

Dessas relações destacadas, apontamos os elementos do contexto de uma atividade de Modelagem Matemática, com a temática ambientação no manguezal, como protagonistas de cada etapa do processo. São eles: papel contextualizador, múltiplos olhares, ambiente flexível (transversal e interdisciplinar) e diálogos, como indicativos dos sete *saberes* da complexidade.

Ressalta-se que durante toda a atividade não foi traçado o caminho das etapas de Modelagem Matemática, ou seja, tudo ocorreu de forma livre. No entanto, durante o processo exaustivo da análise dos resultados, ficou nítido que durante o processo aconteceu o que Bassanezi (2012) define como etapas de Modelagem. É importante frisar que a intenção neste trabalho não foi de seguir nenhuma concepção estabelecida. Fato este que a própria metodologia inicialmente foi inspirada nas três fases da análise de dados, propostas por Bardin (2016), porém adaptada à teoria do pensamento complexo de Edgar Morin. Logo, não foram assumidas categorias, assim possibilitando que em uma ação pudesse estar presente mais de um *saber*.

Os sujeitos envolvidos na atividade do manguezal são dotados de autonomia e liberdade, para escolher suas próprias experiências, a partir das possibilidades que lhe são apresentadas. Deste modo, essa vivência despertou em alguns o desejo de seguir nessa linha, enquanto para outros não houve identificação. No entanto, considera-se que é um aprendizado, que proporcionou aos graduandos a oportunidade para que quando eles atuarem profissionalmente tenham um olhar mais afetivo às necessidades de conservação do ecossistema. Os estudantes ressaltaram a importância do trabalho em grupo, tendo um

significado que reconhecem o mérito da multiplicidade para a realização de trabalhos colaborativos.

Observou-se que diante das dificuldades que sucedem no processo de alfabetização matemática no ensino básico, o que ocorre muitas vezes em um processo de Modelagem que assume que se deve encontrar modelos, é que os modelos matemáticos que os estudantes conseguem utilizar são simples. Refletem apenas o conhecimento de matemática básica e nota-se que em alguns casos causa desânimo. No entanto, em atividades como esta, que utiliza de modelos definidos na literatura, o ponto de discussão fica nos resultados encontrados e no significado destes na representação da temática estudada.

Os *saberes* da complexidade estiveram presentes em todo o processo da atividade. Em cada ação é possível perceber que as temáticas desenvolvidas no espaço do LabGEFA têm um princípio transdisciplinar, fundamentado no pensamento complexo, porém em crise com as estruturas limitantes da universidade.

Referências

ABREU, M. M. de O.; MEHLIG, U.; NASCIMENTO, R. do E. S. A. do, & MENEZES, M. P. M. de. (2006). **Análise de composição florística e estrutura de um fragmento de bosque de terra firme e de um manguezal vizinhos na península de Ajuruteua, Bragança, Pará.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais, 1 (3), p. 27-34.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Tradução: Luís Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BASSANEZI, R. C. **Temas e modelos.** Campinas: Edição do autor UFABC, 2012.

BRAGA, R. M. **Aprendizagem em modelagem matemática pelas interações dos elementos de um sistema de atividade na perspectiva da teoria da atividade de Engestrom.** 2015. 133 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas) - Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

BRASIL. (2000). Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acessado em: 20/05/2020.

BRASIL. (2012). LEI Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm

CARMO, H.; FERREIRA, M. **Metodologia da investigação – Guia para autoaprendizagem.** 2a Edição, Universidade Aberta, Lisboa, 2008. 377p.

CHAVES, M. I. A.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Modelagem Matemática: uma concepção e várias possibilidades. **Boletim de Educação Matemática**, v. 21, n. 30, p. 149-161, 2008.

ENRICONE, D. Ações interdisciplinares: autoria e características. In: AUDY, J.L.N.; MOROSINI, M.C. (orgs.) **Innovation and interdisciplinarity in the university**. Porto Alegre, Brasil: EDIPUCRS, 526 p, 2007.

FERNANDES, R. T. V. **Recuperação de manguezais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 92p.

GRESSLER, L. A. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. 2ª ed. rev. atual. São Paulo: Loyola, 2004. 295p.

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, 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.

_____. Modelagem matemática no ensino, complexidade e saberes necessários à educação do futuro. **Zetetike**, v. 19, n. 1, 2011.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Sítios Ramsar. Brasília: MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/s%C3%ADtios-ramsar.html> Acessado em: 22 jul. 2019.

_____. Categorias. Brasília: MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/categorias.html>. Acessado em: 23 jul. 2019.

_____. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 3/2017/GABIN/ICMBIO, DE 04 DE SETEMBRO DE 2017. Institui o Programa Nacional de Monitoramento da Biodiversidade do Instituto Chico Mendes. Brasília: MMA. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/portarias/intrucao_normativa_03_2017.pdf. Acessado em: 24 jul. 2019.

MORIN, E. **Os setes saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Catarina Eleonora F. Silva e Jeanne Sawaya. São Paulo: Cortez, 2000.

_____. **Educação e complexidade**: os sete saberes e outros ensaios. Maria da Conceição de Almeida, Edgard de Assis Carvalho. (orgs.) – 5ª ed. – São Paulo: Cortez, 2009.

_____. (2003). *Da necessidade de um pensamento complexo*. In: MARTINS, Francisco Menezes; SILVA, Juremir Machado da (orgs.). **Para navegar no século XXI**: tecnologias do imaginário e cibercultura. Porto Alegre: Sulina, 3ª. Ed, p.13-36, 2003.

_____. Para além do Iluminismo. **Revista Famecos: mídia, cultura e tecnologia**, n. 26, p. 24-28, 2005.

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

POUPART, J.; DESLAURIERS, J.; GROULX, L.; LAPERRIÈRE, A.; MAYER, R. & PIRES, A. (2014). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Tradução de Ana Cristina Arantes Nasser. 4. ed. Petrópolis: Vozes.

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.

SAHEB, D. **Os Saberes socioambientais necessários à Educação do presente e à formação do educador ambiental sob o foco da complexidade**. Tese (doutorado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. PR, 2013.

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

SANTOS, I. R.; BELTRÃO, N. E. S.; TRINDADE, A. R. Carbono" azul" nos manguezais amazônicos: conservação e valoração econômica. **Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 31, p. 0018-28, 2019.

SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências: um estudo com alunos do ensino fundamental. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 10, n. 1, p. 133–147, 2004.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, [S.l.], v. 16, n. 1, p. 1-14, 2015.

SILVA, B. P. L. A teoria da complexidade e o seu princípio educativo: as ideias educacionais de Edgar Morin. **Revista Polyphonia**, v. 22, n. 2, 2 out. 2013.

SOUZA, E. S. R.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Alfabetização científica em ambiente de modelagem matemática. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, p. 5-23, 2017.

TSUJI, T.; FERNANDES, M. E. B. **Replantando os manguezais: técnicas de reflorestamento**. 1. ed. Bragança-PA: Alves Gráfica e Editora, 2008

CAPÍTULO 4 ARTIGO III

MODELAGEM MATEMÁTICA E SABERES DA COMPLEXIDADE: ABORDAGEM MULTITEMÁTICA

Resumo: Os sete saberes e a Modelagem Matemática são a espinha dorsal dessa investigação. Esta metáfora permite situar o leitor, que o enfoque desse trabalho situa-se nestes dois temas, porém busca-se as conexões e formas de organizar esse diálogo multitemático. A Modelagem Matemática é uma abordagem capaz de comunicar-se de forma transdisciplinar e promover reflexões quanto aos aspectos socioambientais, econômicos, culturais e de saúde. Nesse sentido esta investigação, de natureza aplicada e com objetivo descritivo tem como foco discutir resultados de uma atividade de Modelagem Matemática, com múltiplas temáticas e suas relações com os sete saberes da complexidade de Edgar Morin. A produção dos dados utilizados neste artigo foi obtida no âmbito do Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão do Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental (LabGEFA), vinculado à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no Campus de Capanema, Pará, ocorreu em dois momentos: antes da pandemia, a revisão bibliográfica, resultante da busca por publicações que tratassem especificamente das marrecas (*Dendrocygna autumnalis*), e durante a pandemia, a produção de infográficos, por meio de um minicurso realizado em encontros *online*. No minicurso foram tratadas as temáticas das marrecas, em seus diversos contextos, resultado de uma pesquisa bibliográfica, pandemia da covid-19, desmatamento, infográficos, redes sociais, fake news e divulgação científica. A seleção dos dados para escrita deste texto foi inspirada na análise de conteúdo, e a descrição e discussão dos resultados foram organizadas em dois ciclos de Modelagem. Nessa vivência os estudantes não foram convidados a modelar uma situação matemática, mas sim a dialogar sobre problemáticas locais e globais, e ir além, dando contribuições à sociedade, no sentido de tornar o conhecimento científico que fica restrito a um determinado público, um conhecimento acessível por meio das redes sociais.

Palavras-chave: Divulgação Científica. Marrecas (*Dendrocygna autumnalis*). Pandemia da covid-19. Perspectiva Transdisciplinar. Produção de Infográficos.

4.1 Introdução

A captura de marrecas (*Dendrocygna autumnalis*), conhecida localmente no município de Tracuateua, estado do Pará, como pesca de marrecas, foi a temática inicial desta pesquisa, motivada pela preocupação com uma prática ilegal que pode afetar o ecossistema.

Tal problemática foi abordada em um projeto de pesquisa, intitulado “Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental, no contexto das marrecas no entorno da Resex Marinha de Tracuateua-PA”. Plano desenvolvido por estudantes e professores do grupo de ensino, pesquisa e extensão do Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental (LabGEFA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no Campus de Capanema.

O projeto foi elaborado em conjunto com professores e estudantes, por meio da pedagogia de projetos, e o interesse pelo tema aconteceu durante as visitas realizadas nas

comunidades. As ações propostas no projeto envolviam atividades de pesquisa bibliográfica e visitas de campo. No entanto, devido à pandemia do novo Coronavírus do covid-19 e a necessidade de isolamento social, as atividades de campo foram suspensas, sendo possível apenas a conclusão da pesquisa bibliográfica.

Como alternativa a produção de material para este capítulo, que inicialmente tinha como foco discutir as atividades de Modelagem Matemática ocorridas no projeto marrecas (termo utilizado no grupo para se referir ao projeto), foi preparado um minicurso. Direcionado para treinamento dos estudantes do uso da ferramenta *Canva Design*, no intuito de discutir a temática utilizando a revisão bibliográfica, reiterando que o retorno das atividades na reserva foram suspensas em decorrência da pandemia covid-19.

A ferramenta possibilita a elaboração de diversos materiais gráficos, em especial para esta abordagem o foco foi a produção de infográficos. A motivação partiu ao observar que durante a pandemia do covid-19 e o isolamento social, as mídias sociais ocuparam um espaço como fonte essencial de informações para os diversos públicos. Paralelo a isso houve uma explosão de informações de conteúdo falso, conhecidas como *fake news*. Face ao exposto, ficou claro que as estruturas universitárias deveriam adotar um “guia de orientação” (MORIN, 2001, p.15), que estimule o uso das ferramentas tecnológicas de alcance rápido e de várias classes da população, como forma de disseminar o conhecimento científico de qualidade, em uma linguagem acessível para promover o letramento científico.

A problemática da pesca de marrecas, tratada no projeto, veio de encontro a uma questão discutida na pandemia, que é o contato com espécies silvestres, naturalmente hospedeiras de vírus, bactérias e parasitas. Esta proximidade possibilita que os microrganismos saltem de hospedeiros, sofram mutações e causem novas epidemias e pandemias. A pressão antrópica sobre os recursos naturais e a destruição dos *habitats* dessas espécies as obriga a se aproximar cada vez mais de ambientes urbanos.

Diante da problemática global da pandemia, em especial no Brasil, as discussões acerca dos retrocessos ambientais intensificaram-se, tais como as flexibilizações na legislação e na fiscalização, que facilitaram o aumento do desmatamento na Amazônia, queimadas descontroladas no Pantanal e avanço do garimpo em terras indígenas. Estas discussões tornaram-se essenciais, visto que alguns pesquisadores afirmam que a Amazônia é um reservatório natural de pandemias, e a pressão antrópica pode trazer outras pandemias, como a que se vive agora (AGRELA, 2020; SILVEIRA, 2020).

Para Morin (2020, p.74) a humanidade precisa compreender que para sobreviver deve metamorfosear-se, pois “estamos neste mundo assim como ele está em nós, e descobrimos

que este mundo está em crise”. É preciso entender que para transformar a sociedade é necessária uma reforma pessoal, visto que são condições inseparáveis.

A crise que estamos vivenciando requer abordagens multitemáticas nos processos de ensino e aprendizagem. Portanto, para traçar um diálogo entre os assuntos, marrecas em diversos contextos, pandemia do covid-19, infográficos, redes sociais, divulgação científica, Modelagem Matemática e os sete saberes da complexidade, é necessário articular os conhecimentos e organizar o pensamento. Para Morin (2001, p.21), no entanto, “não basta enunciar as necessidades de contextualizar e de religar os saberes, é preciso ainda encarar os métodos, instrumentos, operadores e conceitos aptos a produzir essa reunião”.

Os sete saberes necessários à educação do século XXI foram propostos como orientações para religar saberes (MORIN, 2000). Instigam um trabalho colaborativo entre as mais diversas áreas e teorias, de forma a se juntar unidades na construção de um todo. Os sete saberes e a Modelagem Matemática são a espinha dorsal dessa investigação. Esta metáfora permite situar o leitor, que o enfoque desse trabalho situa-se nestes dois temas, porém se busca as conexões e formas de organizar esse diálogo multitemático.

No capítulo II houve uma construção da primeira reflexão, que norteou essa tese, que foi a busca pelo entrelaçamento entre a Modelagem Matemática e a teoria da complexidade para religação de saberes, cuja resposta para esta desfragmentação está na transdisciplinaridade. Em sequência, no capítulo III realizou-se uma atividade empírica com a temática *ambientação no manguezal*, cuja discussão foi norteada pelo questionamento: que elementos do contexto de uma atividade de Modelagem Matemática, com a temática ambientação no manguezal, são indicativos dos sete saberes da complexidade e como se relacionam?

Neste capítulo a atividade proposta parte do pressuposto, amparada na exposição empírica do capítulo anterior, que a Modelagem Matemática é uma abordagem capaz de comunicar-se de forma transdisciplinar e promover reflexões quanto aos aspectos socioambientais, econômicos e de saúde.

Levy e Espírito Santo (2011) têm papel relevante na literatura que envolve Modelagem Matemática e os sete saberes da complexidade, ao realizarem um trabalho teórico que estabeleceu relações, que são apresentadas no desenvolvimento deste artigo e utilizadas na discussão dos resultados.

Arelado às inquietações que vivenciei como docente de vários cursos, em que a matemática não é o foco, cujos questionamentos e o “não gostar” dos estudantes está sempre presente, houve uma situação mais recente. Durante a atualização do Plano Pedagógico do Curso (PPC) de bacharelado em Biologia, um docente questionou a necessidade de dois

cálculos diferencial e integral no PPC, afirmando que não entendia essa necessidade, pois no seu curso de graduação não havia cálculo diferencial e integral. Esta colocação sugere que considera que em sua vida profissional é desnecessário o estudo do cálculo.

Esse acontecimento, então, reafirmou minha postura como educadora, que há a necessidade de reforma no processo de ensino e aprendizagem. Assim como o isolamento das áreas em que os cursos de matemática têm bastante culpa, só fortalece a visão da matemática difícil, da matemática vilã. Principalmente da pergunta recorrente, que muitos professores ficam desconfortáveis: “Para que serve isso?”.

Durante o desenvolvimento dessa investigação, no isolamento social, muitas reflexões permearam a mente, acompanhadas de muitos questionamentos, visto que há uma problemática complexa envolvendo os temas. Logo, a questão de pesquisa mais recorrente foi: como a Modelagem Matemática pode contribuir para exploração da conexão de multitemáticas na busca pela religação de saberes?

Em síntese, o material em discussão foi produzido em dois momentos, antes da pandemia, a revisão bibliográfica resultante da busca por publicações que tratasse especificamente da *Dendrocygna autumnalis*, e durante a pandemia, a produção dos infográficos por meio de um minicurso realizado em encontros *online*.

No intuito de compreender o objetivo nesta pesquisa de discutir os resultados da atividade de Modelagem Matemática multitemática e as relações com os sete saberes da complexidade, no próximo tópico é realizado um percurso teórico na área de Modelagem Matemática, na perspectiva dos saberes da complexidade. Assim, a organização do texto segue, com o percurso metodológico adotado na produção de dados, seguido pela análise e discussão dos resultados e as considerações.

Durante a discussão dos resultados originou-se uma nova abordagem de Modelagem Matemática, dividida em dois ciclos, inspirados nas etapas de Bassanezi (2012), que possibilitou a organização dos dados da pesquisa. Os excertos, extraídos dos relatórios dos estudantes, confirmaram que os temas estavam conectados. Pode-se verificar lacunas para novos estudos quanto às marrecas, visto que o conflito socioambiental que ocorre em Tracuateua, Pará, pode gerar implicações planetárias.

4.2 Modelagem Matemática na perspectiva dos saberes da complexidade

A Modelagem Matemática abordada nesta pesquisa assume um papel de entrelaçamento com outras áreas, para o fortalecimento de ações de conscientização ambiental, a partir da

vivência colaborativa no desenvolvimento de projetos. Chaves e Espírito Santo (2008, p.159) entendem a modelagem como “um processo gerador de um ambiente de ensino e aprendizagem”, que contribui para a construção de uma visão holística do problema investigado.

D’Ambrosio (1986) destaca que o sujeito, ao mesmo tempo em que observa, é parte integrante da realidade, e para se chegar a um modelo necessita fazer uma análise global da realidade, em toda sua complexidade. A palavra complexidade é adotada nesse texto, no sentido da teoria de Edgar Morin. Sua etimologia é do latim *complexus*, que significa aquilo que é tecido em conjunto. Para Ribeiro (2011, p.44) o “pensamento complexo amplia o saber e nos conduz a um maior entendimento sobre os nossos problemas essenciais, contextualizando-os, interligando-os, contribuindo na nossa capacidade de enfrentar a incerteza”.

O francês Edgar Morin nasceu em 1921, em Paris. Formou-se em História, Direito, Geografia seguindo na Filosofia, Sociologia e na Epistemologia. Fundou o Centro de Estudos Transdisciplinares da Escola de Altos Estudos em Ciências Sociais de Paris. Com a vida e obra fortemente entrelaçadas fundou a base da teoria da complexidade, que propõe uma desfragmentação do conhecimento, através da reforma do pensamento, que pode ser viabilizada pela transdisciplinaridade.

Morin é autor de 167 obras e escreveu mais de 30 livros. Em sua produção “O método” - composto por seis volumes - construiu a base epistemológica da teoria da complexidade. Destaca-se nessa pesquisa o livro “Os sete saberes necessários à educação do futuro”, publicado em 2000. A convite do governo francês Morin elaborou Os sete saberes depois de uma longa pesquisa, que o levou a vários países. Para a preparação da obra foram realizadas jornadas temáticas, que consistiam em uma reunião, em que pesquisadores de diversas áreas participaram por meio de grupos temáticos (CARVALHO, 2006).

A partir da leitura desta obra de Morin (2000) apresenta-se a síntese dos sete saberes necessários à educação do futuro, por considerar que tais saberes estão diretamente correlacionados com a discussão que envolve esta pesquisa.

As cegueiras do conhecimento: erro e ilusão, diz que todo conhecimento é subjetivo, por isso não está livre do erro e da ilusão. Este *saber* é considerado o “calcanhar-de-aquiles”, ponto fraco, do conhecimento, e sugere que a educação deve dedicar-se a identificar as origens dos erros e ilusões. Os erros podem ser mentais, por exemplo, os indivíduos tendem a selecionar apenas lembranças convenientes e/ou criar falsas lembranças. Também podem ser intelectuais, por exemplo, as teorias e doutrinas que se fecham sobre elas mesmas. Podem ser da razão, quando não há um equilíbrio da racionalidade e da racionalização por meio da autocrítica.

Ainda podem ser paradigmáticas, por exemplo, os paradigmas opostos que consideram a disjunção entre homem e natureza. O *imprinting* cultural que marca os humanos desde o nascimento, sendo o primeiro o selo da cultura familiar e a normalização que o leva ao conformismo. Outro aspecto é a noologia/possessão em que a sociedade domestica os indivíduos por meio dos mitos e ideias. Deve-se aprender a lidar com o inesperado e a incerteza do conhecimento.

Os princípios do conhecimento pertinente, o conhecimento pertinente precisa de quatro elementos para existir: o contexto, o global, o multidimensional e o complexo. As informações não devem ser isoladas, necessitam estar dentro do contexto. O global é mais que o contexto, é a relação entre o todo e as partes. Enquanto o multidimensional considera as unidades complexas, por exemplo, a sociedade comporta as dimensões histórica, sociológica, econômica, religiosa etc. O complexo é a união entre a unidade e a multiplicidade.

Ensinar a condição humana. É necessário situar o ser humano no universo, para conhecê-lo e entender o humano como um ser complexo, dotado de multidimensionalidade, tais como seres naturais, políticos, morais, físicos, biológicos, culturais etc. O ser humano é proveniente do cosmo físico (enraizamento), mas culturalmente transcende, criando mecanismos de superação das limitações (desenraizamento). Cabe à Educação gerar um autoconhecimento de quem somos, onde estamos, de onde viemos e para onde vamos. Isto, através da união de tudo que se aprende, para levar a compreensão do ser humano gerando consciência. O ser humano traz em si, de modo bipolarizado, características antagônicas: *sapiens/demens* (sábio/louco), *faber/ludens* (trabalhador/lúdico), *empiricus/imaginarius* (empírico/imaginário), *economicus/consumans* (econômico/consumista) e *prosaicus/poeticus* (prosaico/ poético).

Ensinar a identidade terrena, o mundo está cada vez mais dividido, porém é necessário entender que todos são moradores do mesmo planeta, portanto partilham um destino comum. É necessário entender que somos cidadãos do mundo, e ao mesmo tempo, do lugar em que vivemos, sentir-se pertencente ao planeta, aprender a viver e a estar neste planeta, sentir-se único e ao mesmo tempo múltiplo nas diversidades mediante o pensamento polissêmico (universal). A esperança da reforma do pensamento encontra-se na Educação, pois esta é capaz de causar rupturas de fronteiras em direção ao novo, de forma que abranja as capacidades humanas, privilegiando a uma tomada de consciência em relação a sua cidadania terrestre.

Enfrentar as incertezas, no século XX descobriu-se a imprevisibilidade do futuro. Portanto, a educação do futuro deve preparar o ser humano a lidar com as incertezas ligadas ao conhecimento, pois toda ação compreende três princípios: risco/precaução, fins/meios e

ação/contexto. As ideias e teorias podem trazer um conceito errôneo da realidade. “Tudo que comporta oportunidade comporta risco, e o pensamento deve reconhecer as oportunidades de risco como os riscos das oportunidades” (Morin, 2000, p.91).

Ensinar a compreensão. O planeta precisa urgente de mais compreensão, e a comunicação com empatia é o meio de compreender o ser humano como um sujeito, e não como um objeto. A educação do futuro tem como tarefa a reforma planetária das mentalidades para o desenvolvimento da compreensão. Morin coloca como exemplo, que para entender o choro de uma criança não é necessário analisar a salinidade de suas lágrimas, mas sim exercer a empatia de buscar em si as aflições infantis que viveu, e compreender, a partir da perspectiva de se colocar no lugar do outro. Na educação necessita-se de mais compreensão entre as áreas do conhecimento, para que dialoguem umas com as outras.

A ética do gênero humano. O homem é composto pela tríade: indivíduo/sociedade/espécie. A partir dessa união é que se a forma consciência humana e dessa relação emerge a cultura. Morin vê na antropoética a esperança do desenvolvimento de uma cidadania planetária, através da solidariedade, compreensão, humanização da humanidade, democracia e ao “respeitar no outro, ao mesmo tempo, a diferença e a identidade quanto a si mesmo” (Morin, 2000, p.106).

Os sete saberes estão organizados no livro por capítulo, no entanto, durante a leitura percebe-se que estes se entrelaçam em seus significados, estando permeado em cada um a presença dos outros saberes. Esse entrelaçamento torna-se essencial no diálogo com outras áreas, tais como a Modelagem Matemática, foco de abordagem nesta pesquisa. Levy e Espírito Santo (2010) defendem que a teoria filosófica da complexidade apresenta um novo paradigma que está sintonizado com o ensino aprendizagem, via Modelagem Matemática, pois essa abordagem convida:

[...] 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 matemática é intrínseca ao ser humano, portanto, todos os povos a utilizam ou constroem. Ela pode assumir um caráter formal ou espontâneo, sendo o primeiro mais sistematizado e o segundo mais ligada ao cotidiano, sensível às particularidades do mundo (LEVY, 2018). Dessa assertiva, a preocupação é o diálogo com ideias e conceitos que

potencializem a discussão sobre Modelagem Matemática com perspectiva na educação do futuro.

Nessa perspectiva é que se conjuga a Modelagem Matemática e os saberes da complexidade ancorados na base epistemológica da teoria da complexidade. Da literatura, o trabalho de Levy e Espírito Santo (2011) estabelece relações entre a Modelagem Matemática e os saberes da complexidade, que se encontram sintetizadas no quadro 1.

Quadro 1. Relações entre sete saberes e Modelagem Matemática

Sete saberes	Modelagem Matemática
As cegueiras do conhecimento: erro e ilusão	O processo e o produto da modelagem não são livres de erros devido às influências da subjetividade.
Conhecimento pertinente	As interações cognitivas devem ser consideradas no processo e no produto da modelagem, assim como as associações entre particularidades e totalidades, para que o modelo represente o objeto de estudo o mais próximo possível.
Ensinar a condição humana	A multiplicidade de aspectos da condição humana estará presente, compondo e influenciando alunos e professores, no processo e no produto da modelagem, portanto, é importante que adquiram essa consciência.
A ética do gênero humano	A tríade indivíduo/sociedade/espécie tendo o ser humano como sujeito na Modelagem Matemática impregna o processo e o produto com essas três dimensões.
Enfrentar as incertezas	É importante o modelador considerar que as situações e/ou os objetos de estudo são complexos e permeados de incertezas, portanto deve-se considerar as limitações de representação do seu modelo.
Ensinar a compreensão	A compreensão e a solidariedade devem ser reconhecidas e fomentadas durante o processo de modelagem.
Ensinar a identidade terrena	Durante o processo de modelagem deve-se ter em vista a formação cidadã planetária, considerando o caráter contextualizador da modelagem, que favorece a ideia de que tudo se liga a tudo.

Fonte: Adaptado de Levy e Espírito Santo (2011, p.173-175)

Essas novas relações implicam no abandono do reducionismo, em prol de um conhecimento inclusivo e democrático, que envolva todas as ciências e provoque uma reforma nas mentalidades, no intuito de estabelecer uma transdisciplinaridade capaz de tratar toda a complexidade atual das problemáticas locais e globais. Os sete saberes que Morin considera necessários para a educação do futuro só serão praticados ou refletidos se houver um diálogo entre as diversas áreas do conhecimento. Então, nesta pesquisa os saberes serão analisados nas atividades desenvolvidas por estudantes, a partir de múltiplas temáticas com problemáticas locais e globais ou *glocais*, como cita Morin (2001) em sua obra *A religação dos saberes*.

4.3 Percurso metodológico da pesquisa

Para Chizzotti (2014) a pesquisa científica deve ter critérios explícitos e estruturados com teoria, método e linguagem adequada, que explique os resultados encontrados de forma que estes orientem a natureza ou as atividades humanas.

Para que o conhecimento possa emergir é necessário que haja uma aproximação dentre os posicionamentos teóricos, metodológicos e epistemológicos, pois toda metodologia e referencial teórico escolhidos não são neutros em si, partem de uma episteme, ou seja, de uma visão de mundo (PEREIRA; DIAS; LEMOS, 2017).

A abordagem adotada nesta pesquisa é do tipo qualitativa, que possibilita que a investigação científica ocorra em vários temas, mediante práticas diversificadas e múltiplas até mesmo de forma simultânea, por meio de variadas técnicas de produção de dados e métodos de análise, que dependem da escolha epistemológica e teórica adotada (POUPART et al., 2014).

No livro “O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade”, os organizadores Pena-Vega e Nascimento (2010, p.11) trazem no Prefácio uma frase que sintetiza minhas reflexões sobre o pensar complexo: “um pensamento que ultrapassa fronteiras, aberto à imbricação de modelos que favorecem a mistura de correntes teóricas e conhecimentos de origens diversas”. Discurso que coaduna com a própria concepção epistemológica da teoria da complexidade, constituída das vivências de Edgar Morin por diversas áreas, culturas e ancorada em vários filósofos.

Esta investigação de natureza aplicada e com objetivo descritivo, tem como foco discutir resultados de uma atividade de Modelagem Matemática com múltiplas temáticas e suas relações com os sete saberes da complexidade de Morin (2000).

A base epistemológica está ancorada na teoria da complexidade de Edgar Morin e o método de produção de dados ocorreu mediante pesquisa de campo em ambiente *online*, através de um minicurso na plataforma do *google meet* e revisão bibliográfica.

A revisão bibliográfica esteve presente na pesquisa para fundamentação teórica desta escrita, todavia a própria produção de informações foi pautada em um banco de dados de revisão bibliográfica, realizado por estudantes no projeto *marrecas* compartilhado no *google drive*.

A produção dos dados utilizados neste artigo foi obtida no âmbito do Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão do Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental (LabGEFA), vinculado à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no Campus de Capanema, Pará. Os estudantes participantes são dos cursos de bacharelado em Biologia, Administração e Engenharia Ambiental e Energia Renováveis.

O material foi produzido em dois momentos O primeiro antes da pandemia do covid-19, com os encontros presenciais e as visitas de campo no ambiente onde ocorre a atividade da pesca de marrecas. O segundo momento foi durante a pandemia, por meio de um minicurso ocorrido em ambiente virtual, que reuniu 12 estudantes que participaram da atividade *online*, utilizando *notebooks* e celulares.

Quanto ao primeiro momento o material produzido, que será discutido, refere-se à revisão bibliográfica acerca das marrecas *Dendrocygna Autumnalis*. Os estudantes realizaram uma pesquisa bibliográfica coletiva, buscando publicações científicas nos diretórios de pesquisa acadêmica, com o objetivo de mapear as produções e utilizaram o espaço de armazenamento em rede *Google Drive*, para compartilhar, e posteriormente discutir em grupo o conteúdo das publicações. Desse levantamento bibliográfico foram organizadas 71 publicações nacionais e internacionais, que citavam ou tratavam em específico da marreca *Dendrocygna autumnalis*. Destas 71 somente 8 falavam especificamente sobre a espécie e estas publicações foram realizadas no período de 1991 a 2017, Quadro 2.

Quadro 2. Artigos utilizados do banco de referências do projeto de pesquisa “das Marrecas”

Código	REFERÊNCIA
TB01	PEREIRA, W. L. A. et al. Lesões cutâneas tipo tumorais associadas à infecção por <i>Avipoxvirus</i> em uma marreca-cabocla (<i>Dendrocygna autumnalis</i>). Cien. Anim. Bras. , v. 15, n. 2, p. 234-238, abr./jun. 2014.
TB02	MATTA, N. E. et al. Description and molecular characterization of <i>Haemoproteus macrovacuolatus</i> n. sp. (Haemosporida, Haemoproteidae), a morphologically unique blood parasite of black-bellied whistling duck (<i>Dendrocygna autumnalis</i>) from South America. Revista Parasitologia , v. 113, p. 2991-3000, 2014.
TB03	STOLLEY, D. S.; EDMONDS, S. T.; METEYER, C. U. Mortality of Ducklings of the Black-Bellied Whistling Duck (<i>Dendrocygna autumnalis</i>) During Their Premier Swim in a Hypersaline Lake in South Texas. The Southwestern Naturalist , v. 53, n. 2, p. 230-235, 2008.
TB04	CAMACHO, I.; PIMENTEL, L. M. S. Registros reprodutivos da asa-branca, <i>Dendrocygna autumnalis</i> , no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Atualidades Ornitológicas , v. 169, p. 6-8, 2012.
TB05	EDMONDS, S. T.; STOLLEY, D. S. Population Decline of Ground-Nesting Black-Bellied Whistling Ducks (<i>Dendrocygna autumnalis</i>) on Islands in Southern Texas. The Southwestern Naturalist , v. 53, n. 2, p. 185-189, 2008.
TB06	FEEKES, F. The Black-bellied Whistling Duck in Mexico: from Traditional Use to Sustainable Management? Biological Conservation , v. 56, p. 123-131, 1991.
TB07	AGUIRRE, A. A. et al. Cloacal Flora Isolated from Wild Black-Bellied Whistling Ducks (<i>Dendrocygna autumnalis</i>) in Laguna la Nacha, Mexico. Avian Diseases , v. 36, p. 459-462, 1992.
TB08	RODRIGUES, M. R.; SCHMITZ, H. Conflito Social: O caso da “Pesca de Marrecas” na Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua (PA). Amazônica-Revista de Antropologia , v. 9, n. 1, p. 132-154, 2017.

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Em virtude da pandemia, para dar continuidade à pesquisa foi elaborado um minicurso com carga horária de 20 horas. A série ocorreu em duas semanas, com encontros diários de duas horas via *google meet*, com material disponibilizado na comunidade virtual do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), em parceria com três estudantes participantes do LabGEFA, sobre o uso da ferramenta *Canva design*, com foco na produção de infográficos, para publicar no *feed* de notícias da página do *Facebook* e do *Instagram* do grupo. Isto, no intuito de divulgar e promover o acesso ao conhecimento científico de forma mais inclusiva.

Os dados discutidos foram obtidos mediante revisão bibliográfica, relatórios produzidos pelos grupos, observação participante, realizada em um novo contexto *online* e anotações em diário de campo, para dialogar sobre as relações entre pesca de marrecas, pandemia do covid-19 e equilíbrio ambiental. Os encontros foram gravados em áudio e vídeo para suplementar as possíveis lacunas, que pudessem surgir durante a análise de dados. Os doze estudantes se dividiram em grupos de três, formando quatro grupos, identificados no texto por G1, G2, G3 e G4. Em respeito ao anonimato na pesquisa, na qual os participantes concordaram, mediante a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido aprovado no comitê de ética humana.

Para traçar um paralelo entre os temas marrecas, covid-19 e equilíbrio ambiental, foram adotados os artigos do Quadro 3, para provocar discussões e reflexões no grupo. Os infográficos produzidos seguiram a seguinte distribuição: G1 (TB01, TB02), G2 (TB03, TB04), G3 (TB05, TB06) e G4 (TB07, TB08). E dos artigos e reportagem TB09, TB10 e TB11 foram produzidos infográficos por todos os grupos.

Quadro 3. Artigos e reportagens para produção de temas relacionados a pandemia e questões ambientais.

Código	REFERÊNCIA
TB09	Satélite revela aumento de 34% na taxa de derrubada da floresta amazônica nos últimos 12 meses. Folha do Bico, 2020. Disponível em: < https://www.folhadobico.com.br/satelite-revela-aumento-de-34-na-taxa-de-derrubada-da-floresta-amazonica-nos-ultimos-12-meses/ >. Acesso em: 24 ago. 2020.
TB10	PEREIRA, M. J. R.; BERNARD, E.; AGUIAR, L. M. S. Bats and COVID-19: villains or victma?. Biota neotropica , v. 20, n. 3, 2020.
TB11	BARBOSA, C. M. et al. Divergent coronaviruses detected in wild birds in Brazil, including a central park in São Paulo. Brazilian Journal of Microbiology , v. 50, n. 2, p. 547-556, 2019.

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Os infográficos produzidos são representações subjetivas das bibliografias, portanto são modelos que refletem uma realidade, obtidos por um processo de Modelagem que ocorreu por meio de pesquisa bibliográfica. No caso, a realidade são as informações contidas em cada referência. Nos modelos a presença da matemática ocorreu em alguns momentos de forma implícita e em outros de forma explícita. No que se refere aos infográficos neste texto, serão utilizadas as palavras infográficos, modelos e produtos no mesmo sentido para variar o uso das palavras e não se tornar repetitivo.

Nesse processo de Modelagem assume-se uma Modelagem Matemática em uma perspectiva transdisciplinar que vai além da representação clássica da Matemática por símbolos numéricos e instiga a um olhar crítico por meio de um convite libertário da criatividade, mediante uma perspectiva transfronteiriça que seja capaz de romper com as estruturas limitantes do pensar cartesiano e se abra a um pensamento complexo no processo de ensino e aprendizagem, focada na reforma do pensamento. Uma Modelagem com responsabilidade

social comprometida com a nova educação do século XXI, visto que o pensar fragmentado torna-se insuficiente diante das problemáticas que se apresentam nesse novo contexto planetário.

Após a produção e/ou coleta dos dados foi a fase de organização e seleção do material. Para nortear o trabalho optou-se por descrever todo o processo vivenciado por meio da observação participante, utilizando-se das literaturas adotadas no minicurso, seguindo de acordo com os momentos, considerando a sequência do primeiro dia ao décimo dia de atividades. Em seguida, o passo foi a leitura exaustiva dos relatórios, fazendo marcações de cada ação e o momento ocorrido para incluir no texto descrito os excertos selecionados, produzidos pelos grupos.

A análise dos dados seguiu os mesmos passos de Santos, Braga e Espírito Santo (2020), que buscou inspiração nas etapas de Bardin (2016), porém adaptou a análise as concepções da teoria da complexidade, no que se refere ao critério de exclusão, em que na proposta original cada saber seria uma categoria. No entanto, como se busca uma religação de saberes nessa abordagem multitemática, entende-se que em cada ação podem estar presentes vários saberes simultaneamente.

Os dados apresentados no próximo tópico foram discutidos e analisados por meio das relações apresentadas no Quadro 1 de Levy e Espírito Santo (2011). Adicionadas à discussão, estiveram presentes e consultadas a todo instante as literaturas de Morin (2000; 2001; 2020), e as demais referências de Modelagem Matemática e da Educação Matemática.

4.4 Análise e discussão dos resultados

Durante a análise das informações notou-se que os saberes estão presentes dentro de cada ciclo em vários momentos, a fim de evitar repetição no texto, optou-se por atribuir o código ER que significa Excerto do Relatório, acompanhado de uma numeração, em seguida a identificação referente ao grupo que produziu. Acredita-se que desta forma a leitura e a compreensão das relações será mais fluida para o leitor.

Nesta pesquisa realizou-se uma investigação multitemática, que envolveu a abordagem de vários temas e foi explorada a conexão entre estes, na busca pela religação de saberes. Os resultados foram discutidos a partir das relações estabelecidas por Levy e Espírito Santo (2011) entre Modelagem Matemática e os sete saberes da complexidade de Morin (2000), apresentadas no Quadro 1, com o suporte de outras literaturas acerca da teoria da complexidade de Edgar Morin.

A perspectiva de Modelagem escolhida para este artigo é a mesma adotada por Santos, Braga e Espírito Santo (2020), que assumiram uma Modelagem livre, sem delimitações *a priori*, no intuito de promover uma articulação com outras áreas. Alinha-se ao pensamento complexo de Edgar Morin, amparado na religação de saberes, para alcançar uma representação mais próxima da realidade, tendo uma Modelagem que “assume a característica de um ‘tear’ (máquina de tecer fios) no sentido de juntar unidades na construção de um todo para o fortalecimento de uma conscientização ambiental” (SANTOS; BRAGA; ESPÍRITO SANTO 2020, p.254).

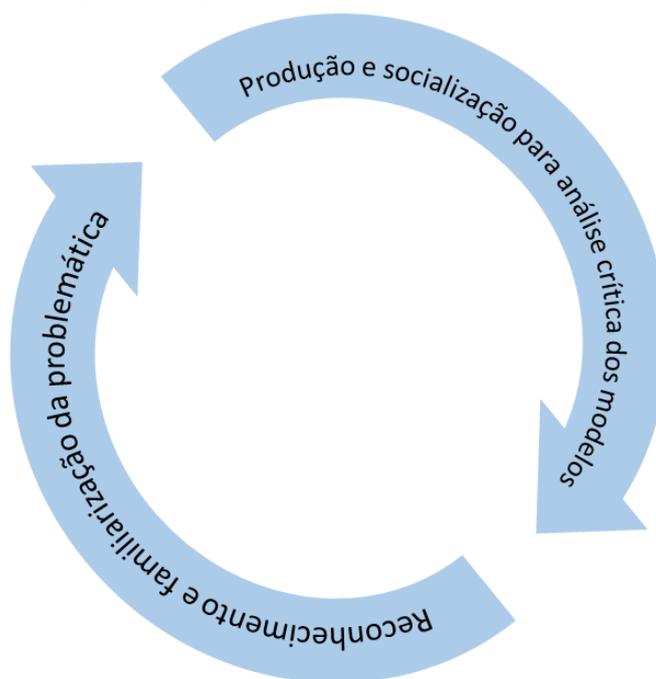
Nesta pesquisa assumo que esse fortalecimento vai além da questão ambiental, sendo uma Modelagem das problemáticas dos seres planetários, modelando o contexto local e o global em suas interconexões.

Para modelar uma problemática, Bassanezi (2012) apresenta uma metodologia de organização e produção do modelo, orientada por etapas, contendo os seguintes passos: escolha do tema, coleta dos dados, análise dos dados e formulação dos modelos e validação.

Inspirada na organização de Modelagem Matemática de Bassanezi (2012), os resultados desta investigação inicialmente foram pensados em uma discussão por etapas. No entanto, toda pesquisa tem suas peculiaridades, ou seja, movimenta-se de forma singular, e para que novas descobertas ocorram, o pesquisador não deve cercear a liberdade desse movimento, deixando que as relações sejam construídas e reconstruídas livremente.

A metodologia que melhor representa e define os resultados encontrados nesta investigação constitui-se por dois momentos. O primeiro trata-se do reconhecimento e familiarização da problemática, e o segundo com a produção e socialização dos infográficos, para análise crítica dos modelos e seus resultados. A esses momentos chamarei de ciclo, pois os fatos ocorridos na atividade partem de um ponto inicial e chegam ao final que é o modelo. Contudo, essa organização pode constituir-se de várias formas tendo um caráter recorrente, pois a cada vez que o infográfico é revisitado um novo modelo pode surgir.

Figura 01. Representação do ciclo de Modelagem Matemática



Fonte: autora, 2021.

No caso desta pesquisa, a **escolha do tema** envolveu a interação sobre os vários assuntos para reconhecimento da problemática e familiarização no uso da ferramenta Canva Design, informações sobre os direitos autorais e requisitos necessários para a criação de um infográfico. A **coleta de dados** aconteceu quando os estudantes selecionaram conteúdo das publicações para dispor nos infográficos. Na **análise dos dados** ocorreu a organização das informações e a formulação do modelo que nesta abordagem será denominada de produção do modelo. A **validação** foi o momento da socialização do infográfico no grupo, para verificar se era aceitável e não levaria o leitor a uma interpretação equivocada da informação. A coleta, a análise e a validação serão tratadas como uma única etapa, porque ao realizar as leituras dos relatórios percebeu-se que ocorreu de forma indissociada.

4.4.1 1º ciclo: Reconhecimento e familiarização da problemática

O reconhecimento e familiarização dos participantes com a temática abordada iniciou na semana que antecedeu o minicurso, quando foi compartilhado o artigo intitulado “Zoonoses x mutações: qual a relação com as questões ambientais?”, de Amaral (2020), publicado na Revista Brasileira de Educação Ambiental na edição especial Educação Ambiental e covid-19.

Esta publicação despertou interesse por trazer questionamentos voltados para a afirmação que “o equilíbrio ambiental é mola propulsora para a vida em sociedade” (AMARAL, 2020, p.311). Assim como também para os resultados de um questionário aplicado com alunos

do terceiro ano do Ensino Médio, para verificar a relação dentre zoonose, mutações e os desequilíbrios ambientais.

Amaral (2020) trata de forma didática conceitos sobre mutação – altera a sequência de nucleotídeos, recombinação gênica –, troca de trechos da molécula de DNA (Ácido Desoxirribonucleico) e pressão seletiva – retirada de animais exóticos ou selvagens de seus *habitats*, cuja compreensão é necessária para as leituras que foram indicadas no decorrer do minicurso.

As conclusões do artigo citado no parágrafo anterior mostram que ao estabelecer essa ligação fica explícita a degradação do meio ambiente, a perda de *habitats*, a caça predatória, a domesticação e o consumo de animais selvagens. Fatos estes que coadunam com o conflito socioambiental da pesca de marrecas e a pandemia do novo Coronavírus. Esses aprendizados permearam os relatórios dos participantes, destaca-se o excerto do grupo G3.

Desde o início da atual pandemia ocasionada pela COVID-19, percebe-se o questionamento sobre o surgimento desse novo vírus, oriundo da mutação em animais, onde houve discussões acerca de sua transmissão, através da alimentação humana. Estabelecer a relação que existe entre patógenos, animais exóticos e degradação ambiental torna-se primordial diante da situação vivenciada. (ER1-G3)

Durante a apresentação do artigo foi aplicada uma atividade usando o *Word Wall*, que é uma plataforma digital gratuita, que permite a criação de jogos de palavras, criação de *quizzes*, palavras cruzadas e muitas outras atividades. Os estudantes foram desafiados a encontrar a descrição correta de cada conceito – zoonose, mutação, recombinação gênica e pressão seletiva por meio de uma associação de palavras-conceito.

O aplicativo gerou um ranking, cuja colocação se deu pelo número de acertos e o menor tempo, o que causou um momento de competição, que foi importante (conforme pôde ser observado no excerto extraído ER2-G2) em um encontro *online*, para que houvesse uma maior interação entre os participantes. O objetivo foi exercitar o aprendizado obtido mediante a leitura do texto, visto que estes conceitos são necessários para o entendimento de outras leituras.

[...] as apresentações utilizaram ferramentas educacionais para facilitar a compreensão das temáticas abordadas, como o *Word Wall*, que foi utilizado para a realização de um jogo a respeito do artigo de Amaral (2020), que estava sendo trabalhado. (ER2-G2)

Para traçar o paralelo entre o que o grupo estava pesquisando antes da pandemia e as questões que vieram à tona durante a pandemia, foram resgatadas informações coletadas na revisão bibliográfica e nas visitas de campo, ocorridas no projeto *Pesca de Marrecas*, e as reportagens e publicações em periódicos científicos sobre a pandemia, desmatamento, Coronavírus em aves migratórias e *fake news*.

Houve um diálogo com os participantes sobre a reportagem de Agrela (2020), que informa que para os cientistas a Amazônia é um reservatório de pandemias, e da forma que o ser humano se relaciona com a natureza uma nova pandemia é praticamente inevitável nos próximos anos. Isto porque o desequilíbrio ambiental aumenta o risco de vírus saltarem de espécies. O diálogo teve continuidade com a reportagem do jornal digital Folha do bico (2020), que organizou e apresentou dados extraídos do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que informa que os satélites revelaram um aumento de 34% de desmatamento nos últimos doze meses (2019-2020).

D'Ambrosio (2018), de forma muito enfática faz observações aos educadores matemáticos quanto à responsabilidade diante de questões urgentes como sustentabilidade, alterações climáticas e de pandemias, visto que a missão dos educadores deve ser de preparar as gerações para um futuro que vá além da justiça social e dignidade, pois existe uma ameaça real de colapso social e da própria sobrevivência da espécie.

Ademais, Pena-Vega (2005) discorre em sua obra *O despertar ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa*, que os custos ecológicos implicarão em custos sociais para as futuras gerações. Todavia, “a degradação do ecossistema afeta mais fortemente as condições de vida dos menos favorecidos” (PENA-VEGA, 2005, p.44).

No saber *ensinar a identidade terrena*, Morin (2000) afirma que todos partilham de um destino comum, por serem moradores do mesmo planeta, o que de fato ocorre, porém os desastres são sentidos por cada indivíduo de formas diferentes. Enquanto não se chega ao destino é explícito, a exemplo da pandemia do covid-19, que a crise afeta cada pessoa de forma diferente no acesso a hospitais, medicamentos e até mesmo possibilidade de realizar o isolamento social, orientado pelos órgãos de saúde.

Ainda na construção desse paralelo foi apresentado o artigo de Barbosa et al. (2019), que detectaram dois tipos de coronavírus em aves migratórias no Brasil, em uma coleta realizada no período de 2006 a 2013. Ressalta-se que os coronavírus encontrados são tipos diferentes do causador da pandemia do covid-19. Outro artigo selecionado para este momento, “morcegos e covid-19: vilões ou vítimas?” traz a polêmica ocorrida no início da pandemia, a busca por um culpado e a consequência disto para os morcegos e o equilíbrio ecológico.

Das referências do Quadro 3 foram elaborados os infográficos das Figuras 9, 10 e 11, respectivamente, cujo conteúdo foi abordado no primeiro e segundo ciclo. Porém, a fim de evitar um texto repetitivo nesta escrita, o conteúdo será detalhado no segundo ciclo, com os infográficos gerados.

Por meio do artigo de Pereira, Bernard e Aguiar (2020) sobre morcegos e o covid-19 foi possível seguir para o próximo foco da apresentação, as *fake news*. Para tratar deste tema as publicações de Souza (2020) intitulada de “A disseminação de fake news no caso do coronavírus (covid-19): uma análise discursiva” e o artigo de Dantas e Maia (2020) “Divulgação científica no combate às fake news em tempos de covid-19” puderam esclarecer aos participantes, que comunicação científica é compartilhar resultados dentro do próprio meio acadêmico, e divulgação científica é levar esse conhecimento para todos.

Nesse delineamento o ponto de chegada foi o assunto sobre mídias sociais. O gráfico da Figura 2, obtido na reportagem do jornal digital Poder 360 (*online*), intitulada “Pela 1ª vez, rede social é mais citada que TV como fonte de notícia no Brasil” mostra a evolução das redes sociais, como fonte de informação entre os anos de 2013 e 2020.

Estes dados foram extraídos do relatório *Reuters Digital News Report*, da agência de notícias britânica *Reuters*. A reportagem também traz informações em gráfico de quais as mídias sociais que são as mais utilizadas, Figura 3. No entanto, o foco neste trabalho é o *facebook* e o *instagram*, por tratar-se das redes sociais em que o grupo LabGEFA tem cadastro ativo.

Figura 2. Evolução das redes sociais entre 2013 e 2020 como fonte de informação



Figura 3. Mídias sociais mais utilizadas



Fonte: Poder 360, *online*.

Outro ponto de destaque nesta reportagem é a informação obtida por meio de um ranking dos 10 países mais preocupados com *fake News*, em que o Brasil aparece em 1º lugar, onde 84% dos entrevistados afirmaram alta preocupação com notícias falsas. Neste aspecto Morin (2000, p.20) considera no *saber as cegueiras do conhecimento* que “a teoria da informação mostra que existe o risco do erro sob o efeito de perturbações aleatórias ou de ruídos (*noise*), em qualquer transmissão de informação, em qualquer comunicação de mensagem”. O excerto

do Grupo G3 mostra que estes compreenderam o momento disposto até aqui, sobre a necessidade de se trabalhar uma comunicação virtual socialmente responsável.

Com base no presente momento pandêmico pelo qual a sociedade perpassa, é de suma importância as diversas áreas de atuação, ferramentas e metodologias, que priorizem o fazer, e auxiliem o indivíduo a se comunicar virtualmente, de forma consciente, racional e completamente aceitas e úteis atualmente. (ER3-G1)

Uma comunicação responsável ocorre especialmente quando há conhecimento sobre direitos e deveres. Por isso, durante o minicurso foi realizada uma abordagem breve sobre direitos autorais, visto que na produção dos infográficos seriam utilizados conteúdos já publicados de outros autores, que têm direito moral sobre suas obras. Por conseguinte, é necessário que haja prudência na seleção e uso de imagens, textos e áudios. Para Morin (2000, p.108) no *saber a ética do gênero humano* “[...] é preciso proteger a diversidade de ideias e opiniões, bem como a diversidade de fontes de informação e de meios de informação (impressa e mídia), para salvaguardar a vida democrática”.

Neste percurso houve um diálogo sobre o uso de materiais disponibilizados em alguns sites, que podem ser utilizados livremente, pois são de domínio público, para tratar do próximo assunto, a infografia. Sobre infografia foram abordados os seguintes tópicos: o que é a infografia, histórico, por que fazer um infográfico, processo de produção, tipos de infográficos, a importância de trabalhar infográficos na educação.

O conceito apresentado aos participantes diz que a “infografia é a arte de tornar claro tudo aquilo que é complexo” (MORAES, 2013, p.16), por meio de uma combinação complementar de linguagem verbal e não verbal, primando pela credibilidade das informações, com um texto objetivo e com correção ortogramatical, subdividido em itens simples e didático.

Rozal, Espírito Santo e Chaves (2015) recorreram ao uso de linguagem verbal e não verbal com imagens matemáticas, para analisar as percepções, interpretações e observações de um grupo de estudantes da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Ao explorar o aspecto visual os discentes foram despertados para além das questões matemáticas, fazendo associações com outras disciplinas e situações do cotidiano. Esta prática dá um indicativo de que utilizar a infografia em processos de Modelagem Matemática explorando imagens, gráficos e textos, tornam os dados mais acessíveis e abrem novas possibilidades no desenvolvimento processo de ensino e aprendizagem transdisciplinar.

Ao final da apresentação sobre infografia (gênero de informação jornalística) foi compartilhado com o grupo o vídeo de uma *live* disponibilizada no *YouTube*, no canal Educa Mídia, sobre como usar dados e infografia a favor da aprendizagem.

Ochs e Lima (2020) destacam a importância de contar histórias com dados, pois a cada dia as informações recebidas são mais visuais, dado que nessa pandemia muitas notícias que chegaram até as pessoas foram por meio de tabelas, gráficos, mapas, tanto estáticos como interativos, portanto diante desta realidade é necessário um novo tipo de letramento para decodificar as informações, por isso é necessário preparar os alunos para visualizar e produzir infografia de maneira crítica e assertiva, de forma que eles interroguem a informação e não apenas consumam conteúdo.

É importante humanizar os números, por exemplo, o número de mortes na pandemia, dependendo da forma que for tratado vira uma abstração, por isso é preciso humanizar os números, e tornar as informações acessíveis para engajar as pessoas e nesta perspectiva o infográfico tem um papel social de contar histórias, ou seja, oferecer contexto que gere empatia e são as falhas na representação do conteúdo, a exemplo de gráficos que enganam e manipulam a informação, que alimentam as *fake news* (OCHS; LIMA, 2020).

No sentido de humanizar os números Weyne (2010, p.93) defende uma nova matemática pautada na religação e integração de conhecimentos voltada para a cidadania, com “uma visão mais pluralista, democrática e humanística”, dada a revolução que ocorre na mídia, que provoca mudanças na forma de socializar e de aprender.

Essas mudanças demandam um constante desafio aos modelos matemáticos, que são representações simplificadas de uma determinada visão da realidade. Nesse processo, os infográficos assumidos nessa investigação como modelos matemáticos, obtidos mediante processo de Modelagem Matemática são apresentados como um convite para pensar em uma Modelagem inovadora que rompa com o pensar clássico, alinhada a esse novo mundo digital que consiga dialogar com a complexidade existente nas problemáticas do mundo contemporâneo.

Ressalta-se que as tecnologias digitais e a infografia estão permeadas do pensar matemático e de sua simbologia, porém os indivíduos dessa nova geração experimentam e vivem a matemática de diferentes formas, tais como, no processo de escolha de uma cor na paleta de cores do *Canva design* para produção de *post* e *story* para as redes sociais; no uso da localização geográfica nos aparelhos celulares ao utilizar aplicativos de *delivery*. Portanto, o convite que Edgar Morin faz no que tange a reforma do pensamento não poderia ser tão plausível ao atual momento e nesse pensar convida-se ao leitor refinar sua mente e enxergar os infográficos desta pesquisa como modelos matemáticos, obtidos por um processo de Modelagem.

Para gerar o modelo desta pesquisa, os infográficos, adotou-se o processo de produção de um infográfico proposto por Carvalho e Aragão (2012), que em síntese aborda os seguintes pontos: propósito (Qual objetivo do infográfico? O que deseja transmitir ao leitor?), conteúdo informacional (quais informações são necessárias para realizar o objetivo?), recursos (avaliação de tempo para produzir, mídia, cores etc.), meios de produção (como será desenvolvido? Ilustração? Fotografia? *Softwares*?), usuários (para quem é destinado o infográfico?) e circunstâncias de uso (em qual mídia será vista, e como será vista a publicação?).

A etapa de produção do material passou pelo aprendizado do uso da ferramenta *Canva Design* sobre todos os seus recursos, porém diante do isolamento social a seleção do conteúdo das publicações feita por cada grupo para organizar no infográfico ocorreu por meio do recurso de compartilhamento *online*. Excerto do relatório de G2.

E ainda, explicou-se as várias funcionalidades disponíveis na área de edição do site que possibilitam a personalização do *template* escolhido, assim como o seu compartilhamento em diferentes plataformas ou com amigos que estejam ajudando na produção do design. (ER4-G2)

O ano de 2020 teve como marco no processo de ensino a aprendizagem escolar e universitária, que por um determinado período foi viabilizado exclusivamente por meio das tecnologias digitais. O desafio dos educadores consistiu em adaptar suas metodologias para um novo formato de trabalho. No excerto ER5-G2 observa-se que os estudantes, durante a atividade na plataforma, encontraram uma forma de desenvolver o trabalho de maneira colaborativa. A este fato nota-se que os “indivíduos imbuídos de suas subjetividades e auxiliados pelas tecnologias digitais, se interligam na construção mútua de conhecimento, ensejando novas configurações e experiências na aprendizagem de algo” (MENEZES, BRAGA, ESPÍRITO SANTO, 2019, p.149).

Destaca-se que neste primeiro ciclo os *saberes o conhecimento pertinente e ensinar a identidade terrena* percorreram toda a fase de reconhecimento e familiarização da problemática. As relações apresentadas no Quadro 1 sugerem que na modelagem *o conhecimento pertinente* deve considerar as associações entre particularidades e totalidades, para que o modelo gerado seja o mais próximo possível do objeto estudado.

Considera-se que os quatro elementos que este *saber* precisa para poder existir, nesta atividade está posto da seguinte forma: o contexto inicial, a pesquisa que envolve as marrecas; o global, a pandemia do covid-19; o multidimensional, a discussão do equilíbrio ambiental, que envolve múltiplas variáveis; e o complexo, a busca pela religação de *saberes*, por meio dos

artigos e reportagem sobre desmatamento, coronavírus em aves silvestres, redes sociais e *fake News*, ao mostrar que tudo se liga a tudo, *saber a identidade terrena*.

No próximo tópico aborda-se o segundo ciclo, que consiste na produção, socialização dos infográficos e análise crítica. Ao fomentar o trabalho em grupo abre-se espaço para o exercício da compreensão e da solidariedade intelectual. O *saber ensinar a compreensão* percorreu toda a investigação, em especial no segundo ciclo, é percebido com mais ênfase durante o processo de modelagem, que gerou os modelos e na socialização com a contribuição dos participantes em todos os infográficos, para a melhoria do material, a fim de evitar equívocos na compreensão dos conteúdos.

4.4.2 2º ciclo: Produção e socialização para análise crítica dos modelos e seus resultados

A etapa de produção ocorreu remotamente, por meio do recurso de compartilhamento disponível na própria ferramenta *Canva Design*, que possibilita que grupos de até dez pessoas trabalhem simultaneamente. Foi o momento que os estudantes leram os artigos e selecionaram as informações, que seriam colocadas no infográfico. Isto, tendo como critério na organização, a escolha das cores, alinhamento do texto, formas, entre outros. A definição de infografia e os requisitos essenciais no processo de criação foram norteadores durante o processo de busca por informações, nos artigos e na organização do conteúdo mais relevante para representação no modelo.

[...] cada trio iniciou a leitura minuciosa dos dois artigos, no qual ficaram responsáveis, para que desta maneira selecionassem apenas os pontos mais relevantes de cada artigo, e fosse possível montar um infográfico, que transmitisse de forma simples o que aquela pesquisa estava expondo. Visto que os artigos científicos possuem, em sua grande maioria, uma escrita rebuscada, o que dificulta a compreensão por parte das pessoas que não são da área. (ER5-G2)

Para a obtenção das informações sobre os artigos foi realizada uma tradução livre, visto que os mesmos estavam escritos no idioma inglês. Cada integrante do grupo realizou leituras com foco nos principais pontos das pesquisas, como: a motivação, o objetivo e os resultados. Após as identificações dessas questões, foi realizada uma reunião *online* do grupo, utilizando a ferramenta *Google meet*, para discutir as percepções de cada um em relação a cada artigo. (ER6-G3)

Com o modelo pronto foi o momento de socializar com todos os participantes do minicurso, para verificar se o infográfico era aceitável, e não levaria o leitor a uma interpretação equivocada da informação. O modelo é uma representação simplificada de uma totalidade, do que consta no conteúdo de cada artigo. Na modelagem “as ideias e teorias não refletem, mas traduzem a realidade, que podem traduzir de maneira errônea. Nossa realidade não é outra senão

nossa ideia de realidade”; entender a limitação da representação do modelo é convidar os modeladores a *enfrentar as incertezas*. (MORIN, 2000, p.85).

No estudo de fenômenos complexos é necessário criar vários modelos em que “tudo comunica com tudo” (MORIN, 2001, p.235), por meio das diversas maneiras que os elementos interagem durante as múltiplas trocas de informações. Neste processo “a criatividade sempre surge onde não é esperada, da união de disciplinas e de pontos de vista diversos” (WEYNE, 2010, p.99). É nesse dinamismo que ocorre o diálogo e a rearticulação de saberes.

Os estudantes optaram por apresentar os artigos selecionados do banco de dados do projeto *marrecas* em *slides* e, posteriormente, mostrar os infográficos. Notou-se que essa escolha proporcionou uma segurança e uma apropriação no conteúdo do material muito maior do que ocorria nos encontros presenciais, que se utilizava somente apresentação em *slides*. Desta forma as reflexões e discussões fluíram naturalmente sem o sentimento de obrigação de discutir o assunto.

No último encontro da semana cada trio trouxe os infográficos finalizados, após os ajustes feitos, a partir das contribuições dos colegas e os *posts*, *stories* e animações produzidos, conforme os materiais TB09, TB10 e TB11 discutidos na primeira semana. Como produção final, cada trio elaborou um relatório, contendo atividades desenvolvidas no projeto *marrecas* e no minicurso.

Perroni (2015) em sua pesquisa sobre infografia, *A arte de informar*, desenvolveu uma atividade de produção de infográficos no *software GeoGebra*, com alunos do oitavo ano contextualizando conteúdos de matemática, de assuntos do cotidiano, para que percebessem a importância da informação visual, porque são excelentes para descrever processos.

Nesta pesquisa, as atividades desenvolvidas com estudantes do ensino superior, na produção dos infográficos, não tiveram como foco trabalhar conteúdos de matemática, específico de uma determinada ementa disciplinar, tendo em vista o caráter transdisciplinar da teoria adotada e a essência do projeto. Contudo, a Matemática se fez presente durante o processo, como consequência da proposta de atividade de Modelagem Matemática, das mais diversas formas, como visto na sequência.

4.4.2.1 Modelos produzidos pelo grupo G1

O infográfico da Figura 4A foi produzido pelo grupo G1, a partir da leitura do artigo de Pereira et al. (2014), que discorre sobre lesões cutâneas do tipo tumorais, associadas à varíola aviária, infecção causada pelo vírus do gênero *Avipoxvirus* (AVP) encontrado em uma marreca

cabocla (*Dendrocygna autumnalis*), em Belém no estado do Pará. É uma doença altamente contagiosa, sendo obrigatória a notificação à Organização Mundial de Saúde Animal (OIE).

Na apresentação os estudantes trouxeram informações acerca do tamanho dos nódulos encontrados, considerados pelos autores como “grandes”, cujas medidas de comprimento e largura foram: nódulo1: 4,2x3,8cm e nódulo2: 2,8x2,2cm, respectivamente. Destaca-se que nesse momento houve uma discussão, correlacionando as medidas tumorais ao tamanho de comprimento médio da ave, que é de 50cm, realizando um exercício matemático de comparação entre duas grandezas. Na Matemática, medir é comparar grandezas e estas necessitam estar na mesma unidade de medida, que neste caso é o centímetro.

No conteúdo selecionado para o infográfico notou-se que estes grupos priorizaram textos e desenhos, fato que ocorreu em todos os conjuntos. Tal escolha alinha-se ao pensar complexo, *ensinar a condição humana*, que ressalta a dualidade do ser humano, *empiricus* (empírico) e *imaginarius* (imaginário), ao apresentar de maneira simples dados complexos, recorrendo às artes em um processo de aprendizagem denominado de comunicação (MORIN, 2000; 2001).

O título, Figura 4A trouxe um questionamento, com objetivo de chamar a atenção do leitor e as informações selecionadas, todas em formas de questionamentos, buscaram informar que aves domésticas e silvestres podem ser afetadas e os mosquitos e ácaros podem ser vetores de transmissão. Mas também podem ser infectados por meio da ingestão de alimentos e água contaminada, tendo como sintomas lesões cutâneas ou diftéricas (ocorrem no trato respiratório ou digestivo). O grupo G1 destaca em seu relatório a importância desse processo de criação de infográficos, para proporcionar a interação entre sociedade e conteúdo científico. Além disso, outro destaque é quanto aos nomes populares da ave que apresentaram:

Esse processo pode proporcionar uma interação entre a sociedade e a informação científica [...] Um estudo científico realizado por Pereira (2014) sobre o contágio de varíola em patos silvestres (*Dendrocygna Aumntunalis*), comumente conhecidas em nossa região como “marreca”, e em algumas regiões do Brasil como pato-assobio-do-peito-preto ou marreca-cabocla. (ER7-G1)

A Figura 4B mostra o conteúdo do segundo artigo, que o grupo G1 organizou. No excerto a seguir, extraído do relatório do grupo G2, sintetiza o que compreenderam da apresentação sobre o segundo artigo:

A [...] apresentação explicou os artigos de Matta et al. (2014) que forneceram a descrição morfológica e a caracterização molecular de uma nova espécie de *Haemoproteus spp.* no sangue de patos-assobiadores de barriga preta e ainda discutiu a sua relação com outros *Haemoproteus* com base em filogenias moleculares. (ER8-G2)

Na apresentação foi relatada a realização de uma amostragem na Colômbia, com 33 aves, e destas 14 (42%) foram positivas para *Haemoproteus spp.* O artigo foi considerado por todos de difícil compreensão, por trazer muitos termos técnicos e em outro idioma, a língua inglesa. No entanto, o grupo buscou informações além das contidas no artigo para se preparar para a apresentação.

Na primeira versão do infográfico havia um mapa da América do Sul e a porcentagem de 42% foi colocada em cima do polígono, que representava a Colômbia. No entanto, foram questionados pelos outros participantes, quanto ao objetivo de tornar o conteúdo acessível e a clareza das informações, considerando que nem todo público teria compreensão que a ideia de colocar o valor percentual na área que representa o país não estava com uma linguagem acessível a todos, podendo deixar dúvidas e interpretações errôneas.

Figura 4. A, B - Infográficos banco de referências do projeto marrecas, Grupo 1



Fonte: LABGEFA, 2020.

Para o conteúdo do modelo o foco foi informar que foram encontradas 33 aves infectadas, outras aves também podem ser infectadas e o comportamento de viver em bandos contribui para o aumento da transmissão de hemoparasitas. Dois gêneros de moscas e várias espécies de mosquitos picadores podem causar a doença. Ainda sobre a distribuição da espécie sua presença é bastante relatada em áreas úmidas.

O grupo G1, formado por um estudante do curso de Bacharelado em Biologia e dois do curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, vivenciou no processo de elaboração

às *cegueiras do conhecimento: erro e ilusão* e aprendeu a *enfrentar às incertezas* na investigação realizada.

4.4.2.2 Modelos produzidos pelo grupo G2

O grupo G2 foi constituído por três estudantes do curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis. No excerto a seguir, extraído do relatório do próprio grupo, consta o processo que adotaram na elaboração do produto 6A.

[...] artigo lido que foi o de Stolley, Edmonds e Meteyer (2008), e foi observado que ele trabalhava com a mortalidade de filhotes de patos-assobiadores de barriga preta (*Dendrocygna autumnalis*), durante o seu primeiro mergulho em um lago hipersalino no Texas, o lago de La Sal Vieja. Este artigo possui vários pontos interessantes, mas optou-se por abordar no infográfico [...] o local do estudo, a quantidade amostral de patos-assobiadores de barriga preta, dando enfoque para a quantidade de filhotes que morreram em seu primeiro mergulho, os sintomas típicos observados nos filhotes que estavam intoxicados pelo sódio e a mudança no tamanho populacional das aves que utilizam as ilhas do lago para nidificação, fazendo a comparação entre dois anos específicos (2002 e 2003). (ER9-G2)

Stolley, Edmonds e Meteyer (2008) investigaram a mortalidade de filhotes de marrecas/patos-assobiadores de barriga preta/*Dendrocygna autumnalis*, quando eles mergulhavam pela primeira vez em um lago hipersalino no sul do Texas. Foi contabilizado 216 filhotes, e após o primeiro mergulho 144, equivalente a 67% (os estudantes colocaram essa porcentagem em destaque no modelo), morreram em minutos ou horas. Destes foram necropsiadas nove carcaças, para verificar o nível de sódio no cérebro medido em ppm (partes por milhão). Os valores foram os seguintes: 2680; 2700; 3540; 4600; 5370; 8830; 10140; 11110; 14100. Estiveram presentes conceitos de taxa de variação na mortalidade, na quantidade de sódio e no tamanho da população. Considerando-se valores aceitáveis até 2000ppm, a ideia de limite no valor aceitável para normalidade. Os sintomas comuns dessa intoxicação por sódio é o nado em círculo e a convulsão.

Outro ponto abordado no infográfico da Figura 6A foi quanto à mudança no tamanho populacional, que o grupo optou por mostrar esses valores, através de um gráfico, que informa que do período de 2002 a 2003 houve um declínio na população que passou de 489 indivíduos para 131. No contexto deste parágrafo explorou-se taxa de variação, conceito de função – mortalidade em função do tempo e a representação gráfica – plano cartesiano e pares ordenados.

Para o segundo artigo, Figura 6B, o grupo descreveu o processo de produção no relatório, fazendo uma síntese do conteúdo, abordando os principais pontos da referência.

Deste modo, ao ler o artigo de Camacho e Pimentel (2012), que abordava questões sobre o primeiro registro de reprodução da *dendrocygna autumnalis* no estado do Rio

de Janeiro, e ainda divulgava a descrição das características do ninho encontrado, foram selecionados alguns pontos a serem abordados no infográfico. Sendo assim, optou-se por destacar no *template* sobre a diferença entre o nome científico e o nome popular, assim como as suas regiões de ocorrência no mundo e onde foi avistada durante o estudo. Falou-se também sobre as características do local de nidificação e os motivos pelo qual essa ave possa estar reproduzindo nesta área. (ER10-G2)

Os dados sobre reprodução dessa espécie ainda são escassos no Brasil. Este foi o primeiro registro documentado no estado do Rio de Janeiro (RJ). Os locais de ocorrência, segundo Camacho e Pimentel (2012) é comum nas Américas, ocorrendo dos Estados Unidos à Bolívia, Argentina e em grande parte do Brasil. O conhecimento sobre locais de ocorrência e o período reprodutivo é fundamental para a conservação da espécie. É uma ave de valor cinegético, que desperta interesse para a caça de subsistência e comercial, assim como para servir como mascote.

Como características dos locais de nidificação, que foram estudados no RJ, apresentam ninhos em tronco de árvores, localizados em área aberta, composta por gramíneas entremeadas com poucas árvores, e por um estreito corredor de mata ciliar, composto pelo mangue vermelho *Rhizophora mangle*, próximo ao rio.

A citação do mangue vermelho nas características dos locais de nidificação remete à temática tratada no capítulo 3 desta tese, que abordou sobre a importância do monitoramento da vegetação de mangue para conservação, visando o equilíbrio ecológico, *ensinar a identidade terrena*.

O grupo trouxe para discussão uma tabela, Figura 5, com as medidas de caracterização dos ninhos, realizada com uma trena de 30 metros, que foi comparada com os dados coletados no Texas, EUA, por *Bolen et al.* (1964). Porém, o questionamento crítico e a discussão ocorreram porque os autores Camacho e Pimentel (2012) não realizaram uma discussão mais ampla com esses dados.

Figura 5. Medidas de ninhos encontrados no Rio de Janeiro e no Texas

Características mensuradas	Medidas (em metros)	Média de Bolen <i>et al</i> (1964) (em metros)
Distância do ninho ao afluente mais próximo	91,8	15
Dimensões externas		
<i>Altura da entrada do ninho em relação ao chão</i>	1,98	1,62
<i>Altura da entrada</i>	0,22	0,16
<i>Largura da entrada</i>	0,17	0,14
Dimensões internas		
<i>Comprimento do túnel, da base à entrada</i>	0,49	0,27
<i>Diâmetro do túnel</i>	0,53	0,33
<i>Largura da base</i>	0,16	0,25
<i>Comprimento da base</i>	0,19	0,27

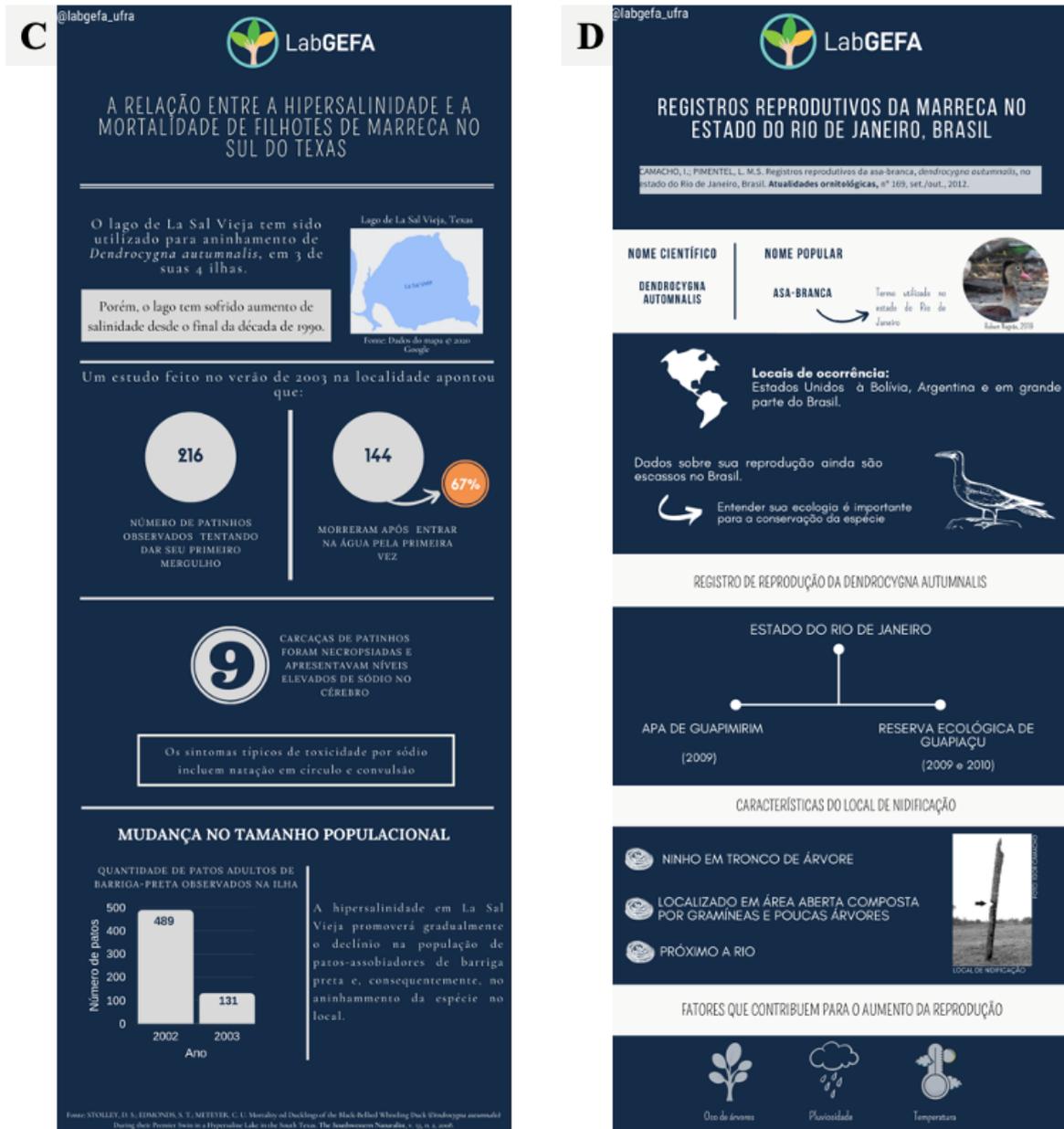
Fonte: Camacho e Pimentel (2012)

As medidas de distância do ninho ao afluente mais próximo dão um indicativo das interconexões existentes na natureza. Tais relações entre ambientes mostram que interferências negativas em quaisquer destes locais podem afetar, por exemplo, o tamanho populacional das aves, o que remete às marrecas de Tracuateua, Pará, e suas relações entre manguezais e campos alagados. Cabe a essa questão um estudo detalhado na área, visto as especificidades de cada local.

Segundo os autores Camacho e Pimentel (2012), os fatores que podem estar contribuindo para a expansão da reprodução é a disponibilidade de oco de árvores próximas a afluentes de água doce, aumento da pluviosidade e temperatura. O grupo representou essas informações no modelo, com o auxílio de metáforas, por meio de ícones que “sugere ou evoca o seu objeto, ou seja, é um signo que fica no lugar de um objeto com o qual possui traços em comum” (WEYNE, 2010, p.392).

O momento de apresentação dos artigos foi extremamente importante para compreender o que levou os estudantes a escolherem determinados conteúdos para o modelo, em detrimento de outros. Nesse caso, fazer uma síntese dos artigos não seria fragmentar o conhecimento? Esse questionamento permeou as ideias da autora, ao imaginar o que pensariam os leitores desse texto. No entanto, ao passear pela obra de Morin (2001) foi possível concluir que há algo mais urgente, que é reunir e ligar de forma que o conhecimento possa dialogar.

Figura 6. A, B - Infográficos banco de referências do projeto Marrecas, Grupo 2



Fonte: LABGEFA, 2020

O diálogo ocorreu sobre as informações que foram selecionadas para cada infográfico e os estudantes sempre buscaram durante a apresentação, traçar um paralelo com a problemática das marrecas de Tracueteua - Pará e as temáticas abordadas no minicurso. Cabe a essa questão o que Morin (2001, p.560) denomina como princípio da redução, discorrendo que “o conhecimento das unidades elementares permite conhecer os conjuntos dos quais elas são os componentes”.

4.4.2.3 Modelos produzidos pelo grupo G3

Em continuidade à apresentação dos modelos produzidos, o material da Figura 7-A trata do conteúdo do artigo “Declínio da população de patos assobiadores aninhados no solo (*D. Autumnalis*) em ilhas no sul do Texas”, de Edmonds e Stolley (2008) e a 7B do artigo de Feekes (1991) intitulado “O pato assobiador de barriga preta no México - do uso tradicional para gestão sustentável?”. Os excertos extraídos do relatório do grupo G3 mostra a síntese da abordagem dos artigos e a percepção dos estudantes no processo de leitura e produção do modelo.

O artigo de Edmonds, Stolley (2008), sobre o declínio da população da marreca aninhada no solo, *D. Autumnalis*, em ilhas no sul do Texas, tinha como principal objetivo quantificar o número de ninhos na Ilha em La Sal Vieja em 2003 e 2004 e determinar o sucesso dos ninhos. Dessa maneira, criamos o infográfico com base no objetivo do trabalho. Este artigo apresentou dados mais claros, por isso foi mais fácil de trabalhá-lo. (ER11-G3)

O conteúdo selecionado mostra uma redução na população de marrecas de 71%, redução no número de ninhos observados de 78% e, conseqüentemente no número de ovos de 76%. Essas mudanças ocorreram em decorrência do aumento da salinidade na ilha, porque diminuiu a precipitação na região. O artigo apresentado trouxe dados numéricos organizados em três tabelas, porém notou-se que os estudantes ficaram pouco à vontade em discutir esses valores, fato que pode ser associado à dificuldade de ler e interpretar números, ausência de *materacia*.

D’Ambrosio (1999) utiliza o termo *materacia* para descrever um conjunto de capacidades essenciais para o exercício da cidadania. Assim, é necessário que os estudantes sejam capazes de tirar conclusões, a partir dos resultados dos cálculos, fazer inferências e propor hipóteses, sendo a *materacia* um instrumento intelectual para uma visão crítica do mundo. Skovsmose (2014, p.106) adotou o termo *matemacia* para denominar como o “modo de ler o mundo por meio de números e gráficos”, para emancipação cultural e social. Ambos os autores inspiraram-se no termo literacia proposto por Paulo Freire.

Diante do fato do aumento da salinidade, é possível traçar um paralelo com o capítulo anterior, acerca da importância do monitoramento da vegetação de mangue em Tracuateua, Pará, visto que um dos pontos importantes da vegetação é servir de barreira e impedir o avanço do mar. Isto porque, se o mar avança nos campos naturais/alagados, onde são encontradas as marrecas, estas seriam diretamente afetadas em todo o seu ecossistema.

O conteúdo da Figura 7B informa que foi realizado um estudo no México, para colocar em questão a possibilidade de manejo sustentável da marreca, tendo em vista que esta ação poderia estimular um interesse maior na conservação da espécie, já que com as queimadas e limpezas de áreas muitos ninhos eram descobertos e animais abatidos. Foi considerado adaptar

os ninhos, através de uma caixa-ninho, em cooperação com os agricultores em um experimento piloto. A caixa poderia servir como refúgio para aves e para ações de conscientização, via educação ambiental. O conteúdo do infográfico foi finalizado com um destaque que no Brasil o manejo de animais silvestres é proibido desde 1967.

Dentro desse contexto, o segundo estudo, realizado por Feekes (1991), trata-se de um questionamento levantado pelo autor sobre a marreca no México - seu uso tradicional para gestão sustentável. Tinha como objetivo relatar as atitudes da população rural, em relação à caça e criação da marreca e um experimento para adaptarem os ninhos existentes para esta espécie. Este artigo apresentou uma linguagem complexa e muitos dados a serem analisados, por esse motivo, selecionar os dados para o infográfico demandou mais atenção e cuidado com as informações. (ER12-G3)

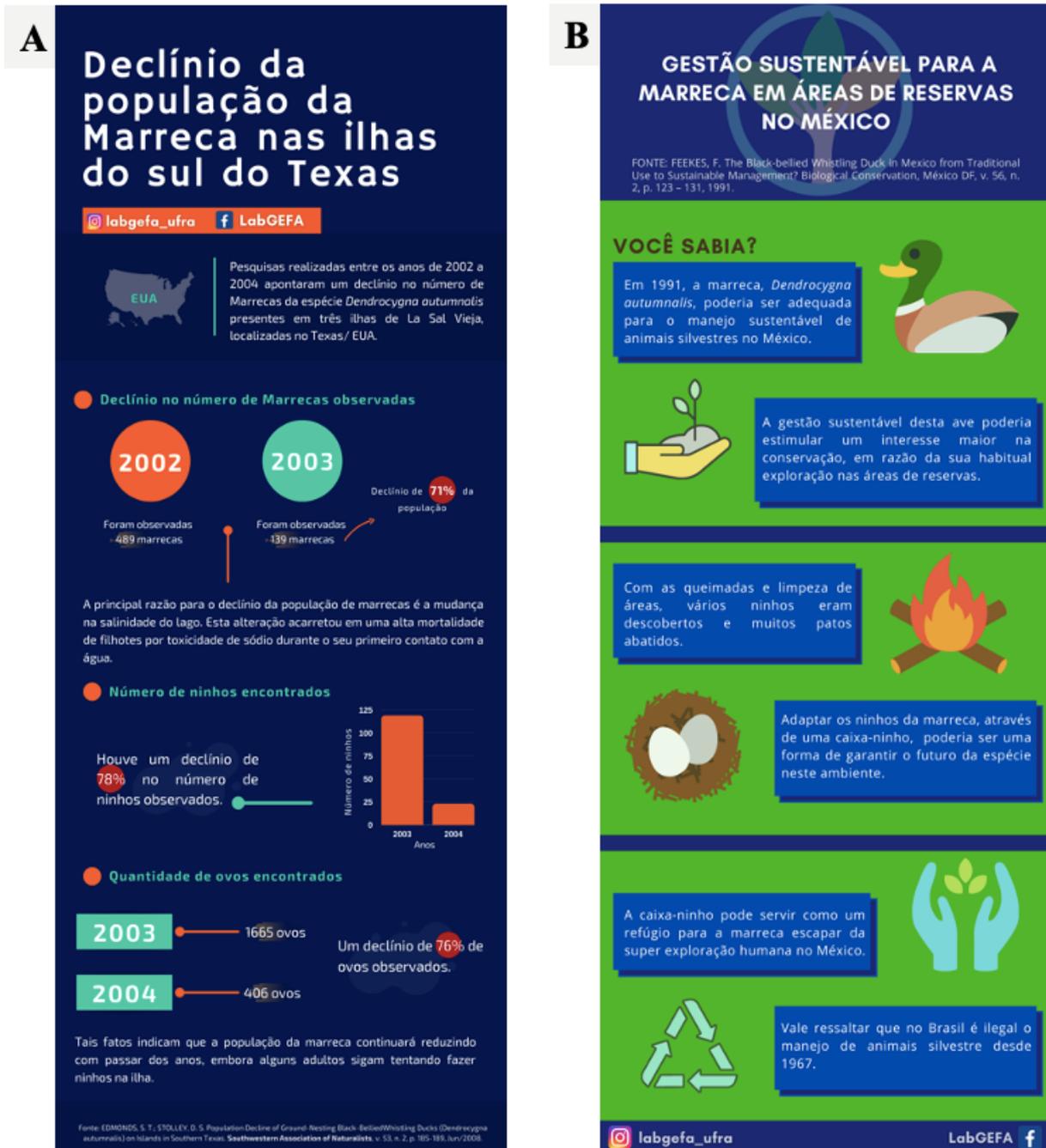
No relatório do grupo G2 estes também realizaram uma síntese da apresentação destes artigos e trouxeram algumas informações complementares, referentes ao estudo realizado.

[...] os artigos de Feekes (1991) e Edmonds e Stolley (2008), em que o primeiro discutia sobre as atitudes de pessoas rurais em relação à caça e criação das marrecas, e ainda descreveu um experimento piloto realizado com os agricultores, para adaptar ninhos existentes da espécie para a situação local, usando materiais da região, ou seja, um manejo sustentável da espécie. Já o segundo artigo possuía como objetivo quantificar o número de ninhos na ilha 4 em La Sal Vieja nos anos de 2003 e 2004. (ER13-G2)

Os estudantes mencionaram durante a apresentação, que sentiram dificuldades de selecionar o conteúdo no artigo referente ao manejo das marrecas, visto que há um elevado número de informações. Destaca-se que uma informação importante no trabalho não foi contemplada no infográfico, que se refere à baixa taxa de sucesso na reprodução no projeto piloto, por causa da predação dos ovos. Contudo, os autores do artigo consideram que esta proposta de caixa-ninho tem alto potencial devido à facilidade de uso.

O trabalho desenvolvido por Feekes (1991), apresentado na Figura 7B, possibilita fazer um paralelo com as marrecas de Tracuateua, Pará. Visto que nesta região há uma grande pressão antrópica, ocorrendo uma caça conhecida em âmbito local, como pesca de marrecas. Atividade proibida por lei, porém fortemente praticada nessa região há mais de 30 anos, conforme é detalhado no artigo de Rodrigues e Schmitz (2017). Para essa questão, uma alternativa para resolver o conflito seria o manejo sustentável. Desta forma o artigo torna-se bastante relevante para o estudo do projeto Marrecas. Ressalta-se que para realizar manejo de fauna silvestre é estritamente necessário um amplo estudo, e não cabe a essa tese afirmar que seria a melhor opção para a região. No entanto, nos diálogos traçados a partir das literaturas estudadas pode-se apontar que esta é uma lacuna que deve ser explorada em outros estudos.

Figura 7. A, B - Infográficos banco de referências do projeto marrecas, Grupo 3



Fonte: LABGEFA, 2020.

O grupo G3 trabalhou com duas questões antagônicas e complementares. A primeira, sobre o declínio da população de marrecas e a segunda sobre gestão sustentável. As pesquisas foram realizadas em diferentes regiões, porém com uma questão em comum, que são as problemáticas que envolvem as marrecas. Diante dos fatos resgata-se o que Morin (2000) afirma que somos seres planetários, *ensinar a identidade terrena*, e o *conhecimento* deve ser *pertinente* para salvaguardar a biosfera e proteger a diversidade, *a ética do gênero humano*.

4.4.2.4 Modelos produzidos pelo grupo G4

O grupo G4, formado por estudantes dos cursos de Administração e Engenharia Ambiental e Energias Renováveis trabalhou conteúdos de um artigo internacional, referente à flora bacteriana coletada em uma amostra, e outro nacional sobre o conflito socioambiental envolvendo caça de marrecas.

Na Figura 8A o conteúdo foi elaborado a partir do artigo de Aguirre et al. (1992), cujo objetivo foi verificar a prevalência de enterobactérias em marrecas, em um local de nidificação no México. Local onde foram coletadas 110 amostras, utilizando um cotonete inserido na cloaca, cujos resultados mostraram a presença de 29 tipos de bactérias. Entre estes a *E.coli* é a espécie mais comum, considerada normal na flora de muitas espécies aviárias (bioindicador de qualidade da água), *V.cholerae* (causadora da cólera), *Yersinia spp.* até então nunca foi relatada em aves aquáticas (causa infecções em humanos) e a *Salmonella spp.*, considerada incomum em aves aquáticas.

Na conclusão, o estudo sugere que as marrecas podem servir como reservatórios para várias bactérias patogênicas, sendo necessário estudos adicionais sobre as implicações desses patógenos para os animais silvestres, domésticos e humanos.

Figura 8-A - Infográfico banco de referências do projeto Marrecas, Grupo 4



Fonte: LABGEFA, 2020.

Observou-se que o modelo produzido pelo grupo sintetizou bastante o conteúdo, ressaltando as quatro bactérias encontradas, que são incomuns para aves aquáticas. Esse

estudo levanta uma inquietação acerca do próximo artigo que será apresentado, visto o consumo da espécie na alimentação e o convívio como mascote.

O último artigo trabalhado nesta atividade referente aos selecionados do banco de publicações do projeto Marrecas é o trabalho mais recente e o único encontrado até o momento, que trata especificamente do conflito socioambiental da pesca de marrecas, que ocorre em Tracuateua-Pa. O grupo G2 destacou a importância deste trabalho na elaboração do projeto Marrecas, desenvolvido no LabGEFA.

O segundo artigo é de Rodrigues e Schmitz (2017), que foi um material muito importante para o projeto Marrecas, uma vez que foi um dos materiais base para o início do projeto, sendo assim ele trabalha com o conflito social a respeito da pesca de marrecas, na Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua. (ER14-G2)

Figura 8. B - Infográficos banco de referências do projeto marrecas, Grupo 4



Fonte: LABGEFA, 2020.

A proposta do grupo foi criar uma infografia no formato de histórias em quadrinhos, a partir das principais informações extraídas do artigo de Rodrigues e Schmitz (2017). Os autores do artigo relatam que a motivação inicial foi a reclamação de alguns moradores, durante uma oficina sobre esse conflito socioambiental na região, ademais a atividade é conhecida como

“pesca de marrecas”, porque a armadilha utilizada é confeccionada com estacas e redes, semelhantes às redes utilizadas na pesca tradicional, e a isca usada é uma marreca mansa, pois seu canto atrai bandos da mesma espécie e nessa armadilha são capturados bandos inteiros ou parte deles.

Ressalta-se que durante o projeto Marrecas foi possível constatar essa informação em campo, visto que a prática é comum, sendo estimado por alguns moradores (durante conversas que ocorreram nas visitas, que foram realizadas antes da pandemia), que há mais de dois mil “marrequeiros”, pessoa que pratica a caça da marreca.

Contudo, nem todos os moradores da região concordam com essa atividade, em geral, pessoas mais maduras, devido ao aumento da violência que é provocada pelo suposto uso de drogas lícitas e ilícitas, para suportar o frio da madrugada, assim como as picadas de mosquitos, em razão de que a ave tem hábito noturno (RODRIGUES; SCHMITZ, 2017). Além disto, há a degradação nos campos naturais, tais como: poluição, com o abandono de embalagens, abertura de buracos, abandono das estacas que causam problemas de acessibilidade no período que estas áreas estão alagadas (RODRIGUES; SCHMITZ, 2017).

Na visita de campo, feita durante a vigência do projeto Marrecas, foi constatado que há moradores que dominam a técnica de reprodução da ave, com ninhos em troncos ocos de palmeira, colocados no chão, situados próximo à área alagada. Os dados dessa visita foram publicados por Teixeira et al. (2019).

Foi relatado que o comportamento do casal de marrecas para chocar os ovos é realizar um revezamento do macho e da fêmea, de 24 horas para cada um. A pesca das marrecas é considerada como *hobby* para alguns, fonte de alimentos e mascote para outros. Foi constatado que também é utilizada como moeda de troca, pois em um relato, dez marrecas foram trocadas por um búfalo. Então, também é fonte de renda para alguns.

Os estudantes deram destaque no quadrinho, que é uma prática proibida por lei. A Lei é a nº 5.197 de 3 de janeiro de 1967, que dispõe sobre proteção à fauna e dá outras providências. Como fechamento das informações dispostas no modelo produzido pelo grupo, é o desenho que representa o grupo LabGEFA, onde a informação é que inspirados no artigo o grupo foi estudar a prática. Porém, ressalta-se que o artigo trata-se de uma inspiração a partir de uma publicação, pois a motivação inicial veio das visitas de campo durante a participação nas reuniões da Associação dos Usuários da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua (AUREMAT).

4.4.2.5 Modelos produzidos com as referências do Quadro 3

Após a socialização dos modelos elaborados, a partir da revisão de literatura realizada no projeto Marrecas, foi o momento de socializar os infográficos referentes aos artigos e reportagem apresentados no Quadro 3. O diferencial nesta elaboração é que os quatro grupos elaboraram modelos a partir das mesmas referências, como se observa no excerto ER15-G3. Além disso, utilizaram como critério de seleção, no caso do grupo G3, a apresentação realizada pelos ministrantes.

Os artigos e notícias utilizados na primeira etapa do curso geraram infográficos, que foram apresentados no dia da finalização, acompanhados das correções feitas nos infográficos da segunda etapa. Todas as equipes participantes do curso socializaram e contribuíram para o aperfeiçoamento dos produtos. Os infográficos resultantes de uma reportagem sobre o desmatamento na Amazônia, dos artigos referentes à presença do coronavírus em aves silvestres no Brasil e a relação entre os morcegos e o COVID-19, utilizaram como base as informações apresentadas pelos ministrantes do curso. Desta maneira, através da discussão acerca dos referidos assuntos, possibilitou a análise satisfatória das informações. (ER15-G3)

O grupo G2 fez uma síntese do material utilizado em seu relatório da seguinte forma:

Produziu-se assim um infográfico da reportagem intitulada “Satélite revela aumento de 34% na taxa de derrubada da floresta amazônica, nos últimos 12 meses” [...] publicada no site Folha do Bico. A segunda produção baseou-se no artigo de Pereira, Bernard e Aguiar (2020), com objetivo de discutir a respeito do papel do morcego no atual cenário pandêmico, a partir do questionamento “Vilões ou vítimas?” [...]. E por fim, foram produzidos *templates*, acerca do artigo de Barbosa et al. (2019), que investigaram a presença de algum tipo de coronavírus em aves no Brasil. Ressalta-se que este estudo ocorreu entre os anos de 2006 e 2013 [...]. (ER16-G2)

No que concerne à afirmativa de que a cada vez que o infográfico é revisitado um novo modelo pode surgir, pode ser comprovado nos produtos que tiveram temática comum a todos os grupos.

a) Desmatamento na Amazônia

A Figura 9ABCD apresenta os infográficos criados, com base em uma reportagem sobre o desmatamento na Amazônia, cujos dados foram disponibilizados pelo INPE. Tendo em vista que durante o governo vigente há muitas discussões acerca de um retrocesso ambiental na flexibilização da legislação e aumento significativo do desmatamento. Ao selecionar esse artigo de jornal o intuito foi de provocar reflexões em relação às questões ambientais e estabelecer as possíveis ligações com a pandemia do covid-19.

O grupo G1 foi buscar as informações dispostas na reportagem do jornal digital Folha do Bico, no site do INPE e trouxe um mapa mostrando os estados da Amazônia legal, com suas respectivas taxas de desmatamento em 2019. Utilizaram barras para representar o aumento ocorrido de 2017 a 2019, em comparação com 2019 a 2020, porém houve equívocos na

interpretação dos dados contidos na reportagem e, a princípio afirmaram que a variação era de 2017 a 2018 em comparação com 2019 a 2020.

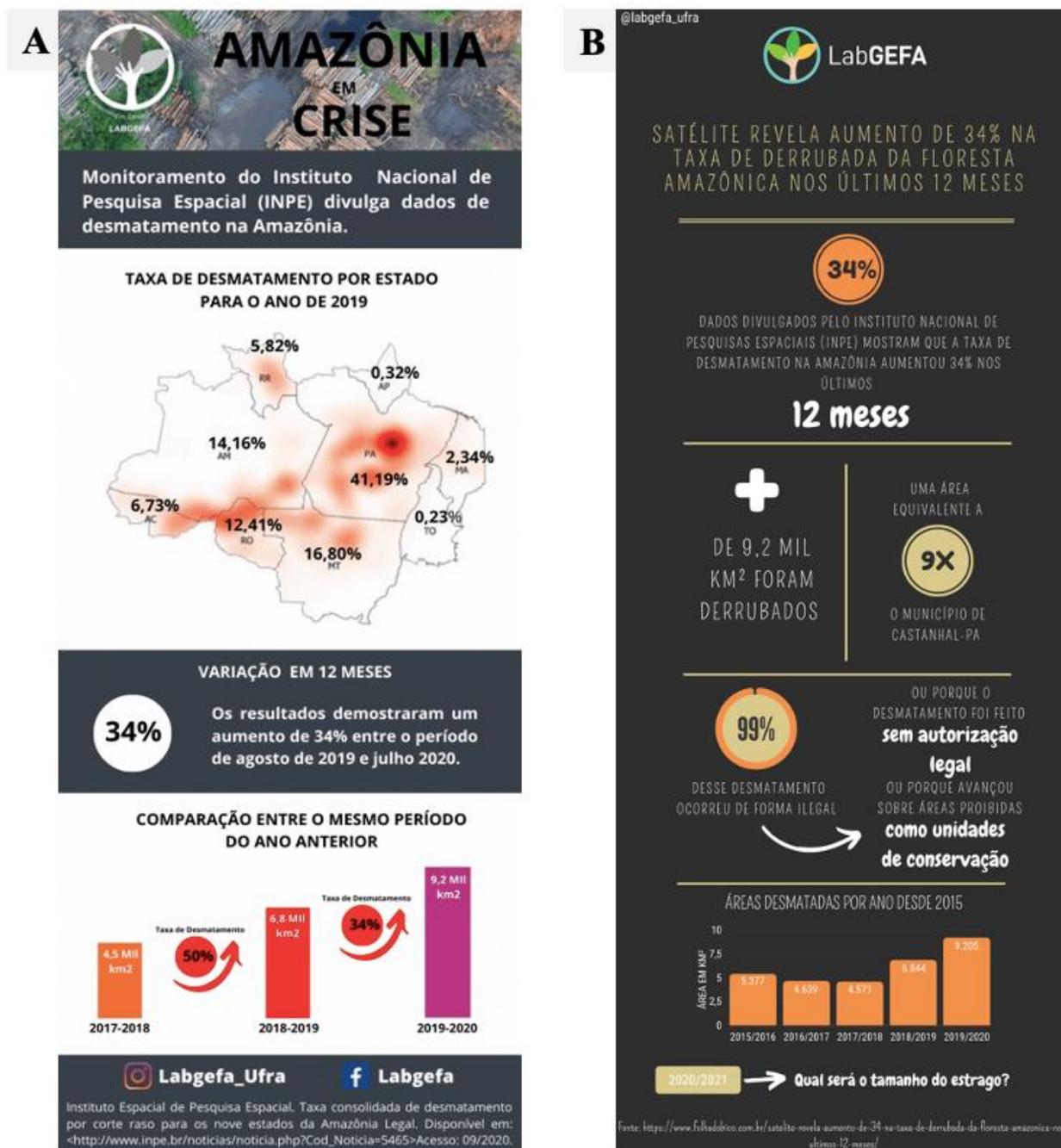
Se assim fosse, o aumento do primeiro período teria sido maior, já que representava um valor de 50%. Além disso há um contexto político nesta questão, visto que nesse período o país tinha outro governo. Então uma informação errônea envolve todo um contexto que vai além daquele valor numérico representando desmatamento.

O mesmo equívoco aconteceu com o grupo G3, porém na Figura 9A consta o modelo corrigido e a Figura 9C o modelo sem correção que só foi detectado durante essa análise dos resultados, o que remete ao saber *às cegueiras do conhecimento*.

Na Figura 9B os estudantes apresentaram uma relação interessante de proporção, ao comparar a área de 9,2 mil km², que foram derrubados, equivalente a uma área nove vezes o tamanho do município de Castanhal-PA. *Os princípios do conhecimento pertinente* fazendo associações entre particularidades e totalidades, para que o modelo se torne mais compreensível. Ressaltaram que 99% desse desmatamento ocorreu de forma ilegal, feito sem autorização ou dentro de áreas proibidas, como unidades de conservação. Ao final do modelo este grupo lança um questionamento que consta no artigo: “2020/2021 qual será o tamanho do estrago?”

O modelo da Figura 9D do grupo G4 trouxe informações mais textuais com auxílio de desenhos. Dentre essas, a informação de que o desmatamento é a maior fonte de emissão de gases. As irregularidades no desmatamento geralmente estão associadas à grilagem, garimpo e ao agronegócio. Além disso, deram foco ao estudo da *Science*, que concluiu que 2% das propriedades rurais causam 60% do desmatamento, que ocorre na Amazônia e no Cerrado. Todos os grupos colocaram em evidência o aumento de 34% nos últimos doze meses (agosto de 2019 – julho de 2020).

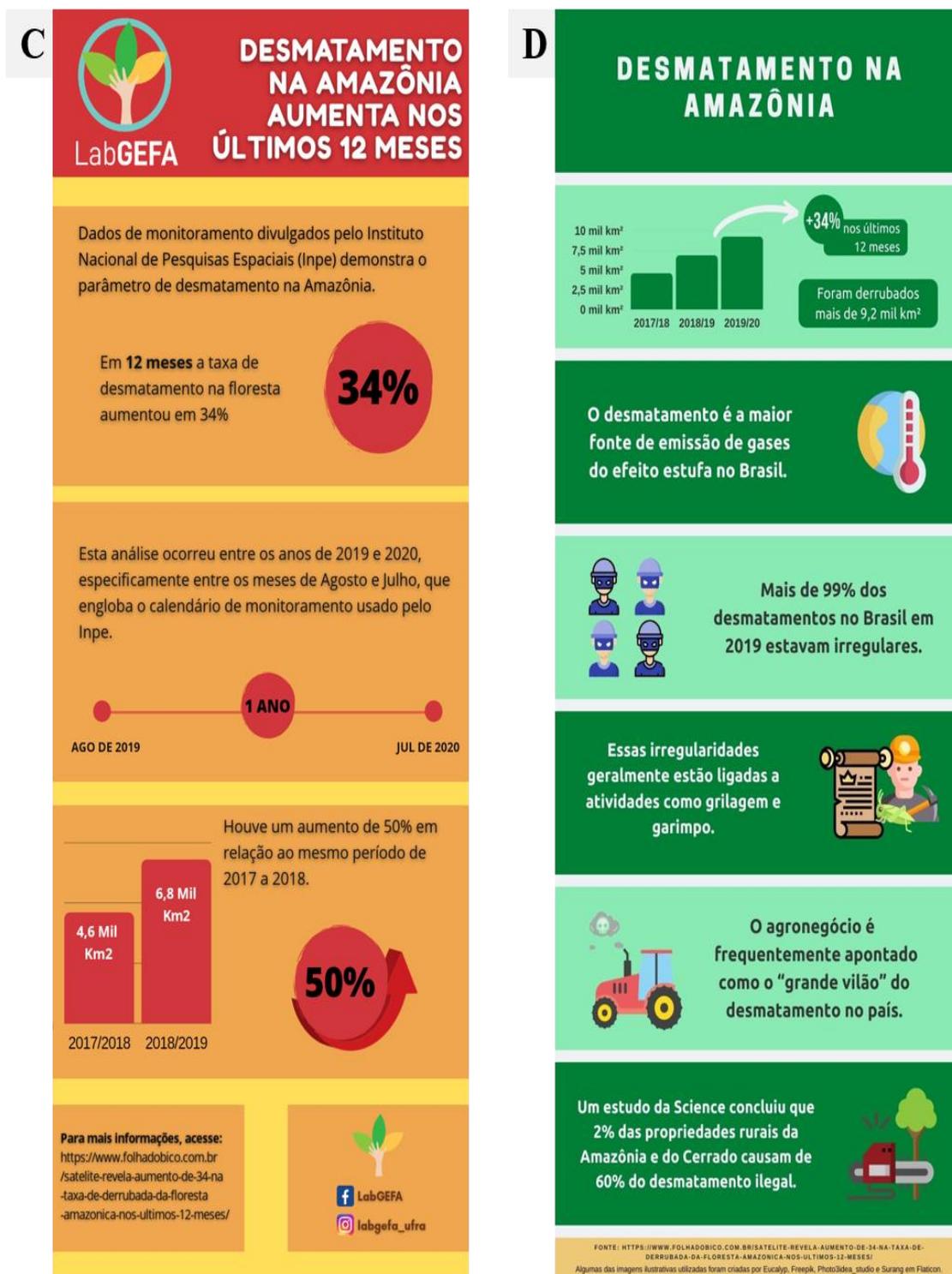
Figura 9a. A e B - Infográficos do desmatamento na Amazônia



Fonte: LABGEFA, 2020.

Os polígonos que formam o mapa da Figura 9A é uma representação matemática da área em km², sendo possível a conversão para outras unidades de medida de distância, da Amazônia legal. O pensar matemático permeando o processo de produção do modelo, para que isto seja visualizado pelos estudantes é necessário ensinar o *conhecimento pertinente*.

Figura 9b. C e D - Infográficos do desmatamento na Amazônia



Fonte: LABGEFA, 2020.

b) Os Morcegos e o covid-19

Nas Figuras 10ABCD constam os infográficos elaborados a partir da reportagem “morcegos e covid-19: vilões ou vítimas?”. O artigo tem conteúdo textual e os estudantes

optaram por elaborar infográficos que conjugam texto e imagem em uma estrutura de questionamento, instigando a curiosidade e compreensão da temática.

No início da pandemia do covid-19 os morcegos foram apontados como responsáveis pela origem da doença, por isso os animais foram atacados e seus abrigos destruídos ao redor do mundo. Todavia, Pereira, Bernard e Aguiar (2020) afirmam que não há estudo que comprove essa relação. Os morcegos oferecem serviços ecossistêmicos muito importantes para o equilíbrio da natureza, como polinização das plantas, dispersão de sementes e controle da população de insetos. Além disso, devido a sua alta longevidade, resistência a vírus, câncer, infecções de pele e cáries são muitos úteis em pesquisas, por estas suas características.

Discutir esse artigo com os participantes foi muito interessante, em razão do seu contexto atual e a ligação com as *fake news*, pois nota-se o quanto uma notícia falsa pode ser prejudicial a qualquer ser vivo. Como pôde ser visto e comprovado na perseguição que se instalou às populações de morcegos. Com este e outros exemplos deve-se ter cuidado quanto ao estudo com as marrecas, diante dos artigos que mostram os parasitas, vírus e bactérias que foram encontrados nestas aves. Assim também como de que forma trabalhar essa informação, para que elas não se tornem vilãs, como aconteceu com os morcegos, e a pressão antrópica aumente ainda mais.

Por isso, deve-se considerar às *cegueiras do conhecimento: erros e ilusões*, porque no processo e no produto da modelagem os erros são possíveis devido às influências da subjetividade. Para Fumaroli (2001) comunicar não é o bastante, porque é “preciso ter consciência da forma do discurso e de suas consequências sobre quem o recebe”.

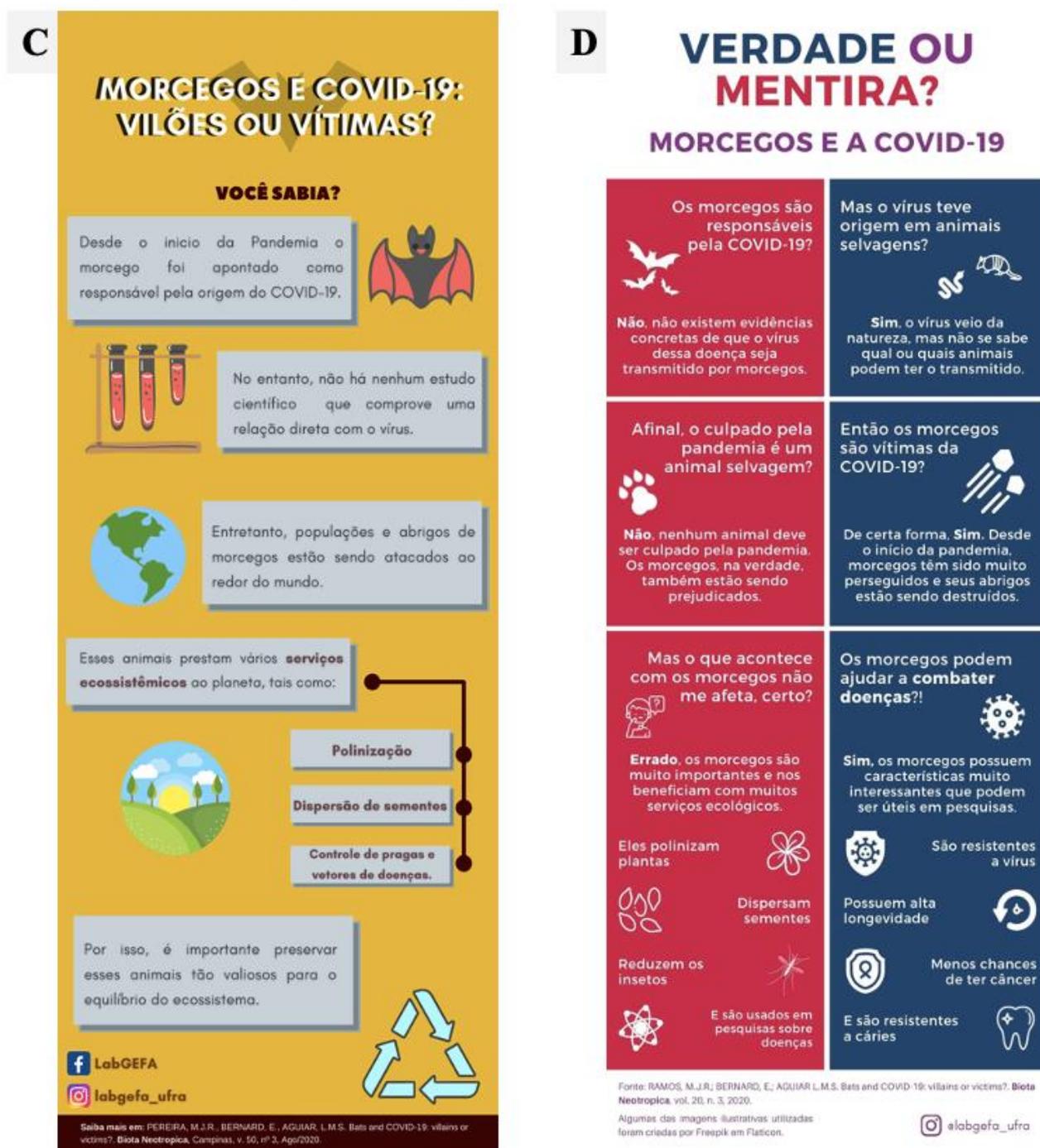
Neste sentido, realizar um trabalho de conscientização acerca dos cuidados, da proteção e da conservação das espécies, é possível por meio de uma Educação Ambiental crítica, utilizando-se de dados resultantes de investigações científicas, estabelecendo um diálogo entre as mais diversas áreas.

Figura 10a. A e B - Infográficos dos morcegos X covid-19



Fonte: LABGEFA, 2020.

Figura 10b. C e D - Infográficos dos morcegos x covid-19



Fonte: LABGEFA, 2020.

c) Coronavírus em aves silvestres no Brasil

Nas Figuras 11ABCD constam os infográficos elaborados a partir do artigo Coronavírus e as aves silvestres no Brasil, de Barbosa et al. (2019). O grupo G3, Figura 11C iniciou a composição do conteúdo do seu modelo, com as informações de que a família de coronavírus é dividida em quatro grupos: *alpha*, *beta*, *gama* e *delta*.

Em síntese, mesclando as informações que foram selecionadas pelos grupos, os modelos informam que foi realizado um estudo em cinco regiões no Brasil, no período de 2006 a 2013, com um total de 746 amostras. Destas, seis foram positivas para os gamacoronavírus e o deltacoronavírus nos estados de São Paulo, no Parque Ibirapuera, onde convivem várias espécies de animais selvagens em contato com visitantes e *pets*, e Rio Grande do Sul, no Parque Nacional Lagoa do Peixe, localizado próximo a diversas granjas. Ressaltaram que os vírus encontrados nas aves são de gênero diferentes do causador da pandemia, o covid-19, que é do grupo betacoronavírus.

Ademais, o grupo G2 deu destaque à informação que os coronavírus (CoVs) possuem taxa de mutação e frequência de recombinação relativamente alta. Isso permite que eles se adaptem a novos hospedeiros e nichos ecológicos. Essa informação presente na Figura 11B permite traçar um paralelo na relação de ensino e aprendizagem, ocorrida desde o início da atividade, quando foi compartilhado o primeiro artigo com o grupo, durante a familiarização com o tema e aplicada à atividade utilizando o recurso do *Word wall*. fato este que mostra que mesmo que *a priori* o estudo multitemático possa parecer cheio de pontas soltas, esse momento da finalização demonstra que os saberes estão interligados, e que tudo se liga a tudo, saber *ensinar a identidade terrena*.

Cada grupo fez diferentes representações para o mesmo conteúdo disponibilizado. Esse processo de liberdade na elaboração de modelos atrelada à arte visual e mais o apelo aos jovens deste século, que são as redes sociais, formaram um conjunto, que permitiu que se envolvessem, deixando a criatividade agir.

A Figura 8A do grupo G1 foi finalizada após a conclusão do minicurso, sendo socializada na comunidade virtual do SIGAA. Os estudantes destacaram duas informações que não foram ressaltadas nos outros grupos. A primeira traz a informação de que o Brasil apresenta 18% da diversidade das espécies de aves globais. No entanto, os estudos sobre a presença de doenças virais são escassos. A segunda, sobre o risco às granjas avícolas e à saúde pública no Brasil, diante dessa presença próxima das aves silvestres portadoras de vírus. Neste aspecto, relembra-se que quanto mais o ser humano destrói a natureza, a exemplo do desmatamento, os animais são obrigados a sair de seus *habitat* e se aproximar das áreas urbanizadas.

Figura 11a. A e B - Infográficos do coronavírus divergentes



Fonte: LABGEFA, 2020.

Figura 11b C e D - Infográficos do coronavírus divergente



Fonte: LABGEFA, 2020.

Ao final dos relatórios observou-se que nas conclusões, no excerto ER17-G4, os estudantes expuseram algumas dificuldades encontradas durante a realização das atividades, como as limitações no *Canva*, quanto à disponibilidade de materiais. Porém, alguns grupos buscaram outras fontes, *enfrentar as incertezas*, e compartilharam suas descobertas com os colegas, *ensinar a compreensão*.

Durante a confecção desses materiais, encontramos algumas limitações impostas pelo Canva. A principal delas foi a carência de elementos gratuitos relacionados às temáticas trabalhadas. Sendo assim, recorreremos a outras fontes, com destaque para o site Flaticon, que disponibiliza uma grande diversidade de ícones gratuitos. (ER17-G4)

O minicurso foi finalizado com a socialização de todos os modelos produzidos durante a semana. Os produtos relativos às referências do Quadro 2 foram ressocializados com os ajustes realizados, e alguns receberam mais algumas contribuições de melhoria. Os modelos do Quadro 3 foram socializados pela primeira vez no último dia de atividade. Este processo de socialização ou de validação do modelo foi muito importante, conforme corrobora o excerto ER18-G1.

Portanto, o processo de socialização nas aulas permitiu aos discentes debaterem as temáticas apresentadas por cada equipe durante os seminários, e com os conhecimentos obtidos por esta interação em grupo, de forma que tornou possível a todos contribuir com as atividades individuais desenvolvidas pelas equipes participantes do evento, demonstrando a importância do processo de democratização do conhecimento científico, para gerar novos resultados a partir de novos estudos ou de estudos já realizados. (ER18-G1)

No que tange aos aspectos numéricos, ER19-G1 consideraram que a experiência pode potencializar a comunicação. Tal fato remete ao *trivium literacia, materacia e tecnocracia*, proposto por D'Ambrosio (1999), pois as atividades descritas fizeram o exercício de fazer essa leitura e interpretação nos textos, nas representações numéricas e no uso da tecnologia.

Durante as atividades se demonstrou como a visualização de dados por meio de representações gráficas, estatísticas ou interativas, da união entre a imagem e o texto, podem melhorar a comunicação de um assunto específico. (ER19-G1)

Um fato que chamou a atenção durante o período da atividade, foi sobre o uso das cores padrão do LabGEFA, por meio de valores numéricos. A logomarca do grupo foi produzida pelo estudante Felipe Lima, graduando do curso de Administração, com a colaboração de outros participantes. Então foi estabelecida uma paleta de cores padrão, associadas às cores da logo e durante a preparação dos infográficos os estudantes fizeram a localização das cores, por meio de números para usar exatamente o tom da paleta. Implicitamente a noção de número e a associação de elementos estiveram presentes nesse processo.

O paralelo proposto no minicurso para construção das relações entre os assuntos abordados nesta multitemática foi compreendido pelos participantes, como eles relataram durante o encontro virtual. Corroborando com a afirmação apresenta-se o relato do Grupo G3.

Precisamos compreender a inter-relação que existe no planeta, no qual o comportamento de cada ser humano pode afetar as gerações futuras. Nesse momento precisamos batalhar pela vida, pelo equilíbrio, restabelecendo e propondo a criticidade em relação a temas tão controversos. Assim, temos a oportunidade de aprender com a pandemia atual, buscando a coesão das ações, estabelecendo parâmetros que

fortaleçam que a vida em sociedade depende categoricamente do restabelecimento entre as ações ecológicas que se estabelecem no meio. (ER20-G3)

É urgente que haja uma relação mais harmônica entre os seres humanos e a natureza, tornando-se uma questão de sobrevivência para a nossa espécie. Morin (2020, p.19) em sua obra mais atual discorre que já houve muitas epidemias na história, e o que difere do covid-19 é que esta deu origem a uma “[...] megacrise feita da combinação de crises políticas, econômicas, sociais, ecológicas, nacionais, planetárias, que se sustentam mutuamente com componentes, interações e indeterminações múltiplas e interligadas [...]”. Isto é, vive-se nesse momento o real sentido da palavra complexidade.

Diante das questões apresentadas e discutidas nessa abordagem multitemática, que discutiui dentre diferentes temas que encontram-se articulados, sob o olhar dos saberes da complexidade em atividades de Modelagem Matemática, alinha-se aos autores Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) quando consideram que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) abrem novas possibilidades para a Modelagem que é datada, dinâmica, dialógica e diversa, o que contribui para a leitura de mundo e o enfrentamento dos desafios, pois ela não é o caminho para as certezas, verdades absolutas, mas é agregadora no sentido de reunir pessoas para realizar as próprias descobertas.

4.5 Considerações

A Modelagem abordada neste artigo segue uma perspectiva transdisciplinar, cuja característica principal é transpor as fronteiras do conhecimento e ir além da fragmentação disciplinar das especializações. Neste caso podemos questionar: o que é uma Modelagem Matemática? É quando representamos a realidade com números, símbolos matemáticos, gráficos, entre outros, mas se existe Matemáticas por que não pode existir Modelagens Matemáticas, ou seja, abordagens transfronteiriças?

Barbosa (2019) afirma que há diversas matemáticas, porque os saberes e fazeres matemáticos existem no plural, e vão além dos que circulam no meio acadêmico e escolar. Na constituição de um infográfico, a própria dimensão, no caso do modelo apresentado na plataforma do Canva 800 pixels x 2000 pixels, remete a um pensar matemático, porque é necessário considerar o espaço disponível para organizar o conteúdo, e o pixel é uma unidade de medida da imagem.

Uma das dificuldades iniciais, que se observa para os que se lançam na Modelagem em educação é a delimitação, ou seja, se só existe Modelagem Matemática quando há

representações tradicionais do que se constitui a matemática, ouso dizer que o modelador força/limita o conhecimento a seguir em uma única direção.

Por isso nessa vivência, os estudantes não foram convidados a modelar uma situação matemática, mas sim convidados a dialogar sobre problemáticas locais e globais. Inclusive, ir além, dando contribuições à sociedade, no sentido de tornar o conhecimento científico que fica restrito a um determinado público, tornar-se um conhecimento acessível por meio das redes sociais.

A matemática de números, símbolos surgiu a partir dos dados apresentados em cada publicação. Notou-se em alguns uma capacidade natural de ir para representações numéricas, gráficos e porcentagens, enquanto outros se limitaram à representação informacional por meio de palavras. Face a isso explica-se que a subjetividade está ligada à formação e vivências de cada estudante e da interação destes no grupo.

As experiências de vida escolares, acadêmicas e pessoais são constituidoras da formação desse indivíduo, e convidar o participante em uma atividade de modelagem a fazer Modelagem Matemática, é fazer um recorte dessa subjetividade. Desta maneira, os resultados limitam-se a uma ou algumas áreas, havendo uma contradição com o pensar complexo transdisciplinar.

Não delimitar é também assumir um risco em que o pesquisador não tem controle do que irá encontrar ao final, e de como o resultado será aplicado em sua investigação. Esse seguir livremente é uma aventura, que permite viver um misto de entusiasmo, ansiedade e receio em relação aos resultados, porém tudo isso proporciona o desenvolvimento de uma característica essencial em um ambiente de pesquisa necessário para o século XXI, que é a criatividade.

Referências

AGUIRRE, A. A. et al. Cloacal Flora Isolated from Wild Black-Bellied Whistling Ducks (*Dendrocygna autumnalis*) in Laguna la Nacha, Mexico. **Avian Diseases**, v. 36, p. 459-462, 1992.

AGRELA, L. Desmatamento da Amazônia pode favorecer surgimento da próxima pandemia. Exame, 2020. Disponível em: <<https://exame.com/ciencia/desmatamento-da-amazonia-pode-favorecer-surgimento-da-proxima-pandemia/>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

AMARAL, C. P. Zoonoses x mutações: qual a relação com as questões ambientais? **Revista Brasileira De Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 15, n. 4, p. 310-326, 2020.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução: Luís Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARBOSA, C. M. et al. Divergent coronaviruses detected in wild birds in Brazil, including a central park in São Paulo. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 2, p. 547-556, 2019.

BARBOSA, J. C. Existem outras matemáticas? 2019. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/17149/etnomatematica-existem-outras-matematicas>. Acesso em: 22 de jan. de 2021. Online.

BASSANEZI, R. C. **Temas e modelos**. Campinas: Edição do autor UFABC, 2012.

BOLEN, E. G. B; McDANIEL & C. Cottam. Natural History of the Black--Bellied Tree Duck (*Dendrocygna autumnalis*) in Southern Texas. **The Southwestern Naturalist** 9 (2): 78-88. 1964.

BRASIL. Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15197.htm. Acesso em: 20 jul.2020.

CAMACHO, I.; PIMENTEL, L. M. S. Registros reprodutivos da asa-branca, *Dendrocygna autumnalis*, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Atualidades Ornitológicas**, v. 169, p. 6-8, 2012.

CARVALHO, E. A. **Coleção Grandes Educadores: Edgar Morin**. Vídeo (49m31s). 2006. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3QToNL5UoVw>. Acesso em: 18 jul. 2019.

CARVALHO, J.; ARAGÃO, I. Infografia: conceito e prática. **InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação**, v. 9, n. 3, p. 160-177, 2012.

CHAVES, M. I. A.; ESPÍRITO SANTO, A. O. Modelagem Matemática: uma concepção e várias possibilidades. **Boletim de Educação Matemática**, v. 21, n. 30, p. 149-161, 2008.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

DANTAS, L. F. S.; DECCACHE-MAIA, E. Divulgação Científica no combate às Fake News em tempos de Covid-19. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e797974776-e797974776, 2020.

D'AMBROSIO, U. **Da realidade à ação — reflexões sobre educação e matemática**. São Paulo, SUMMUS/UNICAMP, 1986.

_____. Literacy, matheracy, and technocracy: A trivium for today. **Mathematical thinking and learning**, v. 1, n. 2, p. 131-153, 1999.

_____. Etnomatemática, justiça social e sustentabilidade. **Estud. av.**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 189-204, Dec. 2018.

EDMONDS, S. T.; STOLLEY, D. S. Population Decline of Ground-Nesting Black-Bellied Whistling Ducks (*Dendrocygna autumnalis*) on Islands in Southern Texas. **The Southwestern Naturalist**, v. 53, n. 2, p. 185-189, 2008.

FEEKES, F. The Black-bellied Whistling Duck in Mexico: from Traditional Use to Sustainable Management? **Biological Conservation**, v. 56, p. 123-131, 1991.

FUMAROLI, M. A literatura: preparação para tornar-se pessoa. In MORIN, Edgar. **A religião dos saberes**. O desafio do século XXI. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2001.

LABGEFA. **Infográficos estáticos**. Disponível em: <https://www.facebook.com/labgefa> (2020). Acesso em: 02 de jan. de 2021.

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, 2011.

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, 2018.

MATTA, N. E. et al. Description and molecular characterization of *Haemoproteus macrovacuolatus* n. sp. (Haemosporida, Haemoproteidae), a morphologically unique blood parasite of black-bellied whistling duck (*Dendrocygna autumnalis*) from South America. **Revista Parasitologia**, v. 113, p. 2991-3000, 2014.

MENEZES, R. O.; BRAGA, R. M.; ESPÍRITO SANTO, A. O. do. Cooperação no desenvolvimento de atividades de modelagem na educação matemática. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 147-170, 2019. DOI: 10.26571/REAMEC.a2019.v7.n1.p147-170.i7966.

MEYER, J. F. C. A.; CALDEIRA, A. D.; MALHEIROS A. P. S. **Modelagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

MORAES, A. et al. **Infografia: história e projeto**. São Paulo: Blucher, 2013.

MORIN, E. **Os setes saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Catarina Eleonora F. Silva e Jeanne Sawaya. São Paulo: Cortez, 2000.

_____. Jornadas Temáticas. **A religião dos saberes**. O desafio do século XXI. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2001.

_____. **É hora de mudarmos de via: as lições do coronavírus**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

OCHS, M.; LIMA, R. C. **Como usar dados e infografia a favor da aprendizagem?** YouTube Canal EducaMidia. Vídeo (49m27s). 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PIf1kS14F98>. Acesso em: 20 ago. 2020.

PENA-VEGA, A. **O despertar ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa**. Tradução: Renato Carvalheira do Nascimento e Elimar Pinheiro do Nascimento. Rio de Janeiro: Garamond, 2005.

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

PEREIRA, W. L. A. et al. Lesões cutâneas tipo tumorais associadas à infecção por *Avipoxvirus* em uma marreca-cabocla (*Dendrocygna autumnalis*). **Cien. Anim. Bras.**, v. 15, n. 2, p. 234-238, abr./jun. 2014.

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.

PEREIRA, M. J. R.; BERNARD, E.; AGUIAR; L. M. S. Bats and COVID-19: villains or victima?. **Biota neotropica**, v. 20, n. 3, 2020.

PERRONI, L. C. P. **Infografia, a arte de informar**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Matemática. Curso de Matemática, Mídias Digitais e Didática: tripé para formação do professor de matemática. 21 pág. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/134156#>. Acesso em 22 de jan. 2021.

PODER 360. **Pela 1ª vez, rede social é mais citada que TV como fonte de notícia no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/midia/pela-1a-vez-rede-social-e-mais-citada-que-tv-como-fonte-de-noticia-no-brasil/>. Acesso em: 20 de ago. 2020.

POUPART, Jean; DESLAURIERS, Jean-Pierre; GROULX, Lionel-H; LAPERRIÈRE, Anne; MAYER, Robert; PIRES, Álvaro. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Tradução de Ana Cristina Arantes Nasser. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2014. 464p.

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.

RODRIGUES, M. R.; SCHMITZ, H. Conflito social: o caso da “pesca de marrecas” na reserva extrativista marinha de Tracuateua. **Amazôn., Rev. Antropol. (Online)**, v. 9, n. 1, p. 132 - 154, 2017.

ROZAL, E. F.; ESPÍRITO SANTO, A. O.; CHAVES, I. A. O que se aprende com imagens matemáticas? Uma experiência na Educação de Jovens e Adultos. **Revista BOEM**, v. 3, n. 5, p. 19-50, 2015.

SANTOS, N. T.; BRAGA, R. M.; SANTO, A. O. E. Tecitura entre Modelagem Matemática e saberes da complexidade na temática ambientação no manguezal. **Educação Matemática Pesquisa**, v.22, p.250 - 284, 2020.

Satélite revela aumento de 34% na taxa de derrubada da floresta amazônica nos últimos 12 meses. Folha do Bico, 2020. Disponível em: <<https://www.folhadobico.com.br/satelite-revela-aumento-de-34-na-taxa-de-derrubada-da-floresta-amazonica-nos-ultimos-12-meses/>>. Acesso em: 24 ago. 2020

SILVEIRA, E. Por que uma nova pandemia nos próximos anos é praticamente inevitável? BBC News Brasil. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-53758807>. Acesso em 20 de ago. 2020.

SKOVSMOSE, O. **Um convite à Educação Matemática Crítica**. Campinas: Papirus, 2014.

STOLLEY, D. S.; EDMONDS, S. T.; METEYER, C. U. Mortality of Ducklings of the Black-Bellied Whistling Duck (*Dendrocygna autumnalis*) During Their Premier Swim in a Hypersaline Lake in South Texas. **The Southwestern Naturalist**, v. 53, n. 2, p. 230-235, 2008.

SOUZA, N. I. S. A disseminação de fake news no caso do coronavírus (COVID-19): uma análise discursiva. **Revista Memento**, v. 11, n. 1, p. 1-20, 2020.

TEIXEIRA, E. P.; HAYASHI, S. N.; SANTOS, N. T.; SOUSA, J. V. Registros Reprodutivos da Marreca, *Dendrocygna Autumnalis*, no Entorno da Resex Marinha de Tracuateua-PA In: Anais VIII Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia, 2019, Belém. **VIII Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia**. Belém: v.4. 2019.

WEYNE, G. R. S. Reflexões sobre os conceitos e as aplicações da educação matemática crítica e da matemática humanística. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 2, p. 92-105, 2010.

CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES

Chego ao fim dessa investigação, porém a pesquisa não cessa assim, como no ciclo de Modelagem adotado no capítulo 4/artigo III. Cada vez que revisito o texto, identifico possibilidades e desafios a serem tratados em trabalhos futuros. Alguns desses citarei no decorrer das considerações.

A proposta inicial do pré-projeto de pesquisa do doutoramento tinha como uma das metas, criar um grupo de pesquisa, cadastrado na plataforma do CNPq. Essa meta foi alcançada em 2018, porém destaca-se que foi oficializado um grupo, que na prática já existia e funcionava por meio dos projetos desenvolvidos pela autora desse texto. Assim, a oficialização possibilitou agregar professores, técnicos e estudantes das mais diversas formações e cursos.

Desta forma considera-se que o grupo de pesquisa é um produto do processo de construção da tese, que se fortaleceu ao agregar intelectual e afetivamente outros membros. Esse fortalecimento traduziu-se na relação de colaboração e compartilhamento entre os participantes, na produção de artigos, em congressos e periódicos científicos, atividades de extensão desenvolvidas em escolas municipais, cursos de ensino, cursos de extensão, trabalhos premiados em eventos e premiações na categoria sustentabilidade em ações de extensão e pesquisa.

Paralelo ao crescimento do grupo, foi desenvolvida a tese doutoral, que a princípio se propôs a discutir os temas teoria da complexidade, saberes da complexidade, Modelagem Matemática, problemáticas socioambientais, nas atividades desenvolvidas no ambiente LabGEFA, norteadas pela questão: “como a Modelagem Matemática, em uma discussão teórica e aplicada, possibilita a religação de saberes nas atividades desenvolvidas no LabGEFA?”

A abordagem teórica do capítulo 2/artigo I, que focou no processo de construção epistemológica da teoria da complexidade, percorrendo por uma Modelagem Matemática sob a ótica da complexidade, levou à conclusão de que a perspectiva transdisciplinar possibilita a religação de saberes.

As reflexões desenvolvidas no capítulo serviram para dar suporte às atividades empíricas dos capítulos seguintes. Tendo em vista que resultou em um indicativo de que a Modelagem atrelada ao pensar complexo de Edgar Morin possibilita o diálogo entre áreas, a articulação de saberes e a organização do conhecimento. Essa informação conduziu de forma mais livre o processo das análises dos resultados nas atividades empíricas. Logo, identificou-se que as atividades empíricas caracterizaram-se como experiências transdisciplinares.

A primeira atividade empírica com a temática ambientação no manguezal, capítulo 3/ artigo II, proporcionou diferentes vivências aos participantes. A professora que conduziu as atividades possui ampla experiência na área de florestas, com doutoramento realizado em ecologia de manguezal. Sua experiência acadêmica reunida com comunitários de larga vivência/experiência tradicional abriu espaço para o diálogo entre saberes científicos e saberes tradicionais. A produção de dados, que ocorreu durante as etapas, esteve permeada dos sete saberes da complexidade, demonstrado nas discussões dos resultados. Os sete saberes são resultantes da proposta de Morin (2000; 2001) de religar *saberes*.

A atividade de ambientação no manguezal teve como cenário de investigação a reserva extrativista marinha de Tracuateua-PA e a abordagem multitemática do capítulo 4 foi originada do conflito socioambiental que ocorre no entorno da reserva conhecido como pesca de marrecas, porém no desenvolvimento da atividade devido a pandemia culminou em uma abordagem com múltiplos temas alinhados ao diálogo de saberes em busca da religação do conhecimento.

Desta forma, a segunda atividade, capítulo 4/ artigo III, teve um desafio não previsto, que foi a interrupção da coleta de dados em ambiente físico, sendo necessário a pesquisa se reinventar, de forma a dar continuidade ao projeto proposto inicialmente, porém acolhendo novas abordagens e limitações, que surgiram com a pandemia do covid-19. A investigação culminou em uma abordagem multitemática, com a Modelagem e os sete saberes, sendo princípios organizadores na articulação de saberes.

A Modelagem Matemática em nenhuma das duas atividades empíricas foi anunciada aos estudantes, pois a intenção era ver como ela ocorre de forma natural, em um processo livre. Inspirada nas etapas de Bassanezi (2012), na primeira empiria as etapas foram utilizadas como processo organizador na análise e discussão dos dados. Enquanto que na segunda atividade multitemática a Modelagem assumiu dois ciclos organizadores da produção de dados. Bardin (2016) inspirou os procedimentos metodológicos iniciais da produção de dados, em ambas as atividades. Já a revisão de literatura foi procedimento constante no desenvolvimento de todas as práticas e a escrita do texto.

As temáticas abordadas estimularam reflexões sobre a conservação dos recursos naturais, questões socioeconômicas, culturais e de saúde pública. Mesmo não sendo anunciado é perceptível que ocorreram ações de Educação Ambiental, com foco na conscientização das problemáticas resultantes e provocadoras das mudanças climáticas.

Os infográficos/modelos foram cadastrados na Pró-reitoria de extensão da UFRA, como produtos gerando certificação aos participantes e, em seguida, inseridos nas redes sociais

facebook e *instagram*, a fim de promover divulgação do conhecimento científico. Devido à limitação de tamanho na plataforma do *instagram*, os produtos foram remodelados para o formato de animação resultando na publicação de pequenos vídeos.

Assim, ao realizar um *feedback* das atividades de Modelagem desenvolvidas no LabGEFA, discutidas a partir do olhar dos sete saberes da complexidade, compreende-se que estas possibilitaram a desfragmentação do conhecimento e a religação de saberes.

A partir das ideias delineadas ao longo das discussões é possível apontar algumas lacunas de estudo, a seguir. É necessário abordar sobre a importância dos manguezais em vários programas de pós-graduação e não somente nos específicos da área de ciências ambientais. Isto, como forma de dar visibilidade para que haja mais ações interferindo positivamente neste espaço e que essas informações transformem-se em cursos e projetos de extensão, a fim de alcançar um número maior de pessoas na comunidade acadêmica e na sociedade como um todo.

Há necessidade de mais estudos sobre as marrecas, no sentido de encontrar alternativas para reduzir o conflito na região e diminuir a pressão antrópica. Outra questão que merece uma abordagem refere-se ao uso da palavra “maretório”, como identidade cultural de um povo, o povo das marés, no intuito de documentar os dados.

Organizar essas informações e realizar publicações é necessário e de suma importância para auxiliar pesquisadores, durante os processos de revisão de literatura, para identificar lacunas de pesquisa ou levantar informações para escrever projetos, que sejam submetidos a editais. Para assim prover recursos financeiros, para estudos de conservação desses ecossistemas e proteção da identidade cultural. Além disso, também para dar visibilidade para tais problemáticas, fortalecendo o sentimento de que é indispensável proteger e lutar pela preservação e conservação, para manutenção da sadia qualidade de vida das gerações futuras.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, R. C. **Temas e modelos**. Campinas: Edição do autor UFABC, 2012.

MORIN, E. **Os setes saberes necessários à educação do futuro**. Tradução de Catarina Eleonora F. Silva e Jeanne Sawaya. São Paulo: Cortez, 2000.

MORIN, E. Jornadas Temáticas. **A religação dos saberes**. O desafio do século XXI. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2001.

APÊNDICE - AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA HUMANA

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: SABERES DA COMPLEXIDADE E MODELAGEM MATEMÁTICA NA INICIAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO SUPERIOR
Pesquisador Responsável: NEUMA TEIXEIRA DOS SANTOS
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 13995919.8.0000.0018
Submetido em: 09/09/2019
Instituição Proponente:
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1430551

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: SABERES DA COMPLEXIDADE E MODELAGEM MATEMÁTICA NA INICIAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO SUPERIOR

Pesquisador: NEUMA TEIXEIRA DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 13995919.8.0000.0018

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.681.102

Apresentação do Projeto:

Os modelos matemáticos são representações simplificadas dos fenômenos econômicos, socioambientais e culturais, entre outros, portanto, estas representações estão presentes no cotidiano algumas vezes de forma implícita e os sujeitos envolvidos não percebem a presença sutil da matemática gerando no estudo do formato tradicional de disciplinas o questionamento "para que serve tal assunto?". A importância de iniciar os estudantes em projetos de pesquisa e de extensão é de grande relevância no ensino superior, independente se estes são de cursos de licenciatura, bacharelado ou tecnológicos, pois a formação pessoal e profissional que se adquire em um grupo trará uma visão mais ampla acerca de problemáticas cuja solução necessite de múltiplos conhecimentos, tornando-os capazes de relacionar os assuntos estudados no ensino disciplinar e aprimorar o relacionamento de trabalho em grupo. A busca por essa desfragmentação do conhecimento levou ao encontro da teoria da complexidade de Edgar Morin e à luz de sua publicação "os sete saberes da complexidade para a educação do futuro" as atividades desenvolvidas pelos estudantes e professores em um projeto de pesquisa serão analisadas tendo como categorias de análise os sete saberes. Os dados serão coletados através de entrevistas, análise de material publicado e documentos, assim como, diário de campo para que possa identificar como a Modelagem Matemática está presente na pesquisa desenvolvida. Espera-se identificar os saberes da complexidade no material analisado e promover através dos resultados a

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá ,UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br