

**Tecitura entre Modelagem Matemática e saberes da complexidade na temática ambientação no manguezal**

**Weaving between Mathematical Modeling and knowledge of complexity in the theme of mangrove environment**  
A2

**Tejido entre la Modelización Matemática y el conocimiento de la complejidad en el tema del entorno de manglares**

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

Doutoranda em Educação em Ciências e Matemáticas – UFPA  
Docente da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

<https://orcid.org/0000-0003-3026-4296>

Roberta Modesto Braga <sup>2</sup>

Universidade Federal do Pará (UFPA)

<https://orcid.org/0000-0003-3747-5862>

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

Universidade Federal do Pará (UFPA)

<https://orcid.org/0000-0002-2728-8169>

**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 potencializadoras 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 cogestão de toda a sociedade a conservação desses ambientes. Para alcançar o objetivo nessa pesquisa, qual seja o 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,

---

<sup>1</sup> neuma.santos@ufra.edu.br

<sup>2</sup> robertabraga@ufpa.br

<sup>3</sup> adilson@ufpa.br

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 definida 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.

### **Abstract**

The fundamental role of the university is to provide its undergraduate students with articulation among the different types of knowledge. And in this respect, the relationships proposed in the literature among Mathematical Modeling and the seven knowledge of Edgar Morin's complexity can be an enabler of learning in a formation and ambience activity in the mangrove to monitor mangrove vegetation because it is a responsibility of co-management of society the conservation of these environments. To achieve the objective of this research to discuss the results of a Modeling activity based on the seven knowledge in the context of the mangrove environment, a workshop was held involving students from different degrees, university and community professors and from the description of field observation, from the reports and questionnaires produced by the students, it was possible to notice that all actions walked in agreement with the principle of complex thinking and the Modeling occurred freely, showing that even if it was not defined a priori, the steps were present throughout the process. Given the above, it is emphasized that transdisciplinary activities must take place without boundaries and the traditional boundaries of the university structure must be faced in the process of building the learning necessary to face the challenges of the 21st century.

**Keywords:** Conservation, Monitoring, Transdisciplinary, University.

### **Resumen**

Es papel fundamental de la universidad proporcionar a sus estudiantes de pregrado una articulación entre los diferentes tipos de conocimiento. Y en este sentido, las relaciones propuestas en la literatura entre el Modelaje Matemático y los siete conocimientos de la complejidad de Edgar Morin pueden ser un facilitador del aprendizaje en una actividad de capacitación y montaje en el manglar para monitorear la vegetación del manglar porque es una responsabilidad del co-manejo de la sociedad para la conservación de estos ambientes. Para lograr el objetivo de esta investigación para discutir los resultados de una actividad de modelación basada en los siete conocimientos en el contexto del escenario temático en el manglar, se realizó un mini-curso en que fueron envueltos los estudiantes de diferentes titulaciones, profesores universitarios y comunitarios y a partir de la descripción de la observación de campo, de los informes y cuestionarios elaborados por los estudiantes, se pudo percibir que todas las acciones caminaron en sintonía con el principio del pensamiento complejo y el Modelaje ocurrió libremente, mostrando que a pesar de no haber definido a priori, los pasos estuvieron presentes en todo el proceso. En vista de lo anterior, se enfatiza que las actividades transdisciplinarias deben desarrollarse sin fronteras y las fronteras tradicionales de la estructura universitaria deben ser enfrentadas en el proceso de la construcción de los aprendizajes necesarios para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

**Palabras clave:** Conservación, Monitoreo, Transdisciplinario, Universitario.

## **Tecitura entre Modelagem Matemática e saberes da complexidade na temática ambientação no manguezal**

O tema desta pesquisa<sup>4</sup>, Modelagem Matemática e os sete *saberes*<sup>5</sup> 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 essa delimitação de fronteiras que a literatura define como território é denominada pelos povos tradicionais como maretório. Esse conceito merece um estudo socioambiental e cultural sobre a identidade dos povos tradicionais, portanto nos parece fundamental estudos nesses espaços para dar visibilidade e mostrar a relevância social, ambiental, econômica, cultural, espiritual etc 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 realizou-se um minicurso de formação e ambientação com os estudantes, de áreas de formação distintas, no 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

---

<sup>4</sup> Este artigo é um recorte da tese de doutorado da primeira autora.

<sup>5</sup> Itálico quando referir-se à teoria dos sete saberes.

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 realizado 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 e por meio dos procedimentos metodológicos que envolveram a descrição e discussão dos resultados das atividades realizadas no minicurso presentes na observação participante, nos relatórios e questionários produzidos pelos estudantes 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 complexo da teoria da complexidade de Edgar Morin e ao permitir que atividades 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 a dificuldade de implementar de forma contínua atividades como essas em virtude do caráter limitante das estruturas universitárias.

### **Interlocução de saberes teóricos no percurso da pesquisa**

#### **Interlocução 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.

A teoria da complexidade de Morin (2000) tem seu cerne na etimologia da palavra complexidade, que vem 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 obra que será abordada na construção deste artigo é: Os sete *saberes* necessários à educação do futuro.

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. 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, e assim todos dependem dessa morada terrena, que sofre degradação social, econômica e ambiental. Portanto, 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 meio de comunicação com empatia necessária para a paz em um planeta repleto de seres humanos focados na ambição que gera 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 relações 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 norteada 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.

Portanto, nessa pesquisa teórica são estabelecidas duas relações significativas: entre Modelagem Matemática e complexidade, e dentre Modelagem Matemática e os sete *saberes*. Como o foco desse item é a Modelagem Matemática e os *saberes* da complexidade, na figura 1 encontra-se sintetizada as relações construídas por Levy e Espírito Santo (2011, p.173-175).

Figura 1.

*Quadro para as relações entre sete saberes e Modelagem Matemática (Adaptado de Levy & Espírito Santo (2011, p.173-175))*

Sete saberes	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.

A postura contextualizadora abordada por Morin e presente nas etapas de Modelagem Matemática requerem 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, 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, será 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.

## **Interlocução 2: Monitoramento de mangue em reserva extrativista marinha**

O monitoramento é o ato de acompanhar, de observar algo em determinado período. Portanto, neste item será 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 se refere a todo o ecossistema costeiro. Os manguezais estão sob a proteção jurídica tanto do novo Código Florestal, promulgado pela lei federal 12.651/2012 (Brasil, 2012, seção I e II), quanto do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela lei

9.985/2000 (Brasil, 2000, Seção Criação, implantação e gestão das unidades de conservação), onde algumas dessas áreas de manguezais foram incluídas como Unidades de Conservação (UC). Além disso, em 19/03/2018 houve a inclusão do Estuário do Amazonas e seus Manguezais como Sítio Ramsar.

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, 2019, seção Sítios Ramsar).

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, 2019, seção Categorias). Nesta pesquisa, o interesse é na Reserva Extrativista, classificada na categoria de uso sustentável, 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, 2019, seção Categorias).

As reservas extrativistas federais localizadas no bioma marinho costeiro são de gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e de co-gestão 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 sub-programas: o terrestre, o aquático continental e o Marinho e Costeiro.

Essa normativa é de caráter continuado e de longa duração, visando a avaliar a efetividade de conservação, à 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. (MMA, 2019, Seção Instrução Normativa N° 3/2017).

O monitoramento participativo requer um treinamento dos participantes. Fernandes (2012) afirma que para monitorar a vegetação 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, 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 o que reforça a necessidade da conservação desse ecossistema para o equilíbrio natural provendo benefícios econômicos mediante o serviço ecossistêmico (Santos et al., 2019).

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.

### **Procedimentos metodológicos**

Esta pesquisa baseou-se em uma abordagem qualitativa em que o foco é o estudo das variáveis não numéricas, portanto, 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 utilizar variadas técnicas de produção de dados e métodos de análise que depende 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 descritiva, pois esse 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 18 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 9 estudantes participaram dos três momentos da atividade) acompanhados por 4 professores e alguns membros da comunidade visitada (entre estes dois comunitários vinculados a associação), situada no entorno da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua, localizada em Tracuateua-PA.

Essa pesquisa de campo seguiu por três momentos: pré-campo, campo e pós-campo. 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 foi apresentado os três gêneros de mangue mais presentes na região, assim como, as características que as diferencia. 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 onde um estudante ficou próximo a árvore e outro estimou quantos daquele estudante formava a altura da árvore, a partir disso foi multiplicado o número estimado pela altura do estudante. Estes dados foram anotados em diário de campo para que fosse posteriormente utilizado nas fórmulas da figura

3 para os cálculos dos parâmetros fitossociológicos, que referem-se aos índices que caracterizam a estrutura de uma comunidade vegetal, seja ela vertical ou horizontal, e como tal medem a qualidade desse bosque de manguezal, assim como, sua conservação e regeneração.

O terceiro momento, pós campo, aconteceu no laboratório de informática onde foi explorado os procedimentos para realização dos cálculos em planilha do *software Microsoft office Excel* e 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 as informações de observação e os relatórios, além de questões relacionadas ao minicurso, semestre e tempo de participação no grupo, estavam questões referente as expectativas, a experiência e a integração do grupo na atividade de campo; 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 análise das informações da pesquisa oriundas dos relatórios e dos questionários foram inspirados na técnica de análise de conteúdo de Bardin (2016) que compõem três fases na análise de dados que são a pré-análise (leitura flutuante, escolha dos documentos, formulação da hipóteses e objetivos, elaboração de indicadores – (exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência); 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 a proposta teórica 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 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, 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.

Nesse caso para essa 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.

### **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 a priori, porém durante o processo de análise das informações foi possível identificar que havia um processo natural de etapas e a partir desse momento inspirou-se 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, optou-se por organizar as sequências das atividades em etapas para

tornar mais claro ao leitor os elementos de Modelagem presentes, assim 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.

### **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, portanto, 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 onde 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”.

Para facilitar a compreensão e discussão dos documentos, relatórios e dos questionários, buscou-se durante a leitura identificar excertos com características semelhantes e classificar os trechos que mencionam as seguintes etapas da atividade: o objetivo e a palestra pré-campo (continuação da primeira etapa - referente a escolha do tema) - na Modelagem é conhecido como interação que é o reconhecimento e a familiarização da problemática a ser modelada; 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 (Bassanezi, 2012).

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 ambiente de estudo remete a pertinência do conhecimento presente no pensamento complexo que considera que o ser humano e a sociedade tem um caráter multidimensional, ou seja, 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), economicus 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 a 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; 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 abaixo que se diferenciam e complementam-se.

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 e no objetivo apresentado é possível identificar a presença do saber, *os princípios do conhecimento pertinente*, o que remete a Levy e Espírito Santo (2011) que afirmam que na Modelagem deve-se assumir uma postura contextualizadora para compreender a complexidade do objeto estudado porque as informações que os estudantes receberam foi situada no contexto, desta forma os dados tiveram outro significado, diferente do que teriam se estes tivessem realizado a pesquisa somente por revisão de literatura.

### **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 realizou-se 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 sobre a agricultura da região e as características dos campos alagados. As ações ocorridas alinham-se com os *saberes enfrentar as incertezas* no sentido 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) e, nesse sentido, 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.

Na área indicada para a pesquisa 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 a 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, porém como se tratava de uma formação, onde o objetivo era mostrar os procedimentos de coleta em campo e ambientação para que estes vivenciassem 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.

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 3 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 à “altura do peito”, caso fosse inferior a altura estimada contaria como se fossem duas amostras. Após as coletas voltamos a 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)

Este momento foi marcado pelo ensinamento de um dos comunitários mostrando aos estudantes como comer o caranguejo de forma 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 para agradecer especialmente aos comunitários e

compartilhar os sentimentos em relação ao dia que vivenciaram. Os ensinamentos recebidos, a roda de conversa e o compartilhamento de sentimentos em relação a 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* que estimulou a consciência por meio do desenvolvimento das autonomias individuais, participações nas comunidades e do sentimento de pertencimento à espécie humana.

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 a 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, ressalta-se que foram mostradas a nível de gênero, 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 ressaltou 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”, “cheio 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 atenção em especial por se tratar de graduandos de diferentes áreas.

O último registro- graduando 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 a 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 a organização do conhecimento, ou seja, precisa-se reformar as mentes para mudar as estruturas universitárias, mas não é possível reformar a instituição sem a reforma do pensamento o que origina um paradoxo (Morin, 2003, p.36).

### **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 2. 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 aos leitores desse texto que a Modelagem adotada nessa atividade não assumiu nenhum processo pré-estabelecido e que essas etapas apresentadas foram definidas somente durante a escrita e a análise dos resultados apenas no intuito de organizar o texto, portanto, as etapas de Bassanezi (2012) são inspirações e não obrigação de seguir fielmente o que o autor propõem, 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 a própria constituição da Modelagem Matemática.

O encontro para analisar os dados iniciou com um retrospecto sobre o que haviam realizado em campo, e, em seguida foi discutido as fórmulas para cálculo dos parâmetros fitossociológicos e a relevância desses resultados para monitorar a qualidade do bosque de mangue.

Na figura 2 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 Diâmetro a 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 3, cujo  $AB$  que foi utilizado em maiúscula representa a área basal total das árvores ocorrendo um equívoco dos estudantes, cuja ação foi dialogada no momento do encontro para a matematização dos dados.

Figura 2.

*Resultado das medições realizadas pelos alunos nas três parcelas (Dados da pesquisa, 2020)*

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

Com a planilha aberta nos computadores, passou-se para o contexto de cálculos e ajustes de fórmulas utilizadas para calcular os parâmetros fitossociológicos mostrados na agregação de tabelas da figura 4. Os estudantes que tiveram mais facilidade, auxiliaram os colegas com mais dificuldade, colaboração inerente ao trabalho em conjunto conforme o quadro 1 no saber *ensinar a compreensão*.

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, apresentados na figura 3. 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 aquele resultado final informa sobre aquele bosque de

vegetação e qual a relevância dessas informações para a conservação e preservação da biodiversidade.

Figura 3.

*modelos utilizados nos cálculos dos parâmetros fitossociológicos (Relatório E2, 2020)*

$ni$ = 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	$IVI = DR + DoR + FR$

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 a 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*.

#### **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. Nos relatórios dos estudantes E1, E2, E3, E4, E6, E7 e E9 foram apresentadas as tabelas, figura 4, com os resultados dos cálculos dos parâmetros fitossociológicos.

Figura 4.

*Agregação de tabelas com os resultados dos cálculos dos parâmetros fitossociológicos  
(Elaborado pelos autores, 2020)*

Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos												
Gênero	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI				
Rhizophora	83,333	21,2766	33,333	25	3,258	4,246	25,523	50,523				
Avicennia	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
Rhizophora	10	21,28	83,33	33,33	25	639,5	203,66	0,36	3,02	13,64	34,91	59,91
Avicennia	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				
Rhizophora	83,33333333	21,2766	33,333333	6766,667	3,2577121	35,38087	56,65747	6823,324				
Avicennia	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. <sup>4</sup>												
Gênero	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	IVC	IVI				
Rhizophora	83,33	21%	33,33	25%	3,02	14%	35%	60%				
Avicennia	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				
Rhizophora	0,008333	0,21	0,333333	0,332226	3,018008	14,4779	14,69	15,02				
Avicennia	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				
Rhizophora	83,333	21,277	33,33	25	3,258	4,246	25,523	50,523				
Avicennia	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
Rhizophora m.	10	21,8	83,33	25	33,33	639,5	203,66	0,36	3,02	13,64	34,91	59,91
Avicennia s.	37	78,72	308,33	75	100	3037	967,2	2,29	19,12	86,36	165,09	204,09
Fonte: Relatório de E9												

Observou-se divergências nos resultados dos cálculos dos parâmetros e 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.

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, *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. (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% (ABREU et al., 2006). (E9)

Quando questionados sobre o tipo de informação que os cálculos dos parâmetros fitossociológicos geraram, os estudantes deram destaque sobre o monitoramento da qualidade do bosque de manguezal 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 a 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 dando resultados mais precisos e confiáveis com relação a 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 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)

O estudante E5 fez considerações sobre os resultados encontrados com uma análise crítica destacando que os dados analisados tratam de uma formação, portanto, para que sejam representativos da região onde foi realizada a atividade seria necessário demarcar um número maior de parcelas 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.

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)

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, pois no Brasil já ocorreram reduções devido a intensa exploração dos recursos naturais e 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.

[...] 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 e, por vezes também, a falta de uma cogestão dessas unidades com as comunidades usuárias dos seus recursos. (E6)

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 a área visitada foi citado o conflito existente de extração da vegetação do mangue para produção de carvão e currais de pesca, além disso a prática da caça ilegal das marrecas, conhecida na região por “pesca de marrecas”.

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.

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, 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.

### **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 presente em uma ação vários *saberes*, desta forma 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 permitiu a presença dos *princípios do conhecimento pertinente*; tal evidência reforça o papel contextualizador que a Modelagem Matemática favorece para 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 entendimento do todo. A condução de múltiplos olhares permitidos na atividade de Modelagem favoreceu os *saberes ensinar a*

*condição humana* pela complexidade humana, associado a *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 um 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 a 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 compreensão da linguagem de avaliação da qualidade de um bosque de vegetação, bem como sua representatividade associada a *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, porém durante o processo exaustivo da análise dos resultados ficou nítido que durante o processo aconteceu o que Bassanezi (2012) define como etapas de Modelagem, porém 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 a teoria do pensamento complexo de Edgar Morin, ou seja, não foram assumidas categorias possibilitando que em uma ação estivesse 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, desta forma, 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 oportunidade para quando estes atuarem profissionalmente tenham um olhar mais afetivo às necessidades de conservação desse ecossistema. Os estudantes ressaltaram a importância do trabalho em grupo tendo um significado que estes reconhecem o mérito da multiplicidade para a realização de trabalhos colaborativos.

Observou-se que diante das dificuldades que ocorrem no processo de alfabetização matemática no ensino básico, o que ocorre muitas vezes em um processo de Modelagem que assume que deve-se encontrar modelos é que os modelos matemáticos que os estudantes conseguem utilizar são simples refletindo apenas o conhecimento de matemática básica e nota-se que em alguns casos causa desânimo. No entanto, em atividades como essa 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 pode-se perceber que as temáticas desenvolvidas no espaço do LabGEFA têm um princípio transdisciplinar fundamentada 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. (2016). *Análise de Conteúdo*. Tradução: Luís Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70.
- Bassanezi, R. C. (2012). *Temas e modelos*. Campinas: Edição do autor UFABC.
- Braga, R. M. (2015). Aprendizagem em modelagem matemática pelas interações dos elementos de um sistema de atividade na perspectiva da teoria da atividade de Engestrom. [Tese de doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas, Universidade Federal do Pará]. <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/8523>
- 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. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)
- 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)
- Carmo, H., & Ferreira, Manuela. (2008). *Metodologia da Investigação - Guia para Autoaprendizagem*. 2ª Edição, Universidade Aberta, Lisboa.
- Chaves, M. I. de A., & Espírito Santo, A. O. do. (2008). Modelagem Matemática: uma concepção e várias possibilidades. *Boletim de Educação Matemática*, 21 (30), p. 149-161.

- Enricone, D. (2007). Ações interdisciplinares: autoria e características. In: Audy, J. L. N., & Morosini, M. C. (orgs.) *Innovation and interdisciplinarity in the university*. (469 - 476). Porto Alegre, Brasil: EDIPUCRS, 526 p, 2007.
- Fernandes, R. T. V. (2012). *Recuperação de manguezais*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Gressler, L. A. (2004). *Introdução à pesquisa: projetos e relatórios*. 2ª ed. rev. atual. São Paulo: Loyola.
- Levy, L. F. (2018). O Cotidiano, o Científico e a Modelagem Matemática: Relações Complexas. *Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática*, 11 (2), p. 172-177. <http://dx.doi.org/10.17921/2176-5634.2018v11n2p172-177>
- Levy, L. F., & Espírito Santo, A. O. do. (2010). Complexidade e Modelagem Matemática no processo de ensino-aprendizagem. *Revista Traços*, 2 (25), p. 131-148.
- Levy, L. F., & Espírito Santo, A. O. do. (2011). Modelagem matemática no ensino, complexidade e saberes necessários à educação do futuro. *Zetetike*, 19 (1), p. 165-177. <https://doi.org/10.20396/zet.v19i35.8646649>
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2019). Categorias. Brasília: MMA. <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/categorias.html>
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (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. [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/portarias/intrucao\\_normativa\\_03\\_2017.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/portarias/intrucao_normativa_03_2017.pdf).
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2019). Sítios Ramsar. Brasília: MMA. <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/s%C3%ADtios-ramsar.html>
- Morin, E. (2000). *Os setes saberes necessários à educação do futuro*. Tradução de Catarina Eleonora F. Silva e Jeanne Sawaya. São Paulo: Cortez.
- Morin, E. (2003). Da necessidade de um pensamento complexo. In: Martins, F. M.; & Silva, J. M. da (orgs.). *Para navegar no século XXI: tecnologias do imaginário e cibercultura*. (13-36). Porto Alegre: Sulina, 3ª. Ed.
- Morin, E. (2005). Para além do Iluminismo. *Revista FAMECOS: mídia, cultura e tecnologia*, 26, p. 24-28. <https://doi.org/10.15448/1980-3729.2005.26.3299>
- Morin, E. (2009). *Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios*. Maria da Conceição de Almeida, Edgard de Assis Carvalho. (orgs.) – 5ª ed. – São Paulo: Cortez.
- 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, RJ: Vozes.
- Ribeiro, F. N. (2011). Edgar Morin, o Pensamento Complexo e a Educação. *Pró-discente: Caderno de Produção Acadêmico-científica do Programa de Pós-graduação em Educação*, 17 (2), p. 40-50.
- Santos, A. (2010). *Didática sob a ótica do pensamento complexo*. Porto Alegre: Sulina, 2ªed.
- Santos, I. R., Beltrão, N. E. S., & Trindade, A. R. (2019). Carbono" azul" nos manguezais amazônicos: conservação e valoração econômica. *Revibec: revista de Iberoamericana de Economia Ecológica*, 31, p. 0018-28.

- Silva, B. P. L. (2013). A teoria da complexidade e o seu princípio educativo: as ideias educacionais de Edgar Morin. *Revista Polyphonia*, 22 (2), p. 241-254. <https://doi.org/10.5216/rp.v22i2.26682>
- Souza, E. S. R. de, & Espírito Santo, A. O. do. (2017). Alfabetização científica em ambiente de modelagem matemática. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 5 (1), p. 5-23. 10.26571/2318-6674.a2017.v5.n1.p5-23.i5334
- Tsuji, T., & Fernandes, M. E. B. (2008). *Replantando os manguezais: técnicas de reflorestamento*. 1. ed. Bragança-PA: Alves Gráfica e Editora.