



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

Tese de doutorado

LUIZ ANTONIO RIBEIRO NETO DE OLIVEIRA

**MODELAGEM MATEMÁTICA ARTICULADA À TEORIA ATOR-  
REDE EM UMA CASA DE FARINHA EM BREVES-PA**

BELÉM – PARÁ  
2022

LUIZ ANTONIO RIBEIRO NETO DE OLIVEIRA

Tese de doutorado

**MODELAGEM MATEMÁTICA ARTICULADA À TEORIA ATOR –  
REDE EM UMA CASA DE FARINHA EM BREVES-PA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Educação em Ciências e Matemática.

Área de concentração: Educação Matemática

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elizabeth Gomes Souza

BELÉM – PARÁ  
2022

**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)**

---

O48m                      Oliveira, Luiz Antonio Ribeiro Neto de.  
Modelagem Matemática articulada à Teoria Ator – Rede em  
uma casa de farinha em Breves-Pa / Luiz Antonio Ribeiro Neto de  
Oliveira. — 2022.  
95 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Elizabeth Gomes Souza  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de  
Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em  
Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2022.

1. Modelagem Matemática. . 2. Teoria Ator-Rede. . 3.  
Práticas matemáticas. . 4. Casa de farinha. . 5. Diplmodelos. .  
I. Título.

CDD 370

---

## TESE DE DOUTORADO

**Título: MODELAGEM MATEMÁTICA ARTICULADA À TEORIA  
ATOR – REDE EM UMA CASA DE FARINHA EM BREVES-PA**

Autor: Luiz Antonio Ribeiro Neto de Oliveira

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elizabeth Gomes Souza

Este exemplar corresponde a uma redação da tese proposta à comissão avaliadora do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de doutor em Educação Matemática.

Data: 17 / 03 / 2022

Orientadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elizabeth Gomes Souza

Comissão julgadora:

---

Prof. Dr. Fábio Augusto Rodrigues e Silva (Membro Externo)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Roberta Modesto Braga (Membro Externo)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida (Membro Interno)

---

Prof. Dr. JoséMessildo Viana Nunes (Membro Interno)

Dedico este trabalho ao Professor Doutor Adilson de Oliveira do Espírito Santo, que conduziu o Grupo de Estudos em Modelagem Matemática da Universidade Federal do Pará com eficiência e eficácia, deixando um legado humano capacitado e competente.

Luiz Antônio Ribeiro Neto de Oliveira

## AGRADECIMENTOS

Ao Deus criador de todos os actantes, que não foi suprimido como apoio às minhas necessidades espirituais para trilhar o processo deste trabalho.

Minha adorável mãe: Maria Raimunda Ribeiro Neto de Oliveira, não está viva para receber um merecido agradecimento, mas fica minha gratidão *in memoriam*, por ela ter sido meu principal porto seguro.

À minha amada esposa, Sandra Andrade dos Santos de Oliveira, e meu estimado filho, Luiz Henrique dos Santos de Oliveira, que muitas vezes, na escrita deste trabalho suportaram a ausência de minha alma, embora meu corpo estivesse bem próximo a eles.

A minha orientadora, Professora Doutora Elizabeth Gomes Souza, que me orientou na identificação de tópicos fundamentais à pesquisa, com forte senso de percepção.

Aos demais membros da banca avaliadora, Fábio Augusto Rodrigues e Silva, Roberta Modesto Braga, Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida e José Messildo Viana Nunes, que apresentaram contribuições também fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos componentes do Grupo de Estudos em Modelagem Matemática (GEMM), da Universidade Federal do Pará (UFPA), que contribuíram com algumas orientações acerca, tanto da Modelagem Matemática, quanto das normas técnicas para o trabalho acadêmico.

Aos diretores, professores e técnicos do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM), e aos bibliotecários e servidores terceirizados do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI), todos da Universidade Federal do Pará (UFPA), por seus valiosos apoios.

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e seu Campus Universitário Marajó Breves (CUMB), a partir de sua Faculdade de Matemática (FAMAT), por viabilizarem minha liberação das atividades acadêmicas para o desenvolvimento desta pesquisa.

Pelo desenrolar de minha dinâmica história de vida, há muitos atores que não constam nesta lista, mas que merecem meus agradecimentos.

O sentido de uma situação é definido por dois tipos de dados: um que permite a exploração da diversidade de associações e outro que permite a exploração da diversidade de valores.

Bruno Latour

## RESUMO

Esta tese teve como objetivo geral, configurar uma abordagem para desenvolver atividades de modelagem matemática que fosse articulada à Teoria Ator-Rede. Espera-se apresentar a Modelagem Matemática como um campo de estudos que trata da construção de modelos matemáticos, a partir de redes sociotécnicas, ou seja, de relações simétricas e híbridas entre os atores humanos e não-humanos, constituintes de determinada cultura. E atender a questão da intransferibilidade de sentido de realidades de uma cultura a outra. Os objetivos específicos decorrentes foram: articular elementos da Teoria Ator-Rede a elementos da Modelagem Matemática para delinear a referida configuração, e construir modelos matemáticos a partir da prática de produção de farinha, em uma casa de farinha no município de Breves, articulados à Teoria Ator-Rede, como uma proposta para a referida configuração. Como consequência, obteve-se uma abordagem que possibilita a professores e estudantes a investigação de problemas a partir de práticas socioculturais com o intuito de construir um modelo matemático, não necessariamente regido por conteúdos escolares ou acadêmicos, que represente a referida prática. A descrição realizada na eleita casa de farinha com foco em relações entre humanos e não-humanos, de maneira híbrida e simétrica, é caracterizada como uma das etapas iniciais para atividades de modelagem matemática. Nas etapas seguintes, identificam-se práticas matemáticas sobre as quais devem ser identificadas questões a serem resolvidas por meio de configuração de diplomodelos matemáticos. O processo para se chegar aos diplomodelos matemáticos, a partir de práticas socioculturais deve ser orientado pelas seguintes etapas: **prática performada, descrição sociotécnica, figurações matemáticas, identificação de problemas, configuração matemática e socialização de móvel imutável.**

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Teoria Ator-Rede. Práticas matemáticas. Casa de farinha. Diplomodelos.

## ABSTRACT

The general objective of this thesis was to configure an approach to develop mathematical modeling activities which was articulated to the Actor-Network Theory. It is expected to present the Mathematical Modeling as a field of studies that deals with the construction of mathematical models from sociotechnical networks, that is, symmetric and hybrid relationships between human and non-human actors constituents of a particular culture. And answer the question of the non-transferability of meaning of realities from one culture to another. The specific objectives were to articulate elements of Actor-Network Theory to elements of the Mathematical Modeling to delineate the said configuration and to construct mathematical models from the practice of flour production in a flour house in the city of Breves articulated to the Actor-Network Theory as a proposal for that configuration. As a result, an approach was obtained that enables teachers and students to investigate problems based on sociocultural practices in order to build a mathematical model, not necessarily governed by school or academic content, that represents that practice. The description in the chosen flour house focusing on relationships between humans and non-humans, in a hybrid and symmetrical way, is characterized as one of the initial steps for mathematical modeling activities. In the following steps, mathematical practices are identified on which questions must be identified to be resolved through the configuration of mathematical diplomodels. The process to arrive at mathematical diplomodels from sociocultural practices must be guided by the following steps: **performed practice, sociotechnical description, mathematical figurations, problem identification, mathematical configuration and socialization of immutable mobile.**

Keywords: Mathematical Modeling. Actor-Network Theory. Mathematical practices. Flour house. Diplomodel.

## RESUMEN

El objetivo general de esta tesis fue configurar un enfoque para desarrollar actividades de modelado matemático que se articuló a la Teoría Actor-Red. Se espera presentar el Modelado Matemático como un campo de estudios que se ocupa de la construcción de modelos matemáticos desde redes socio-técnicas, es decir, relaciones simétricas e híbridas entre actores humanos y no humanos que conforman una cultura determinada. Y responder a la pregunta de la intransferibilidad del significado de las realidades de una cultura a otra. Los objetivos específicos resultantes fueran articular elementos de la Teoría Actor-Red a elementos de la Modelado Matemático para delinear la configuración antes mencionada, y construir modelos matemáticos a partir de la práctica de la producción de harina en una casa de harina de la ciudad de Breves articulado a la Teoría Actor-Red como propuesta para esta configuración. Como resultado, se obtuvo un enfoque que capacita a docentes y estudiantes para investigar problemas a partir de prácticas socioculturales con el fin de construir un modelo matemático, no necesariamente regido por el contenido escolar o académico, que represente esa práctica. La descripción en el casa harinero elegido centrada en las relaciones entre humanos y no humanos, de manera híbrida y simétrica, se caracteriza como uno de los pasos iniciales para las actividades de modelado matemático. En los siguientes pasos se identifican prácticas matemáticas sobre las cuales se deben identificar preguntas para ser resueltas mediante la configuración de diplomodelos matemáticos. El proceso de llegar a diplomodelos matemáticos basados en prácticas socioculturales debe estar guiado por los siguientes pasos: **práctica realizada, descripción sociotécnica, figuraciones matemáticas, identificación de problemas, configuración matemática y socialización de móvil inmutable.**

Palabras clave: Modelización matemática. Teoría actor-red. Prácticas matemáticas. Casa de harina. Diplomodelo.

## LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Precursores da Modelagem Matemática.....	28
Imagem 2 – Latour e bibliografia básica .....	46
Imagem 3 – Casa de farinha .....	64
Imagem 4 – Sacas de fibras e raízes de mandioca.....	64
Imagem 5 – Camburão .....	65
Imagem 6 – Cevadeira.....	65
Imagem 7 – Prensa .....	66
Imagem 8 – Bacia de madeira .....	66
Imagem 9 – Lata de tinta .....	66
Imagem 10 – Peneira .....	67
Imagem 11 – Forno .....	67
Imagem 12 – Rodo .....	68
Imagem 13 – Lenha .....	68
Imagem 14 – Saco plástico.....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tabela de relação entre tempo e variável.....	29
Figura 2 – Gráfico de curva de tendência relativa a tabela da figura 1 .....	29
Figura 3 – Gráfico e função de uma curva de tendência .....	30
Figura 4 – Esquema simplificado de modelagem.....	32
Figura 5 – Esquema que ilustra o processo de ocorrência das etapas .....	34
Figura 6 – Fases da modelagem matemática .....	36
Figura 7 – Blocos de <i>quilts</i> .....	53
Figura 8 – Bloco <i>Quilt Shoo Fly</i> - um dos padrões utilizados para fuga dos escravizados.....	53

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Participação de aluno e professor nos casos de Modelagem .....	40
Quadro 2 – Possibilidades para Modelagem Matemática em sala de aula .....	56
Quadro 3 – Etapas de modelagem articulada à Teoria Ator-Rede .....	56

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 – Híbridos de natureza e sociedade.....	43
Diagrama 2 – Formas simbólicas .....	47
Diagrama 3 – Móveis imutáveis.....	49
Diagrama 4 – Delegação.....	50
Diagrama 5 – Tradução .....	51
Diagrama 6 – Mediações que envolvem o corpo de TBD.....	74
Diagrama 7 – Mediações que envolvem afetos entre TBDs .....	75
Diagrama 8 – Mediações transformadoras sobre as raízes de mandioca .....	75
Diagrama 9 – Mediações entre instituições diversas.....	76
Diagrama 10 – Figurações para fornadas de farinha .....	78
Diagrama 11 – Figurações para raízes de mandioca em sacas de fibras .....	79
Diagrama 12 – Figurações para processos sobre as raízes de mandioca.....	79
Diagrama 13 – Figurações para percepções sobre a torragem de farinha .....	80
Diagrama 14 – Figurações para lata, saco, massa e farinha .....	81
Diagrama 15 – Diplomodelo para fornadas de farinha.....	81
Diagrama 16 – Diplomodelo para raízes de mandioca em sacas de fibras.....	82
Diagrama 17 – Diplomodelo para processos sobre as raízes de mandioca .....	83
Diagrama 18 – Diplomodelo das percepções do trabalhador .....	84
Diagrama 19 – Diplomodelo do ator-rede “farinha” .....	85

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>1 TRAJETÓRIA ACADÊMICA E CIENTÍFICA</b> .....	18
1.1 DA GRADUAÇÃO AO MESTRADO: COMPREENSÕES SOBRE MATEMÁTICA E SEU ENSINO .....	18
1.2 A CAMINHO DO DOUTORADO: MODELAGEM A PARTIR DE PRÁTICAS MATEMÁTICAS .....	22
<b>2 MODELAGEM MATEMÁTICA</b> .....	27
2.1 A MODELAGEM MATEMÁTICA: HISTÓRICOS E ALGUMAS PERSPECTIVAS .....	27
2.2 MODELAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA SOCIOCRÍTICA .....	39
<b>3 MODELAGEM MATEMÁTICA ARTICULADA À TEORIA ATOR-REDE</b> .....	42
3.1 ELEMENTOS DA TEORIA ATOR-REDE E SEUS USOS NA EDUCAÇÃO .....	42
3.2 MODELAGEM MATEMÁTICA ARTICULADA À TEORIA ATOR-REDE .....	52
<b>4 DESCRIÇÃO SOCIOTÉCNICA EM UMA CASA DE FARINHA</b> .....	58
4.1 MUNICÍPIO DE BREVES: LOCAL DA PRÁTICA DE PRODUÇÃO DE FARINHA .....	58
4.2 DESCRIÇÃO DA REDE SOCIOTÉCNICA .....	63
<b>5 DESENVOLVIMENTO DE MODELAGEM ARTICULADA À TEORIA ATOR- REDE</b> .....	72
5.1 ACTANTES E MEDIAÇÕES A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NA CASA DE FARINHA .....	72
5.2 ATORES-REDE A PARTIR DA ENTREVISTA NA CASA DE FARINHA .....	74
5.3 PRÁTICAS, QUESTÕES E DIPLOMODELOS .....	77
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	87
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	89
<b>APÊNDICE</b> .....	95

## APRESENTAÇÃO

Na presente tese apresento a configuração de uma abordagem para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática que foi articulada à Teoria Ator-Rede. Essa teoria trata da construção do coletivo social por meio de redes sociotécnicas, ou seja, considerando a articulação simétrica e híbrida, tanto de elementos humanos, quanto de elementos não-humanos. Trata também do mesmo tipo de articulação entre as diversas culturas, que estão em constantes transformações. Nesse sentido, pretendo apresentar uma compreensão para a Modelagem Matemática, que a considere como uma construção de modelos matemáticos que emergem de práticas que se manifestam em culturas específicas e instáveis. E responda à questão da intransferibilidade de significado de realidades de uma cultura para outra.

Em seguida, apresento a descrição de uma rede sociotécnica, a partir da prática de produção de farinha em uma casa de farinha no município de Breves, no arquipélago do Marajó, no estado do Pará. Essa descrição, denominada descrição sociotécnica, foi orientada por elementos da Teoria Ator-Rede, com o propósito de compor uma atividade de modelagem matemática que não se instrumentou com conhecimentos *a priori*. Dessa forma, a prática de produção de farinha e sua descrição foram eleitas como etapas iniciais da referida atividade de modelagem matemática. A partir de então foram realizadas as demais etapas de modelagem, até se chegar a modelos matemáticos que denominei diplomodelos.

Para expor minha postura quanto ao ensino de matemática, relato minha história de vida, a partir de algumas considerações acerca de minha vida acadêmica. Começo com o período em que cursei a licenciatura em Matemática na Universidade do Estado do Pará. Em seguida, passo pelo período em que atuei como professor substituto na Universidade Federal do Pará e concomitantemente como professor itinerante na Universidade do Vale do Acaraú. Finalmente, chego ao período em que passei a fazer parte do quadro de docentes efetivos da Universidade Federal do Pará, sendo lotado na Faculdade de Matemática do Campus Universitário Marajó-Breves.

Nessa trajetória concebi a Matemática como um conjunto de axiomas representados por uma linguagem específica, que formavam uma estrutura lógica e universal, que se desenvolvia por meio de processos dedutivos. Mas depois compreendi que essa era apenas uma das maneiras de tratar a Matemática, um conjunto de conhecimentos objetivos, independentes da subjetividade humana. Então, passei a compreender a Matemática como

uma ação que objetiva compreender e tomar decisões no seio da comunidade em que se vive, e que é sujeita a ações subjetivas do investigador.

Modifiquei, portanto, minha maneira de ensinar Matemática. Passei da aplicação exclusiva de um ensino clássico, que focava na transmissão e recepção de conteúdo matemático, a um ensino que considerava também a realidade dos alunos e a produção de matemáticas sujeitas à subjetividade dos indivíduos, sob a influência da comunidade em que habitam. Para isso, aproximei-me do campo de pesquisa de ensino denominado de Modelagem Matemática, que me influenciou a prosseguir meus estudos acadêmicos de pós-graduação, que me conduziram a este doutorado, na área de Educação Matemática, no Programa de pós-graduação do Instituto de Ensino em Matemática e Ciências da Universidade Federal do Pará.

Para a organização deste trabalho, utilizei uma distribuição em capítulos e seções que foram apresentados da seguinte maneira:

No capítulo um descrevi minha trajetória acadêmica desde a graduação ao doutorado. Em seguida, explicito minha questão e meus objetivos para esta pesquisa.

No capítulo dois abordei sobre a estratégia educacional denominada Modelagem Matemática tanto na perspectiva que se dedica de forma muito restrita ao conteúdo matemático, quanto na perspectiva sociocrítica que se orienta por englobar aspectos sociais que envolvem a realidade daqueles que ensinam e aprendem. Apresentei, ainda, a necessidade do trabalho com modelagem matemática a partir de práticas matemáticas.

No capítulo três tratei sobre a Teoria Ator-Rede, sua utilização em pesquisa educacional e sua articulação à Modelagem Matemática. Apresentei também uma abordagem para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, articulada à Teoria Ator-Rede, juntamente com suas etapas e possibilidades de realização.

No capítulo quatro descrevi as práticas matemáticas na produção de farinha, em uma casa de farinha no município de Breves, sob a luz da Teoria Ator-Rede. Antes, porém, apresentei um relato sobre o município de Breves e sobre a raiz de mandioca, que é utilizada para a produção de farinha.

No capítulo cinco expus uma proposta para a realização de atividades de modelagem matemática, sob a abordagem de desenvolvimento construída neste trabalho, a partir de uma prática de produção de farinha. Dessa forma, enunciei uma possibilidade de atuação que vai da etapa denominada “prática performada” até a etapa denominada “configuração” matemática.

Concluí com minhas considerações acerca deste trabalho, apresentando aqui algumas limitações e contribuições da pesquisa, e uma sugestão para pesquisas posteriores.

## **CAPÍTULO I**

### **TRAJETÓRIA ACADÊMICA E CIENTÍFICA**

Neste capítulo, em um primeiro momento, apresento como me envolvi com um ensino de matemática considerado universal e objetivo, desde a graduação na Universidade do Estado do Pará até a condição de professor substituto da Universidade Federal do Pará. Em seguida, relato como adotei outra visão de ensino de matemática, a partir de meu ingresso no quadro de professores efetivos da Universidade Federal do Pará, lotado na Faculdade de Matemática do Campus Universitário Marajó-Breves. Na primeira perspectiva para a Matemática, o ensino é pautado na transmissão e recepção do conhecimento, descartando a relação do conhecimento matemático com a vivência dos estudantes, já na segunda, o ensino de matemática deve estar vinculado à cultura dos alunos. Finalmente, comunico sobre meu ingresso no doutorado do Programa de Pós-Graduação de Ensino em Ciências e Matemática do Instituto de Ensino de Matemática e Ciência da Universidade Federal do Pará, juntamente com minha questão de pesquisa e seus objetivos.

#### **1.1 DA GRADUAÇÃO AO MESTRADO: COMPREENSÕES SOBRE MATEMÁTICA E SEU ENSINO**

No decorrer de minha permanência no ensino superior, no curso de Licenciatura Plena em Matemática da Universidade Estadual do Pará (UEPA), de 1993 a 1997, minha perspectiva acerca da Matemática consolidou-se como um saber formal, que utilizava axiomas de maneira dedutiva para produzir teoremas. A partir dessas construções e suas propriedades, o ensino de Matemática deveria desenvolver-se por meio da resolução de exercícios já determinados nos livros didáticos.

Ingressei em 1999 na Universidade Federal do Pará (UFPA), na condição de professor substituto e, cada vez mais, aquela perspectiva padrão sobre a Matemática me envolvia. Assim, a formalidade matemática tornava-se progressivamente fascinante para mim, enquanto eu ministrava disciplinas com conteúdo matemático formal a cursos de outras áreas do conhecimento.

Dessa forma, metodologicamente, as atividades de ensino de Matemática eram iniciadas com a explanação teórica do conteúdo a ser ensinado. Em seguida, eram dados alguns exemplos para serem resolvidos pelo professor, com a utilização de fórmulas.

Finalmente, eram entregues exercícios que deviam ser resolvidos com auxílio das fórmulas memorizadas. Todas essas atividades eram fundamentadas em livros-texto de Matemática.

Nessa perspectiva de ensino, considera-se que os exercícios dos livros-texto de Matemática fornecem todas as informações que são necessárias e suficientes para sua resolução (SKOVSMOSE, 2008). Este material deve ser seguido quase que completamente página por página e a utilização de outros materiais didáticos ocorre apenas como complemento. Essa maneira de organizar a Educação Matemática, denominada “paradigma do exercício”, é caracterizada também pelo descarte de questões sobre as funções sociais da Matemática (SKOVSMOSE, 2007).

No período em que ministrei aulas de Matemática na condição de professor substituto da UFPA, aos diversos cursos de engenharia e de outros bacharelados, progressivamente fui entendendo que aquelas informações apresentadas aos acadêmicos só eram importantes para os cursos que estavam matriculados, a partir de minha perspectiva. Mas para eles, era difícil interligá-las com atividades concernentes às suas vivências profissionais.

Os estudantes até se apropriavam das fórmulas matemáticas para resolverem exercícios relacionados às suas áreas de conhecimento, porém não conseguiam mobilizar modelos matemáticos quando eram convidados a realizar estudos de casos relativos às suas vivências profissionais. Isso ocorre porque no modelo de ensino clássico, que é caracterizado pelo paradigma do exercício, dificilmente o professor motiva o exercício da criatividade e o desenvolvimento de competências matemáticas nos estudantes, para utilização em situações da vida cotidiana (SKOVSMOSE, 2007).

O modelo de ensino clássico popularizou-se mundialmente a partir da reforma do ensino da década de 60 do século XX. Contudo, no final dessa década, o matemático holandês Hans Freudenthal iniciou um movimento de oposição aos modelos clássicos de ensino, que defendia a necessidade do ensino de matemática vinculado a uma concepção em que os alunos fossem capazes de descrever uma situação não matemática com instrumentalização de ferramentas matemáticas que podem ajudar a organizar e resolver um problema (SILVA; ALMEIDA, 2014).

Na perspectiva do ensino clássico, a Matemática é formada a partir de axiomas descontextualizados e universais e pelas suas relações obtidas de maneira dedutiva. De encontro a esse modo de conceber a Matemática, D’Ambrósio (1996) a caracteriza como uma disciplina com a qual a humanidade ao longo de sua história desenvolve estratégias para explicar, entender, manejar e conviver com a realidade sensível e perceptível, dentro de um contexto natural e cultural.

No entanto, a ideia de uma matemática pura, formal e universal, que foi produzida por axiomas que são considerados como verdades inquestionáveis e pode ser compreendida independente do espaço e do tempo, é geralmente corroborada pela universidade e pela escola (VILELA, 2013). Os que justificam que o conhecimento matemático se dá pela descoberta, o definem como que já está pronto, tanto no homem quanto no mundo, basta que o descubramos, tornando-o assim um conhecimento imutável, a-histórico e inquestionável (CALDEIRA, 2009).

Essa ideia é sustentada fortemente pela utilização da demonstração lógica formal como único instrumento para a produção de resultados válidos. Entretanto, esse conhecimento matemático é apenas um entre várias e diferentes outras práticas desse tipo, que ocorrem em culturas diversas (VILELA, 2013).

Nesse sentido, de acordo com Macedo (2002), em seus estudos sobre competências no ensino, as tarefas de ensino devem ser propostas para que o estudante também mobilize recursos e ative esquemas que o capacitem para tomada de decisões quando estiver diante de conflitos. Para esse autor, as situações-problema, que são fragmentos de fenômenos relacionados com nosso cotidiano, são fontes estimulantes para a proposta de tarefas de ensino. Freitas (2010) afirma que não é só o conteúdo o componente a ser valorizado na Educação Matemática, mas também o desenvolvimento da capacidade dos aprendizes, por meio do saber matemático, para solucionar problemas.

Nesse contexto, o matemático holandês Hans Freudenthal (*apud* FERREIRA; BURIASCO, 2016) compreendia a Matemática como um meio de organizar e lidar com um determinado assunto, que pode envolver a procura e resolução de problemas e a conceituação de um tema estudado a partir de um ponto de vista matemático. Para Freudenthal, a função da Matemática é a modelação de assuntos, tanto da realidade, quanto do próprio conhecimento matemático construído. Em qualquer caso, a Matemática deve estar próxima do aluno, ser relevante para a sociedade e ser de valor humano (FERREIRA; BURIASCO, 2016).

A partir da reflexão sobre essas leituras, passei a compreender a Matemática de outra maneira, não apenas como um conhecimento formal, mas também como uma construção conceitual, a partir do encontro do sujeito com o mundo e a realidade em que vive. Passei a entender também que a matemática produzida em determinado contexto é constituída por esquemas que podem nos levar a agir de acordo com regras construídas a partir de nosso cotidiano, para tomadas de decisões diante de problemas com objetivo do desenvolvimento da sociedade.

Essas novas percepções acerca da Matemática começaram a se consolidar quando ingressei no quadro de professores efetivos da UFPA com lotação na Faculdade de Matemática (FAMAT) do Campus Universitário Marajó-Breves (CUMB), em 2010. Como fui residir no município de Breves, passei a conhecer uma realidade dessa localidade que consistia em grande escala nas produções artesanais. Percebi que minha atuação seria mais produtiva se incentivasse os discentes a se envolverem pela busca de ensino e de aprendizagem de Matemática relacionados com as condições humanas relacionadas a esse município em seus diversos aspectos.

Para isso, fui à busca de um suporte teórico que não predominasse o ensino clássico de Matemática. Em uma busca por referências na Educação Matemática, defrontei-me com uma de suas tendências, que estava relacionada com a perspectiva de Matemática discutida nos parágrafos anteriores, que foi a Modelagem Matemática.

As atividades de modelagem matemática têm um potencial de favorecer a superação das práticas pedagógicas clássicas em Educação Matemática. (CANEDO JR; KISTEMANN JR, 2017). Isso ficou evidente para mim, após eu aplicar atividades de modelagem matemática no ensino básico, pois os estudantes passaram a relacionar a Matemática com seu cotidiano.

Meu primeiro contato com ideias acerca da Modelagem Matemática ocorreu quando atuava como professor, no Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade do Vale do Acaraú em Belém do Pará, por volta do ano de 2006. Até então, eu não havia tido contato com esse conhecimento, o que se realizou por meio da leitura de uma das apostilas do referido curso. Isso se tornou progressivamente um elo entre meu interesse pela Matemática Aplicada e a Educação Matemática. A propósito, a Modelagem Matemática na Educação emergiu a partir de matemáticos aplicados (BARBOSA, 2001a). A consolidação dessa conexão aconteceu com a necessidade de adotar processos de modelagem matemática, como estratégia de ensino no Campus Universitário Marajó Breves (CUMB), a partir do ano de 2012.

A Modelagem Matemática possui múltiplos aspectos que favorecem o ensino da Matemática, entre eles: o maior interesse do grupo, a maior interação dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, as possibilidades de discutir uma forma diferenciada de conceber a educação e, em consequência, a adoção de uma nova postura do professor. Uma atividade com os estudantes em grupos e discutindo questões do seu interesse torna o ensino da Matemática mais dinâmico e, conseqüentemente, mais significativo (BURAK, 2004).

Entretanto, há também desvantagens a serem consideradas em processos de modelagem matemática. Uma delas é a dificuldade, por parte dos estudantes, na tarefa de elaborar uma questão a partir da realidade, pois isso implica no reconhecimento de

possibilidades de encaminhamento, resolução e resposta a um problema não matemático, a ser proposto por meio da Matemática (VERTUAN; ROBIM, 2014). Existem, igualmente, alguns obstáculos que agem sobre professores no e para o ensino orientado pela Modelagem Matemática. Por exemplo: a falta de tempo para cumprir o programa, falta de habilidades necessárias para execução das tarefas, o tempo ser insuficiente para preparação das tarefas em detalhes e falta de organização didática para o ensino orientado por elementos da Modelagem Matemática (SODRÉ; GUERRA, 2018).

Uma atividade de modelagem matemática se inicia com a escolha de um tema relacionado ao cotidiano dos aprendizes e segue com a estruturação de um problema não matemático. Conseqüentemente, converte-se o problema anterior em um problema matemático a ser resolvido. Nesse processo há a formação de símbolos matemáticos e o modelo matemático é construído na síntese destes símbolos (ALMEIDA; VERTUAN, 2014).

Skovsmose (2007) informa que um modelo matemático representa aspectos da realidade na linguagem matemática, e esse modelo torna-se parte da realidade social. O autor afirma também, que por meio da Matemática podemos representar algo ainda não compreendido, um discurso que pode produzir nosso mundo e usar um modelo para legitimar as decisões já tomadas.

Após inserir a Modelagem Matemática em minhas atividades de ensino, ingressei no Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação de Ensino em Ciências e Matemática (PPGECM) do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) da UFPA, o que ocorreu no ano de 2013. Minha dissertação de mestrado resultou em uma perspectiva para a escolha do tema em Modelagem Matemática na Educação, em junho de 2015. Essa dissertação gerou um artigo que foi publicado na revista “Educação Matemática em Revista” (EMR), número 45, em agosto do mesmo ano, cujo título foi “A escolha do tema em Modelagem Matemática”.

## 1.2 A CAMINHO DO DOUTORADO: MODELAGEM A PARTIR DE PRÁTICAS MATEMÁTICAS

Após concluir meu curso de mestrado, meu interesse voltou-se às etapas seguintes à escolha do tema em Modelagem Matemática. Nestas etapas, o conhecimento matemático torna-se mais requisitado e era isso que eu queria trabalhar daquele momento em diante. Para tanto, comecei a focar em saberes que me direcionaram a relacionar a Matemática com as culturas de uma maneira interdependente. Vale ressaltar que um pesquisador em Modelagem Matemática pode ter seu foco voltado também para a construção do objeto matemático, para a

cognição dos alunos, para a aplicação do objeto matemático, para os aspectos didáticos da matemática, entre outros (KAISER; SRIRAMAN, 2006).

No contexto cultural, Radford (2011) critica a tradição epistemológica racionalista, na qual o pensamento e o conhecimento são caracterizados pela lógica matemática emancipada da cultura do indivíduo, e que sustenta a ideia da existência de um único modo de pensar. Para essa epistemologia, esse modo de pensar é suficiente para garantir a aquisição de um conhecimento verdadeiro. Esse autor afirma que as práticas de cada povo são direcionadas por orientações culturais que obedecem a sistemas de crenças que se constituem nos distintos modos de percepção de um povo.

Neste contexto, em reuniões no Grupo de Estudos em Modelagem Matemática (GEMM) no IEMCI da UFPA, baseados nas ideias de Knijnik e Duarte (2010), houve discussões acerca da importância de se aproximar da realidade dos estudantes nas aulas de Matemática. De acordo com as autoras, esse pensamento tem sustentação no campo de pesquisada Etnomatemática, que argumenta sobre a relevância de que sejam consideradas realidades fora da escola nos processos de escolarização.

Assim, muitos pesquisadores e professores estão imbricados nessa sustentação, e no fato de que trazer a realidade dos aprendizes para as aulas de Matemática permitiria a assimilação dos conteúdos matemáticos acadêmicos que lhe são relevantes como ferramentas a serem utilizadas em sua prática social e no atendimento de seus interesses e necessidades. Contudo, esse entendimento não é consensual, pois há alguns pesquisadores e docentes que atentam para as diferenças culturais entre matemática escolar e realidade dos aprendizes, e evidenciam as relações de poder que são instituídas sobre os saberes culturais, que são excluídos do contexto escolar (KNIJNIK; DUARTE, 2010).

Para Knijnik e Duarte (2010) não há transferência pura de significação entre práticas não escolares e matemática escolar. Não há permanência de sentido, e sim sua transformação pela mobilização de práticas não escolares até a escola. Desta maneira, a operação de transferência de significado não é possível. Essa mobilização pode fazer emergir realidades que legitimam certas práticas e não outras.

Sob o impacto do texto de Knijnik e Duarte (2010), com o olhar nas significações construídas no interior de cada prática, minhas leituras direcionaram-me à investigação acerca de práticas matemáticas e seus desdobramentos para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática em sala de aula. Para isso, utilizei a definição de práticas

socioculturais<sup>1</sup>, de Antonio Miguel. Esses tipos de práticas são coencenadas por corpos humanos e outros seres naturais (MIGUEL, 2010; SOUZA, 2019).

Nesse contexto, temos matemáticas envolvidas na realização de práticas socioculturais, que têm a valorização de suas problematizações realizadas em diferentes grupos de pessoas que têm atividades comuns. Essas práticas matemáticas se apresentam na forma de ações normativas, que orientam inequivocamente os processos de tomadas de decisão durante a realização das práticas. As ações normativas fundamentam-se sobre as práticas socioculturais mobilizadoras de quantidades e formas, e suas regras estão profundamente enraizadas em determinada cultura (MIGUEL; VILELA; MOURA, 2010).

Compreendi que as práticas matemáticas, por não considerarem apenas as ações de humanos, são constituídas por uma complexidade que necessita ser abordada cuidadosamente para uma melhor compreensão de mundo, e que uma atividade de modelagem matemática pode utilizar essas práticas sem recorrer primordialmente ao conhecimento escolar. Vislumbrei uma possibilidade de abordar e entender a Modelagem Matemática a partir da perspectiva de práticas matemáticas, desde sua concepção até seus desdobramentos em etapas, para corroborar uma compreensão matemática de determinada prática estudada.

Assim, esse estudo visou considerar a inserção dos não-humanos como coparticipantes da produção do conhecimento, na elaboração de uma proposta para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, que aborde as peculiaridades das práticas matemáticas em suas próprias mobilizações culturais. Coutinho *et al.* (2014) sugerem que se queremos atuar em uma prática que inclua os não-humanos na construção do conhecimento, precisamos de uma teoria que nos permita pensar os não-humanos como coparticipantes das ações e relações humanas.

Então, para considerar essas questões em Modelagem Matemática, aproximei-me da Teoria Ator-Rede, que foi sistematizada pelo antropólogo francês Bruno Latour. Essa teoria refere-se, de acordo com Latour (2012), ao estudo de como conceder aos atores humanos e não-humanos espaço para se expressarem em uma sociedade que está em constantes mudanças. Esta tese alude à noção de redes sociotécnicas e suas possibilidades metodológicas nas questões de pesquisa, bem como ao seu embasamento teórico.

---

<sup>1</sup>Prática sociocultural é um conjunto articulado, intencional e regado de ações efetivas, que retiram suas significações das práticas discursivas constituídas nas comunidades que as realizam, e que mobilizam simultaneamente objetos culturais, propósitos, desejos, memórias, afetos, valores, relações de poder etc. (MIGUEL, 2010, p. 14).

Com a noção de redes sociotécnicas tem-se uma ontologia do social, em termos da interdependência não-hierárquica e híbrida entre atores humanos e não humanos. Isso faz parte das práticas dos seres humanos, mas este fato tornou-se visível somente na contemporaneidade. Por não estar atrelada apenas à interação das pessoas, a constituição de uma rede sociotécnica compreende, sobretudo e, de forma horizontal, a presença de objetos/coisas, tais como: textos, arquitetura, laboratórios, máquinas, entre tantos outros não humanos (SILVA; BARBOSA, 2018).

Entendi que a Teoria Ator-Rede poderia ser adequada para orientações a atividades de modelagem matemática, norteadas pela concepção de Matemática correlacionada com práticas socioculturais, conforme definição em Miguel, Vilela e Moura (2010). Isso foi direcionado pelo pressuposto de que uma atividade de modelagem matemática pode ser subsidiada por elementos da Teoria Ator-Rede, com o propósito de não a compreender primordialmente a partir de conteúdos matemáticos escolares ou acadêmicos. Este pensamento leva a uma compreensão acerca de determinada comunidade a partir da matemática local, tomando a *descrição* como ponto de partida.

Portanto, a partir de minhas compreensões decorrentes dos referenciais analisados, e com a intenção de empenho em uma investigação que se desdobrasse em tese de doutorado, selecionei as seguintes palavras-chave: Educação Matemática, Modelagem Matemática e Teoria Ator-Rede para analisar a viabilidade da referida tese de doutorado. Com essas palavras, pesquisei o repositório digital institucional da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), da Universidade Federal do Pará (UFPA), da Universidade Federal do Ceará (UFC), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), da Universidade de Brasília (UNB), da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Pesquisei também, tanto o catálogo de teses e dissertações da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) quanto o Google Acadêmico.

Encontrei apenas um trabalho que relacionasse a Teoria Ator-Rede com a matemática ou educação matemática. Esse artigo de Keiko Yasukawa foi intitulado como *Towards a social studies of mathematics: Numeracy and actor-network theory*, e foi publicado na Austrália, no ano de 2003. Yasukawa (2003) expressa interesses em compreender a aplicabilidade e a aprendizagem da Matemática no contexto da vida cotidiana das pessoas e o uso da capacidade numérica como uma ferramenta social crítica.

Essa autora pretendia entender como a identidade das pessoas, e suas opções de vida são moldadas pela Matemática. Mais importante ainda era a concentração nas possibilidades das pessoas transgredirem os limites de suas comunidades locais e interferirem nas relações de poder existentes que podem estar trabalhando para limitar suas vidas.

Nesse contexto, a Teoria Ator-Rede foi apresentada por Yasukawa (2003) como uma possível estrutura analítica, para um estudo de Matemática, que pode oferecer uma maneira de analisar as interações entre grupos de pessoas e suas ações matemáticas e sociopolíticas mais amplas e, conseqüentemente, identificar possíveis pontos de intervenção que possam levar a mudanças de poder, permitindo que interesses particulares adquiram maior poder. Dessa forma, temos uma relação da Teoria Ator-Rede com a Matemática no sentido do empoderamento de comunidades em suas relações sociais mais amplas. Esse trabalho encontrado não tem relação com a Modelagem Matemática.

Dessa maneira, identifiquei a possibilidade de investigar a utilização da Teoria Ator-Rede para a configuração de uma abordagem para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática. Este estudo foi orientado pela seguinte questão: como se configurar uma abordagem para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática que seja articulada a alguns elementos da Teoria Ator-Rede?

O objetivo geral foi elaborado da seguinte maneira:

Configurar uma abordagem para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática que seja articulada à Teoria Ator-Rede com o propósito de apresentar a Modelagem Matemática como um campo de estudos, que trata da construção de modelos matemáticos a partir da descrição de redes sociotécnicas.

Os objetivos específicos foram elaborados da seguinte maneira:

Articular elementos da Teoria Ator-Rede a elementos da Modelagem Matemática para a configuração de desenvolvimento para atividades de modelagem matemática;

Construir modelos matemáticos a partir da prática de produção de farinha em uma casa de farinha no município de Breves, articulados à Teoria Ator-Rede, como uma proposta de desenvolvimento para atividades de modelagem matemática.

## CAPÍTULO II

### MODELAGEM MATEMÁTICA

Neste capítulo, primeiramente apresento a Modelagem Matemática em uma ótica direcionada pelo currículo escolar ou acadêmico. Em seguida, relato a Modelagem Matemática em uma perspectiva sociocrítica, que estende seu olhar para a ação dos indivíduos sobre sua realidade, com o intuito de compreender e resolver seus problemas do cotidiano com auxílio da matemática escolar ou acadêmica. Aqui, são apresentadas diversas perspectivas para uma atividade de modelagem matemática, que perpassa por sua definição, características, modo de atuação e maneira de tratar os resultados. Finalmente, mostro a necessidade de desenvolvimento de atividades de modelagem matemática em práticas matemáticas com olhar na interdependência entre agentes humanos e não-humanos na construção do conhecimento.

#### 2.1 A MODELAGEM MATEMÁTICA: HISTÓRICOS E ALGUMAS PERSPECTIVAS

Kaiser e Sriraman (2006) sistematizaram cinco perspectivas para o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática conforme as argumentações pautadas nos interesses e objetivos de estudantes e professores durante a abordagem. Essas perspectivas foram descritas como realística, epistemológica, educacional, cognitiva e sociocrítica.

As perspectivas da Modelagem Matemática sistematizadas por Kaiser e Sriraman (2006) como realística, epistemológica, educacional e cognitiva têm como objetivo didático a estruturação de situações-problema com propósitos definidos. Esses objetivos são, respectivamente, o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas aplicados, a geração do conhecimento matemático, a integração do estudante com o desenvolvimento da teoria matemática e a construção da teoria matemática sustentada nos estudos psicológicos sobre sua aprendizagem (BARBOSA, 2007).

A utilização da Modelagem Matemática como aplicação da Matemática a situações-problema relacionadas a determinadas áreas do conhecimento, no cenário internacional, inicia-se nas primeiras décadas do século XX por matemáticos puros e aplicados. Enquanto estratégia pedagógica, os debates iniciaram-se na década de 60 como estudos alternativos ao ensino da Matemática, relacionados à aplicação de conhecimentos práticos da Matemática

para a Ciência e para a Sociedade, em resposta à insatisfação com o modo clássico que havia se popularizado mundialmente, com a reforma do ensino da década de 60 do século XX (BIEMBENGUT, 2009; SILVA; ALMEIDA, 2014).

Já no cenário da educação brasileira, a referida estratégia origina-se nas ideias de:

[...] Aristides Barreto, Ubiratan D'Ambrósio, Rodney Bassanezi, João Frederico Mayer, Marineuza Gazzetta e Eduardo Sebastiani, que iniciaram um movimento pela modelagem no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, conquistando adeptos por todo o Brasil. Graças a esses precursores, discussões desde como se faz um modelo matemático e como se ensina matemática ao mesmo tempo permitiram emergir a linha de pesquisa de modelagem matemática no ensino brasileiro (BIEMBENGUT, 2009, p.8).

No mesmo período, essa linha de pesquisa passou a fazer parte das práticas e metodologias das aulas dos professores Aristides Barreto e Rodney Bassanezi, na Universidade em que cada um trabalhava, de modo que a modelagem passou a ser uma forma de estratégia de descrição, formulação, modelagem e resolução de uma situação problema (BIEMBENGUT, 2009). No entanto, a Modelagem Matemática só começou a ser discutida teoricamente na Educação Matemática a partir da dissertação de um orientando de Aristides Barreto, chamado de Celso Braga Wilmer, em 1976 (SILVEIRA, 2007).

Desde então, diversas abordagens foram percebidas nos trabalhos acerca de atividade de modelagem matemática para o ensino, seja escolar ou acadêmico, conforme as concepções e os objetivos de Matemática e de Educação Matemática de cada pesquisador (SILVEIRA, 2007). Na imagem 1, apresento os primeiros pesquisadores brasileiros acerca de Modelagem Matemática na Educação Matemática.

Imagem 1 – Precursores da Modelagem Matemática



Aristides Barreto

Ubiratan D'Ambrósio

Rodinei Bassanezi

Fonte: Centro de Referência de Modelagem Matemática no Ensino

Esses precursores disseminaram a Modelagem Matemática valendo-se de cursos para professores e ações em sala de aula da Educação Básica. A ideia central era que no ensino de

Matemática escolar não se deveria mais assistir as definições matemáticas, e sim construí-las, rompendo com a concepção de que o professor transmite o conteúdo e o aprendiz o recebe. Dessa forma, o conhecimento não está somente nem no sujeito nem no objeto, mas também na interação entre eles, ou seja, passamos de objetos que o professor ensina para objetos que os estudantes exploram (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011).

Na concepção de Bassanezi (2015), a Modelagem Matemática consiste na habilidade de empregar Matemática em situações concretas a partir de um problema prático, relativamente complexo, que é transformado em um problema matemático relacionado à determinada área do conhecimento. Para esse autor, as ações cognitivas indicadas para iniciar uma atividade de modelagem matemática são: medir e/ou contar, analisar os dados, formular hipóteses, propor modelos e validá-los. Isso tudo relacionado aos seus objetivos. Desta forma, um problema matemático deve ser traduzido para uma linguagem na forma de números, gráficos, tabelas, equações etc. modelo matemático, que é reinterpretada em termos da situação concreta original.

Como exemplo, na figura 1 tem-se uma tabela com dados em que o tempo varia, em dias, de 0 a 15 e a cada um desses valores foi associado um valor de uma variável que corresponde à massa, em gramas, de uma ave criada em uma granja. O problema a ser resolvido é saber qual o momento ótimo para o abate da ave.

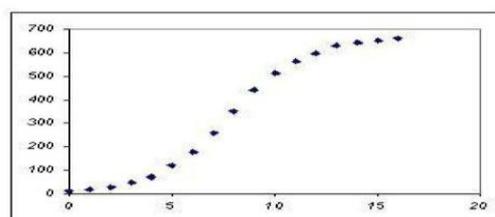
Figura 1 – Tabela de relação entre tempo e variável

<b>Tempo</b>	<b>n</b>	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>variável</b>	$x_n$	9,5	18,5	29,1	46,9	70,8	121,1	175,3	257,7
<b>Tempo</b>	<b>n</b>	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>variável</b>	$x_n$	351,4	440,8	512,9	562,2	597,7	629,4	642,3	651,2

Fonte: Bassanezzi (2015, p. 19)

Na figura 2, cada par de valores da figura 1 é representado por um ponto em um plano cartesiano. A essa representação chamamos de curva de tendência. A projeção perpendicular de cada ponto no eixo horizontal apresenta o valor do tempo e sua projeção perpendicular no eixo vertical apresenta o valor da massa.

Figura 2 – Gráfico de curva de tendência relativa a tabela da figura 1



Fonte: Bassanezzi(2015, p.19)

Na figura 3, a curva de tendência da taxa de crescimento da ave gerou, por meio de procedimentos matemáticos, um gráfico e uma função da taxa de variação da massa em relação ao tempo, os quais são modelos matemáticos que permitem analisar o fenômeno gerador da curva, em que geralmente são uma aproximação a ser validada.



Fonte: Bassanezzi (2015, p. 21)

Nesse exemplo, é possível que o autor da atividade de modelagem obtenha informações para perceber que o valor máximo da função determina o momento ótimo para abate da ave, pois, a partir desse valor o custo com a alimentação aumentará, enquanto a taxa de aumento da massa da ave diminuirá.

Bassanezzi (2015) afirma que a habilidade de matemático aplicada em modelagem matemática pode ser ensinada para os estudantes, com propósito de serem capazes de gerar inovações e provocarem mudanças no mundo em que vivem, que se situa em uma época de alto desenvolvimento científico-tecnológico. Isso tudo exige criatividade, sensibilidade, dinamismo e participação ativa. Assim, Bassanezzi pretende mostrar aos professores o potencial da Matemática na exploração do mundo.

Bassanezzi (2015) compreende que a modelagem é o processo de criação de modelos em que estão definidas as estratégias de ação do indivíduo sobre sua realidade, que são carregadas de interpretações e subjetividades próprias de cada modelador. Essa subjetividade refere-se aos conhecimentos matemáticos de quem está exercendo a modelagem, que intermedia a referida interpretação. Isso possibilita a uma mesma situação, novos modelos que estão relacionados a novos conhecimentos, tanto da área em que se insere o fenômeno analisado, quanto da própria matemática utilizada. Em uma atividade de modelagem matemática escolar para a obtenção de um modelo matemático, Bassanezzi (2015) orienta a utilização das seguintes etapas: escolha de temas, coleta de dados, análise de dados, formulação de modelos e validação de modelos.

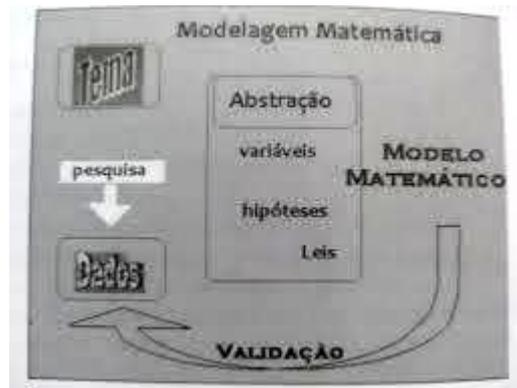
É importante ressaltar que no contexto escolar, a prática de modelagem é diferenciada daquela originalmente adotada por pesquisadores da área da Matemática Aplicada. Enquanto os pesquisadores da área da Matemática Aplicada usam conceitos matemáticos em geral, na resolução de problemas reais por meio de etapas, na escola, o objetivo é o ensino por parte do professor de conteúdos matemáticos disciplinares pré-estabelecidos, sem que os estudantes sigam linearmente as etapas da realização da modelagem. Além disso, em âmbito escolar, há variáveis intrínsecas a esse contexto, por exemplo, tempo escolar fixo, supervisão escolar etc. (SOUZA; BARBOSA, 2014).

Quanto a sua execução em uma aula, a modelagem inicia com a escolha de temas amplos, que é feita preferencialmente pelos aprendizes, mas dependendo muito da orientação do professor. Para isso, o professor distribui a esses estudantes em pequenos grupos, que devem executar o levantamento de problemas relacionados ao tema comum a eles, sob a orientação do professor em cada grupo (BASSANEZZI, 2015).

Para Bassanezzi (2015), após a escolha de um tema em grupos, os estudantes devem buscar informações relacionadas ao referido assunto. Essa coleta dos dados, qualitativos ou numéricos, pode ser efetuada por meio de entrevistas, de questionários, de pesquisa bibliográfica, e de experiências programadas por eles. Em seguida, os dados são organizados em tabelas que possibilitam a construção de gráficos de curvas de tendências e de funções conforme mostram as figuras 1 a 3.

A referida análise dos dados ocorre pelo entendimento da alternância das variáveis envolvidas no fenômeno, bem como pela relação entre essas variáveis, a partir de conceitos e procedimentos do campo da matemática escolar ou acadêmica. Como consequência, essas relações devem ser expressas na forma de modelos matemáticos, de maneira constante com auxílio de programas computacionais, que otimizam a construção de gráficos de funções com infinitas informações (figura 3), a partir de uma quantidade finita de informações (figuras 1 e 2). Finalmente, é verificada a validação do modelo matemático para a situação que o gerou (BASSANEZZI, 2015). Na figura 4 tem-se um esquema para modelagem.

Figura 4– Esquema simplificado de modelagem



Fonte: Bassanezi (2015, p. 10)

Um bom modelo deve servir para explicar os resultados e ter a capacidade de previsão de novos resultados. Isso ocorre quando o modelo é considerado satisfatório para o propósito para o qual foi feito. Às vezes, quando o modelo não é considerado bom, é necessário modificações nas variáveis e hipóteses ou nas leis de formação.

Desta forma, um processo de modelagem pode vir a ser um fator responsável para o desenvolvimento de novas técnicas e teorias matemáticas, quando os argumentos conhecidos não são eficientes para fornecer soluções dos modelos. Nesse caso, a modelagem manifesta a riqueza de seu uso em se tratando de pesquisa no campo próprio da Matemática. (BASSANEZI, 2002).

Para Bassanezi (2015), Modelagem Matemática é conceituada como uma estratégia de ensino, que visa compreender e/ou promover o conteúdo matemático já consolidado curricularmente. Para que esse conteúdo seja adaptado a qualquer ambiente social, faz-se necessário a simplificação da realidade por meio da seleção de variáveis, o que ocasiona a necessidade de validação do modelo matemático determinado. Bassanezi (2015) direcionou suas aplicações de atividades de modelagem matemática no Ensino Superior, enquanto que Biembengut (2016) interessou-se pelo Ensino Básico.

No entendimento de Biembengut (2016), a produção de imagens em nossa mente é um processo complexo, que perpassa por ações cognitivas e afetivas. Quando essas imagens, que são produzidas por estímulos externos e internos, exigem respostas a questionamentos, dependem de outro conjunto complexo de estímulos. Tais imagens produzidas são representações de nossas percepções, que expressamos por meio de alguma linguagem. Nessa categoria temos a linguagem matemática que emerge, a partir da necessidade de compreensão da vivência cotidiana, como um sistema de representações original, que permite uma ordenação simbólica ao mundo, e a formação de redes de comunicação. (BIEMBENGUT, 2016).

Biembengut (2016) define modelagem matemática como qualquer método com propósito de solucionar alguma situação-problema ou para compreender um fenômeno com utilização de alguma teoria matemática. Ela afirma que no processo de modelagem matemática, faz-se uma simplificação da realidade, uma vez que apenas algumas variáveis são selecionadas. Isso porque a realidade precisa ser adequada a conceitos e procedimentos matemáticos escolares ou acadêmicos.

Biembengut e Hein (2011) afirmam que em muitas atividades do dia a dia é evocado o processo de modelagem matemática desde que tenhamos um problema que exija criatividade, intuição e instrumental matemático. Como exemplo, tem-se uma atividade de modelagem matemática, inspirada na definição de Biembengut (2011), executada por Vania Célia Miguel durante a primeira quinzena do mês de março de 2009, com uma turma da 8ª série da Escola Estadual Monteiro Lobato em Sertanópolis, Paraná (MIGUEL; NATTI, 2020).

Nessa atividade, os dados foram coletados em um moinho de produção de farinha e farelo de trigo e permitiram as seguintes informações: uma massa inicial de trigo em toneladas deve passar por quatro processos, que são a extração de 1% de impurezas, a adição de 4,5% de água, uma nova extração de 0,2% de impurezas e a perda de 2,5% de umidade. Em seguida, foi elaborado o seguinte problema matemático: considere 100 toneladas de trigo, sabendo que 75% da massa final é transformada em farinha e 25% em farelo, calcule a quantidade, em toneladas, produzida de trigo e farelo.

Em seguida, os alunos tomaram as seguintes variáveis:

$a$  = massa inicial de trigo;

$b$  = massa após extração de 1% de impurezas;

$c$  = massa após adição de 4,5% de água;

$d$  = massa após extração de 0,2% de impurezas;

$e$  = massa após perda de 2,5% de umidade;

$Q_f$  = massa de farinha de trigo;

$Q_r$  = massa de farelo.

Então, obtiveram os seguintes modelos e resultados:

$$b = a (1 - 0,01) = 100 \cdot 0,99 = 99.$$

$$c = b (1 + 0,045) = 99 \cdot 1,045 = 103,455.$$

$$d = c (1 - 0,002) = 103,455 \cdot 0,998 = 103,24809.$$

$$e = d (1 - 0,025) = 103,24809 \cdot 0,975 = 100,66688775.$$

$$Q_f = 0,75 \cdot e = 0,75 \cdot 100,66688775 = 75,5001658125.$$

$$Q_r = 0,25 \cdot e = 0,25 \cdot 100,66688775 = 25,1667219375.$$

Aproximadamente 75,5 toneladas de farinha de trigo e aproximadamente 25,2 toneladas de farelo. A simplificação da realidade foi efetivada pela assunção de que a regularidade do referido modelo é válida para qualquer quantidade inicial de trigo.

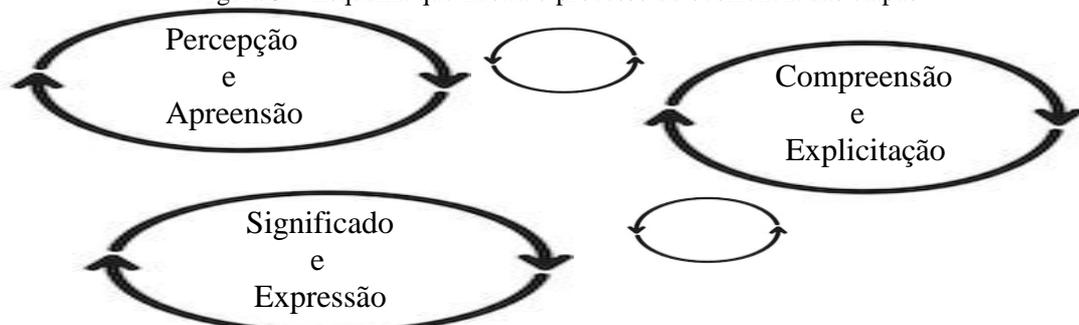
Nesse sentido, defende-se que atividades de modelagem matemática devem ser consideradas no contexto escolar, e o desafio do professor que toma o caminho da modelagem como método de ensino é proporcionar a compreensão matemática por parte do aluno (BIEMBENGUT; HEIN, 2011). Esses autores esperam que a partir de então, possam emergir habilidades para a construção de relações matemáticas significativas em cada etapa do processo.

Ainda, pode-se pensar que a Modelagem Matemática como estratégia que cria um ambiente de ensino e aprendizagem pode ser adotada em qualquer situação educacional como resposta ao desafio do professor em transpor a barreira do ensino clássico. Entretanto, o professor aprende a usar a modelagem no decorrer de sua prática de preferência com alguém que já aplicou atividades de modelagem matemática, pois, segundo Biembengut (2016, p. 120):

[...] a prática de modelar que melhora o entendimento dos dados e dos meios de articulá-los, a sensibilidade quanto às limitações da estrutura matemática para solucioná-la, a capacidade de julgamento e de tomada de decisão, chegando a um equilíbrio adequado.

Biembengut (2016) afirma que a Modelagem Matemática aplicada à Educação, que denomina modelação, é um método de ensino com pesquisa nos limites e espaços escolares em qualquer disciplina e fase de escolaridade. Os procedimentos para realização de processos de modelagem matemática em sala de aula podem ser sintetizados em três etapas: a) percepção e apreensão, b) compreensão e explicitação, e c) significação e expressão (figura 5). Essas três etapas, podem se entrelaçar no processo de ensino e aprendizagem.

Figura 5 – Esquema que ilustra o processo de ocorrência das etapas



Fonte: Biembengut (2019, p. 104)

Na etapa denominada percepção e apreensão, grupos de estudantes escolhem um tema abrangente e reconhecem uma situação-problema relativa a esse tema. Em seguida, esses aprendizes buscam dados e informações diversas acerca da referida situação-problema. Essa etapa visa incitar os alunos a respeito de questões que fazem parte de seu dia a dia e que os motivem a participar das situações que pretendem desenvolver. É importante a utilização de diferentes ferramentas para envolver os estudantes nas situações, como apresentação de vídeos, visitas a lugares que remetam ao tema, dentre diversas outras possibilidades que chamem a atenção dos participantes (BIEMBENGUT, 2019).

Na etapa denominada compreensão e explicitação, os estudantes precisam ter uma ideia do que pode ser resolvido ou simplificado. Essas noções surgem a partir da interação com os dados coletados e da consciência de modelos matemáticos similares a essas informações. Em seguida, os dados exclusivamente matemáticos são traduzidos em termos de linguagem matemática. Faz-se necessário que os alunos discutam, nas situações propostas, a respeito de conteúdos matemáticos e não matemáticos previstos pelo currículo, orientando esses estudantes na busca por um modelo que represente aquilo que lhes foi solicitado. É importante, também, valorizar os conhecimentos que esses aprendizes já possuem para assim construir novos conhecimentos, em conjunto com os colegas e com o professor (BIEMBENGUT, 2019).

Na etapa denominada significação e expressão, os estudantes devem efetuar relações fundamentais entre o modelo matemático construído e os dados matemáticos extraídos da realidade, bem como efetuarem previsões e possíveis interferências na situação ou no fenômeno que gerou o modelo, ou ainda, criar algum ente matemático. Então, busca-se relacionar o tema inicial com os conceitos abordados no currículo, de acordo com o modelo elaborado pelos estudantes, respeitando sua linguagem e sua construção (BIEMBENGUT, 2019).

Biembengut (2016) considera também de essencial importância, a expressão por parte dos estudantes acerca da atividade de modelagem matemática executada por eles, pois com isso aprendemos a identificar dificuldades e os avanços, tanto nosso, quanto dos estudantes. Desta maneira nos aperfeiçoamos igualmente na preparação de gerações de modeladores.

Para Biembengut (2016), essa expressão consiste na divulgação das atividades por meio de publicações e/ou seminários aos demais estudantes, ou a quem possa interessar. A produção pode conter (*Op.cit.* p.138):

- (1) Apresentação do motivo pelo qual escolheu o tema;
- (2) Breve histórico sobre o tema;

- (3) Exposição do modelo;
- (4) Considerações sobre o processo e o resultado.

Temos, portanto, a etapa denominada divulgação.

Desta forma, mesmo adequando as etapas da Modelagem Matemática para o ensino básico, Biembengut segue propósitos similares a Bassanezi, pois ambos compreendem que trabalhar com Modelagem Matemática, além de visar à ampliação do conhecimento matemático, visa sobretudo, o desenvolvimento da forma de pensar e agir.

Biembengut e Bassanezzi compreendem que a modelagem interliga a produção do saber, que está aliada à abstração e à formalização, a fenômenos e processos empíricos encarados como situações-problema. Como agregado a esses propósitos, uma pesquisadora da Modelagem Matemática chamada Lourdes Almeida, e sua equipe, ampliaram o alcance das pesquisas focando também nas ações subjetivas dos alunos.

Almeida e Vertuan (2014) afirmam que em Matemática, nós usamos e construímos representações de alguma coisa – modelos matemáticos – para explicar, representar e fazer previsões para situações com propósito de torná-las presentes, por intermédio de atividades denominadas modelagem matemática. Para esses autores, o modelo matemático formata a solução de determinado problema, e a Modelagem Matemática é a atividade investigativa que busca pela referida solução. No contexto educacional, a Modelagem Matemática é uma alternativa pedagógica na qual o professor mobiliza os estudantes nas aulas de Matemática a desencadarem, a partir de situações do cotidiano, investigações matemáticas.

Um processo de modelagem é caracterizado em termos de uma situação inicial (situação-problema) e uma situação final desejada (solução para a situação inicial), e que envolve fases relativas a um conjunto de procedimentos, que possibilitam passar da situação inicial para a final. Essas fases são denominadas de interação, matematização, resolução, e interpretação de resultados e validação (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012) conforme a figura 6.

Figura 6 –Fases da modelagem matemática



Fonte: Almeida; Silva; Vertuan (2012, p.15)

A inteiração envolve o primeiro contato do sujeito com uma situação-problema a ser investigada, é o momento de conhecer as especificidades da situação, buscar por informações

e coletar dados quantitativos e qualitativos. Essa fase leva à formulação de um problema a ser resolvido, elaborando hipóteses, além de criar uma estratégia para resolver o problema.

A matematização é o momento em que os sujeitos escrevem em linguagem matemática as informações do fenômeno investigado, que se encontra em linguagem natural, adequando para o conteúdo matemático que melhor se encaixa ao problema. Essa fase envolve a formulação de hipóteses, seleção de variáveis e simplificações da situação-problema, necessárias para sua resolução.

A resolução é a fase em que se elabora o modelo matemático a partir dos dados matemáticos e das hipóteses colhidos na fase de inteiração e dos conceitos definidos na fase de matematização. Os objetivos da resolução são analisar aspectos relevantes da situação, avaliar as perguntas elaboradas acerca do problema formulado, elaborar previsões, quando necessário, e resolver o problema proposto.

Na interpretação e validação de resultados deve haver a verificação matemática do modelo matemático obtido, bem como se os resultados condizem com a realidade, caso isso não ocorra, faz-se necessário a tradução para a linguagem natural novamente. Embora essas fases caracterizem os procedimentos necessários para o desenvolvimento de um processo de modelagem, elas não são lineares, os procedimentos de resolução não são predefinidos (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

No processo de modelagem, seus realizadores envolvem-se não apenas em ações físicas, que são mediadas por instrumentos e ferramentas, mas também por ações psíquicas conscientemente controladas, que são mediadas por construções mentais ou por instrumentos simbólicos (ALMEIDA; VERTUAN, 2014). Assim, além da consideração das dimensões estudadas nas perspectivas anteriores, encontra-se também a consideração da análise do conhecimento matemático prévio dos estudantes, do tipo de elaboração linguística pelos alunos, do monitoramento cognitivo por parte dos aprendizes sobre a elaboração de problemas.

Nesse sentido, na investigação de uma situação problemática, faz-se necessária sua compreensão, o que é caracterizado pelo entendimento da situação, apreensão de significados, estruturação e interpretação de fatos e informações, e agrupamento de ideias, culminando com a representação da situação. Em seguida o problema é identificado e as metas definidas para a resolução do problema. Essa atividade ocorre simultaneamente com a da situação em que é mediada por conhecimentos e habilidades, que levam à identificação de regularidades e relações (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

É no momento da matematização que se adequa o problema à ferramenta matemática ao alcance da aprendizagem do estudante, e assim o transforma em um problema matemático. Isso se constitui em traduzir o problema para umalinguagem do universo matemático. Para chegarmos ao modelo matemático por meio da ação de matematização, faz-se necessário o uso do domínio de técnicas e procedimentos matemáticos associados aos objetos matemáticos, o que é denominado por Silva e Almeida (2014) de síntese. Aqui, diferente de Bassanezi, não há limitação da matematização a tabelas, gráficos e funções.

Como exemplo, temos uma atividade de modelagem sugerida por Gomes (2018), cujo tema seria: suco de laranja. A situação-problema trabalhada seria: suco de laranja você vende o ano todo, não tem época, não tem região. A questão elaborada poderia ser: qual a quantidade de laranjas necessárias para fazer suco para todos os alunos de determinada turma. Nesse contexto, a partir de diferentes laranjas (trazidas por alunos ou pelo professor), pode-se coletar e organizar as informações. Para isso, uma hipótese a ser considerada é que uma laranja após ser cortada e espremida fornece 100 mililitros de suco. Outra informação é definir a capacidade do copo, 200 mililitros de suco. Assim, ao consideramos uma sala com 13 alunos, podemos apresentar os dados da seguinte maneira:

$L = n \times 2 \Rightarrow L = 13 \times 2 \Rightarrow L = 26$  laranjas. Em que:

$L =$  quantidade de laranjas necessárias;  $n =$  número de alunos.

Como possíveis estratégias, os estudantes podem utilizar somas sucessivas ou conceitos multiplicativos para obter cálculos que representem a situação. Por meio das informações coletadas, outros questionamentos podem ser levantados. A partir dos modelos matemáticos obtidos, deve-se promover uma discussão entre os alunos, a fim de validar o modelo por eles encontrado. Caso a quantidade de laranjas não seja suficiente para completar o copo de cada estudante, deve-se orientá-los para outra possibilidade, como acrescentar água, obtendo um refresco de laranja (suco + água).

Assim, pode-se observar que nas perspectivas de pesquisa de Bassanezi, de Biembengut e de Almeida, as atividades de modelagem matemática estão comprometidas com o cotidiano dos estudantes, e ainda se referem, tanto às ações físicas, como cognitivas de seus executores. No entanto, pude observar que esses autores direcionam as atividades de modelagem matemática no desenvolvimento de habilidades para a realização de suas etapas. Na próxima seção, tratarei acerca dos trabalhos de alguns pesquisadores que enveredaram, por meio de atividades de modelagem matemática, pelo caminho da investigação da relação entre os modelos matemáticos e seu papel na sociedade de onde foram coletados os dados.

## 2.2 MODELAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA SOCIOCRTICA

A perspectiva da Modelagem Matemática sistematizada por Kaiser e Sriraman (2006) como sociocrítica tem como objetivo didático a análise da natureza dos modelos matemáticos e seu papel na sociedade, propiciado pela investigação de situações-problema (BARBOSA, 2007). Esse ponto de vista defende a ideia de que a Educação Matemática deve preparar e capacitar os estudantes para atuarem de maneira autônoma em debates sobre o papel de modelos matemáticos na sociedade (KAISER; SRIRAMAN, 2006).

Kaiser e Sriraman elegem Barbosa como um dos representantes da Modelagem Matemática na Perspectiva Sociocrítica no Brasil. Este autor define Modelagem Matemática como um ambiente de aprendizagem em que os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade, que se constituem como integrantes de outras disciplinas ou do dia-dia. Nesse contexto, há a necessidade de uma interpretação crítica e reflexiva dos atributos e dados quantitativos, que emergem em determinadas circunstâncias da realidade (BARBOSA 2001a).

Nessa oportunidade, os estudantes indagam sobre as situações, mas sem procedimentos fixados e com possibilidades diversas de encaminhamentos. Os conceitos e ideias matemáticas exploradas dependem do encaminhamento, que só se sabe à medida que os aprendizes desenvolvem o processo. Trata-se de envolver os estudantes no levantamento de questionamentos com uso da Matemática como suporte, não apenas para resolver problemas, mas também para refletir sobre ela e seu significado social (BARBOSA, 2001c).

Diferente dos autores que caracterizam a Modelagem Matemática com procedimentos fixados e que valorizam um modelo que resolve um problema proposto, Barbosa (2001b) valoriza todo o processo ocorrido na construção da solução do problema proposto, ou seja, o ambiente de aprendizagem proporcionado na busca da solução de um problema é mais importante do que um possível modelo de solução. Na visão do autor, é permitida uma flexibilidade entre as etapas e nas muitas possibilidades de encaminhamento. O papel do professor junto aos estudantes é de orientador. Esse autor apresenta três casos para se trabalhar as etapas, em que são definidas as responsabilidades de professores e estudantes (BARBOSA, 2003).

O professor pode trazer o tema, o problema elaborado, dados prontos e deixar a resolução para os estudantes (caso 1). O professor, ainda pode trazer o tema e o problema elaborado, mas a compreensão do problema, a coleta de dados e como resolvê-lo, ficam a cargo dos aprendizes (caso 2). Finalmente, os estudantes são livres para escolher o tema, o

problema, como simplificá-lo e como resolvê-lo (caso 3). Nesse caso, o estudante tem responsabilidades em todas as etapas. Vale ressaltar que os conceitos matemáticos a serem explorados neste ambiente dependem do encaminhamento da atividade, à medida que os aprendizes a desenvolvem.

Quadro 1 – Participação de aluno e professor nos casos de Modelagem

Etapas	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Elaboração da situação problema	Professor	Professor	Professor/aluno
Simplificação	Professor	Professor/aluno	Professor/aluno
Dados qualitativos e quantitativos	Professor	Professor/aluno	Professor/aluno
Resolução	Professor/aluno	Professor/aluno	Professor/aluno

Fonte: Barbosa (2003, p. 70)

Ainda na perspectiva sociocrítica, Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) destacam que:

[...] no caso da Modelagem, pretendemos que nossos alunos aprendam, sim, Matemática, mas, muito mais do que isso, pretendemos problematizar contextos sociais, e, nesse caso, defrontamo-nos com uma vertente em que o Brasil se destaca, pelo menos aos olhos dos pesquisadores de fora do Brasil, aquela denominada sociocrítica. (Op. Cit. p. 50).

Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) compreendem a Modelagem Matemática a partir da concepção de uma educação na qual a Matemática é tomada segundo regras e convenções, que são estabelecidas dentro de determinado contexto social, histórico e cultural, permeado por relações de poder. Dessa maneira, a utilização da modelagem matemática no contexto educacional, mostra-se como potencial de estabelecer uma conexão entre conteúdos matemáticos e a formação efetiva do aluno, como agente ativo da sociedade em que esteja inserido.

Como exemplo de um processo de modelagem sociocrítico, tem-se em Ferreira e Rocha (2019) a discussão em torno da seguinte questão: como a conta de energia elétrica de um prédio deve ser dividida, de forma que as particularidades de cada apartamento, como quantidade de moradores, tamanho dos imóveis, entre outros possíveis aspectos, sejam considerados e seja justa? Este problema foi matematizado por estudantes de uma turma do ensino médio, e um dos grupos desenvolveu o seguinte modelo matemático:  $P(q) = q \cdot V / S$ , no qual  $V$  = valor da conta mensal de água do condomínio,  $S$  = total dos moradores do condomínio,  $q$  = quantidade de moradores de cada apartamento e  $P$  = valor a ser pago por cada apartamento. Nesse modelo houve simplificação da realidade, por exemplo, quando não foi considerado no discurso acerca de quantos dias cada pessoa fica em casa.

Durante a apresentação do referido grupo, houve um debate interessante sobre as questões relacionadas ao que significava a expressão “justo” no enunciado do problema. Na discussão foram observados argumentos dos alunos, em relação à quantidade de dias que cada morador fica em seu respectivo apartamento. Os estudantes entenderam que era injusto uma pessoa que só fica aos finais de semana em casa pagar o mesmo valor de uma família de oito pessoas. Ao ser abordado sobre a questão relacionada ao que é “justo”, no trabalho apresentado pelo grupo, o processo de modelagem possibilitou ao professor trabalhar com ideias que não estavam postas no planejamento das aulas. Nesse caso, oportunizou-se discutir com os estudantes as questões relacionadas a valores e princípios baseados em conceitos morais e éticos (FERREIRA; ROCHA, 2019). Isso foi considerado por esses autores como uma perspectiva crítica.

Entretanto, na perspectiva sociocrítica, da mesma forma que as perspectivas da Modelagem Matemática vistas anteriormente, quando se está diante de uma situação da realidade, seleciona-se, por simplificação, as variáveis consideradas úteis, para a construção de determinado modelo matemático baseado na compreensão de um problema, a partir de conteúdos matemáticos escolares e acadêmicos (KNIJNIK; DUARTE, 2010). No entanto, direcionei meu interesse de pesquisa em práticas matemáticas, sem necessidade de compreendê-las, primordialmente, a partir de conhecimentos matemáticos institucionalizados na escola ou academia. Para isso, aproximei-me da Teoria Ator-Rede como base teórico-metodológica adequada à investigação de práticas matemáticas.

## CAPÍTULO III

### MODELAGEM MATEMÁTICA ARTICULADA À TEORIA ATOR-REDE

Neste capítulo, apresento primeiramente a definição e características da Teoria Ator-Rede, seus elementos fundamentais e sua capacidade de proporcionar uma compreensão de como é construído o coletivo social. Em seguida, relato sobre seu desdobramento no campo da Educação. Finalmente, apresento a articulação de elementos da Teoria Ator-Rede a elementos da Modelagem Matemática com o propósito de configurar uma abordagem, para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, considerando agência de humanos e não-humanos na construção do coletivo social, a partir de determinada prática sociocultural. Nessa abordagem, apresento outros encaminhamentos sobre a identificação de elementos para investigação das realidades. Isso gera outros modos de desenvolver atividades de modelagem matemática, que não seja pela necessidade de eleger a matemática escolar ou acadêmica como elemento fundamental.

#### 3.1 ELEMENTOS DA TEORIA ATOR-REDE E SEUS USOS NA EDUCAÇÃO

No contexto da modernidade, o coletivo social é definido pela Sociologia tradicional como uma instituição formada por dois grandes grupos: o domínio da Sociedade e o domínio da Natureza, que juntos compõem o Universo. Desta forma, certos campos da Sociologia consideram que há uma purificação e separação radical entre sujeitos e objetos. No entanto, essa cisão é artificial e acarreta a criação de verdadeiros abismos entre a Sociedade e a Natureza. A partir de então, propagam-se novas cisões, como por exemplo, a separação entre culturas (humanas) e técnicas (não-humanas) (LATOUR, 1994).

Na Teoria Ator-Rede, a Natureza não está relacionada a uma dimensão da realidade que se constitui pelo que é objetivo e indiscutível, em oposição ao que é subjetivo e discutível, da ordem do humano. A compreensão dos fenômenos naturais está intimamente relacionada à regulação da vida social, ou seja, prática científica e ação política estão entrelaçadas na construção de fatos científicos e sociais (LATOUR, 2004a).

Chama-se de Constituição Moderna a esse esforço de separação dos domínios das realidades em Sociedade e Natureza. Essa Constituição, que caracteriza a tradição da modernidade, determina que a Sociedade deve ficar a cargo dos políticos, enquanto a

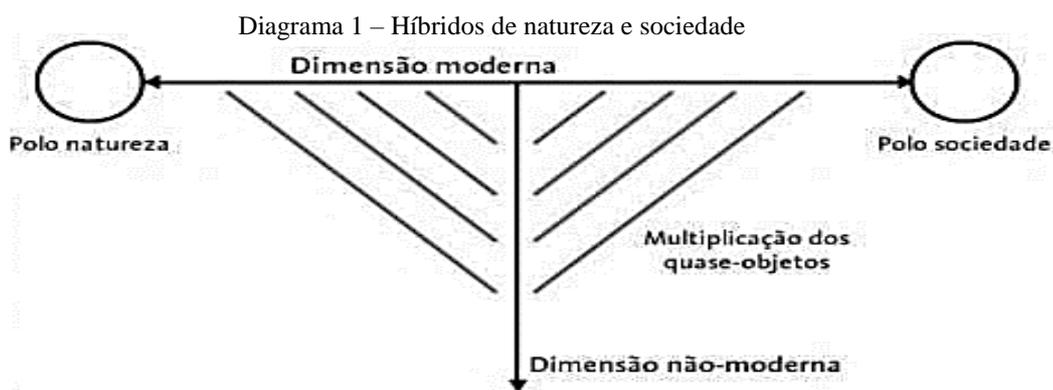
Natureza deve ser de competência dos cientistas. Portanto, têm-se dois grandes conjuntos bem amplos e distintos, porém com ênfase meramente humanocêntrica (LATOURE, 1994).

Nosso mundo, entretanto, é tecido por formações híbridas entre fatos e valores, culturas e técnicas, subjetividades e objetividades, que são diversas no seio de qualquer realidade. Como exemplo dessa hibridação, tem-se uma narrativa acerca da camada de ozônio, no primeiro capítulo do livro “Jamais fomos modernos”, de Bruno Latour, baseada nas páginas dos jornais:

[...] o buraco na camada de ozônio aumentou **perigosamente**... os executivos...estão modificando suas linhas de produção para substituir os **inocentes** clorofluorcarbonetos...[os] chefes de Estado...se meteram com química...os meteorologistas não concordam mais com os químicos e falam de variações cíclicas...os ecologistas...falam de tratados internacionais [e] direito das gerações futuras. (LATOURE, 1994, p. 7, grifos meu).

Nesse informativo, pode-se apreender acerca de um mesmo fato, ora sobre avanços inimagináveis no campo das ciências e das tecnologias, ora sobre as grandes catástrofes que derivam desses avanços. Diante desse cenário, o autor discorre a respeito da sobreposição de informações híbridas que tratam, ao mesmo tempo, de economia, política, ciência, cultura, religião, entre outros.

Como exemplo para os dias de hoje, têm-se informativos acerca do caso “novo coronavírus”, nos telejornais, que tratam simultaneamente de saúde, política, religião, entre outros. No diagrama 1, tem-se uma representação do plano latouriano.



Fonte: Latour (1994, p. 55)

Esse plano apresenta a hibridação entre humanos e não-humanos que ocorre em meio à purificação dos modernos. Portanto, a palavra “moderno” designa dois conjuntos de práticas totalmente diferentes: hibridismo e purificação, que para permanecerem eficazes, devem permanecer distintas, mas que já não são tão convincentes na contemporaneidade. O primeiro desses conjuntos de práticas cria misturas entre gêneros de seres completamente novos,

híbridos de Natureza e Cultura. O segundo desses conjuntos de práticas cria, por purificação, duas zonas ontológicas inteiramente distintas, a dos humanos, de um lado, e a dos não-humanos, de outro. Sem o primeiro conjunto, as práticas de purificação seriam vazias ou supérfluas. Sem o segundo, o trabalho da produção de novos híbridos seria freado, limitado ou mesmo interdito (LATOUR, 1994).

Dessa forma, enquanto se considera de maneira separada as referidas práticas, se é realmente moderno, ou seja, está aderindo de forma sincera ao projeto da purificação crítica, ainda que esse se desenvolva somente por meio da proliferação dos híbridos. A partir do momento em que se desvia a atenção simultaneamente para o trabalho de purificação e o de hibridização, deixa-se no mesmo instante de ser moderno, o futuro começa a mudar quanto à compreensão da realidade (LATOUR, 1994).

Para o sucesso da modernidade, as práticas de purificação e separação precisam ser mantidas. Na contemporaneidade, porém, elas não se sustentam mais, pois, o que se tem é uma proliferação dos híbridos. Essa interação entre humanos e não-humanos faz parte da constituição da realidade, no entanto a Constituição Moderna sempre tentou fazer-se esquecer isso. A proliferação dos híbridos por meio da interação entre humanos e não-humanos é chamada de mediação, que tem sua negação executada pela modernidade. (LATOUR, 1994; HOLANDA 2014).

A Constituição Moderna tornou os modernos invencíveis. De um lado se tem as coisas em si, de outro se tem a sociedade livre, dos sujeitos falantes e pensantes. No entanto, tudo acontece no meio, tudo transita entre as duas, tudo ocorre por mediação entre humanos e não-humanos. Nesta Constituição, entretanto, esse lugar não existe, não ocorre. É o impensado, o impensável dos modernos. Dessa forma, a Modernidade deve ser compreendida por meio deste duplo processo: o de mediação (proliferação de híbridos) e o de purificação (negação deste hibridismo) (LATOUR, 1994).

Em seu livro *The Pasteurization of France*, Latour explica como a Ciência, que é a grande base solidificada dos modernos, utilizou de artifícios bélicos e pacíficos em torno das mediações, para ganhar força dentro de uma rede sociotécnica. Já em *War of the Worlds: What About Peace?* Latour trata dos mundos modernos e não-modernos, elucidando o tema da guerra e paz entre esses mundos. A guerra da qual tratou Latour foi a postura e as estratégias utilizadas pelos modernos, para construir a Ciência como a conhecemos hoje: racional, a verdade em si (NOLI, 2017).

A disputa e violência que se vê na política e na guerra, também se encontram presentes no processo de estruturação, do que se conhece como Ciência. O contexto e

conteúdo bélico não se resumem apenas às batalhas travadas entre povos, ele existe em vários outros lugares, dentro de controvérsias para se angariar força, dependendo de quantos aliados se conseguiu no avançar da rede sociotécnica. Assim, as relações de forças devem ser estudadas, por meio dos aliados que são angariados na rede sociotécnica, sem definições *apriori*, de que ou quem são os fortes ou são os fracos (NOLI, 2017).

Mesmo que haja discordâncias sobre religião, artes, direito, sociedade, para o pensamento moderno sempre pode haver a busca pela unidade e pela paz por meio da Ciência, Tecnologia, Democracia e Economia, ou seja, por propostas modernas (NOLI, 2017). Nesse contexto, a modernidade realizava suas guerras, mas utilizava o naturalismo como fundamento para apresentar uma paz artificial.

Dessa forma, a Ciência era a estratégia que funcionava como árbitro, no entanto, o que ocorria era o silenciamento dessas batalhas pela pretensa objetividade da natureza (LATOUR, 2013). Nesse sentido, conforme Latour (2004b), a realidade não é definida apenas por questões de fato, pois essas são manifestações parciais, polêmicas e políticas, que emergem de questões de interesse. Assim, questões de fato não são tudo o que é dado em experiência, elas são apenas um subconjunto do que poderia ser chamado de estado de coisas.

Noli (2017) explica que em *War of the Worlds*, uma nova figura surge no pensamento latouriano: o diplomata, que terá que adotar a postura de tratar as outras lógicas simetricamente em relação a sua, para que se possa ultrapassar essa visão do poder e com isso, obter-se um mundo comum. Em síntese, em *The Pasteurization of France*, Latour proporciona uma ferramenta para apagar a ilusão criada pela extensa rede moderna, e em *War of the Worlds* se demonstra qual a melhor figura para personificar esse ato, a partir da capacidade para a construção de um mundo em que todas as lógicas sejam simétricas.

Nas pesquisas originais da Teoria Ator-Rede, o ator-rede era um processo de engenharia heterogênea, em que pedaços do social, o técnico, o conceitual e o textual eram ajustados e convertidos em um conjunto de produtos científicos heterogêneos. Entretanto, o que era válido para a Ciência, posteriormente passou também a valer para outras instituições. Com isso, outros temas e áreas da vida social podem ser retratados da mesma maneira. Dessa forma, redes sociotécnicas são compostas não apenas de pessoas, mas também de máquinas, animais, textos, dinheiro, arquiteturas - qualquer material que você queira (LAW, 1992). Então, humanos e não-humanos constroem um único coletivo no qual atuam quando seus recursos são distribuídos.

A Teoria Ator-Rede começa a se configurar quando o antropólogo francês Bruno Latour, a partir de suas pesquisas antropológicas no mundo da Ciência, traz para seus estudos

sociológicos o conceito de simetria generalizada, que foi cunhado por Michel Callon. Latour foi direcionado pela crítica à separação hierárquica entre saberes científicos e saberes do campo da Sociedade. A simetria generalizada caracteriza-se pela análise da realidade por meio da descrição de associações de pessoas, materiais, textos, e todos os demais agentes não-humanos envolvidos em relações, que delineiam coletivos híbridos, únicos e específicos, mesmo sendo, às vezes, de forma provisória (LATOURE, 1994).

São as negociações entre humanos e não-humanos, ambos chamados de atores ou actantes, que definem se um coletivo híbrido será duradouro ou provisório, rápido ou demorado, efêmero ou perene, local ou global, simples ou complexo, tomado como real ou construído. (VALADÃO; CORDEIRO NETO; ANDRADE, 2018). Dessa forma, o conceito de simetria generalizada visa superar as seguintes divisões: sociedade e natureza e humanos e não-humanos, implantadas pela dualidade da ciência moderna (SILVA; BARBOSA, 2018).

O princípio da simetria generalizada, portanto, representa o compromisso de adotar o mesmo vocabulário para analisar fenômenos naturais, sociais e políticos. Isso evita a realização de uma tradução sociológica de fatores sociais, diferente da tradução para os fenômenos da natureza. Essa diferenciação entre as traduções separaria irremediavelmente os dois domínios, decaindo mais uma vez no velho discurso sociológico, que atribui sempre a última palavra na definição dos fenômenos aos determinantes sociais, exilando os não-humanos da capacidade de agência (HOLANDA, 2014).

Após a construção do conceito de simetria generalizada, Bruno Latour reuniu uma série de ensaios que comunicam o desenvolvimento da Teoria Ator-Rede, dos quais apresento alguns na imagem 2:

Imagem 2 –Latour e bibliografia básica



Fonte: <http://www.bruno-latour.fr/>

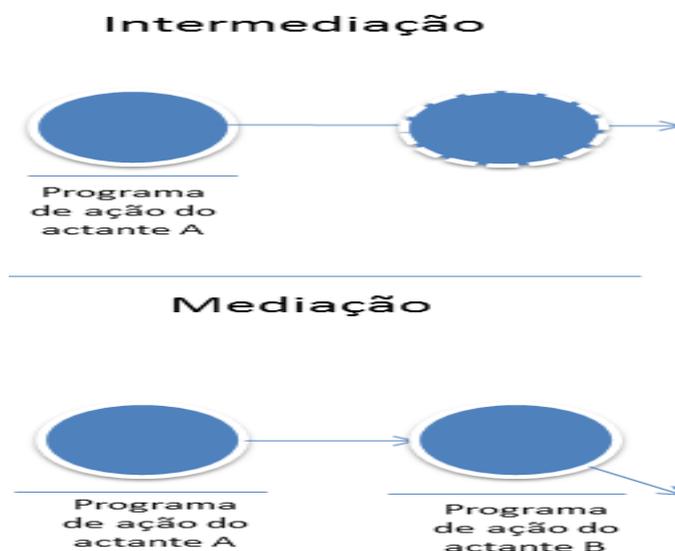
A Teoria Ator-Rede desenvolveu-se no campo da Sociologia da ciência e da tecnologia por meio das concepções dos pesquisadores, Bruno Latour, Michel Callon e John

Law, que fundaram o laboratório intitulado como Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia (ESCT), em Paris, França. Esses pesquisadores explanavam que o conhecimento científico é um produto social e não um elemento elaborado por meio de um método científico privilegiado. Foram eles, juntamente com outros pesquisadores, que ampliaram do conhecimento científico para os agentes: instituições sociais, máquinas e organizações, a concepção de tais agentes serem vistos como um produto ou um efeito de rede de materiais heterogêneos. (SCHLIECK; BORGES, 2018; OLIVEIRA, K. 2015; VALADÃO; CORDEIRO NETO; ANDRADE, 2018).

Na Teoria Ator-Rede, rede pode ser compreendida como um modo de entender o coletivo social, como conexões existentes entre diferentes actantes, que modificam o comportamento um do outro, dependendo das associações que estabelecem. Os actantes, seres humanos e não-humanos envolvidos, são considerados agentes potenciais de transformação, uns sobre os outros. Dessa forma, ator-rede é um coletivo articulado de actantes que são os atores no desempenho de ações que não podem ser atribuídas ao programa de ação de um único agente (SCHLIECK; BORGES, 2018).

Um actante é um mediador quando faz parte de um diálogo em uma rede, em que a causalidade não pode ser precisada de forma simples, pelo fato de haver muitas influências e muitos agentes interagindo de maneira simétrica e híbrida. Por outro lado, um actante é um intermediário quando participa da rede sob agenciamento por parte de outro actante, que permite um trânsito fiel de dados de um lado para o outro de uma relação (HOLANDA 2014). No diagrama 2, temos as seguintes formas simbólicas para representar as intermediações e mediações entre actantes:

Diagrama 2- Formas simbólicas



Fonte: Holanda (2014)

Nesse diagrama, os círculos com bordas contínuas representam os actantes que são mediadores na rede descrita. Já os círculos com bordas tracejadas representam os actantes que são intermediários. Os textos adicionados abaixo dos círculos, separados por uma barra, indicam inscrições que merecem destaque. As setas que conectam os círculos representam associações de mobilização e não de fluxo ou relação lógica. Assim A conecta-se a B não por que A anteceda, cause, implique ou produza, mas por articular-se a B, alistando-o para o seu curso de ação (HOLANDA, 2014).

No entanto, a Teoria Ator-Rede não compreende os actantes naturalmente como intermediários, que simplesmente consideram os fatos como fechados e sem controvérsia alguma. Essa teoria, porém, busca ver os actantes como mediadores, que fazem de todo fato algo incerto, e que envolve continuamente diferentes atuações, interpretações, pontos de vista e transformações. A atuação dos mediadores faz com que a realidade tenha sua unidade sempre pendente, pois a qualquer momento essa estabilidade pode ser retomada e colocada à prova (VALADÃO; CORDEIRO NETO; ANDRADE, 2018).

O complexo processo de formação de consenso, quanto às características de determinada realidade, deve ser realizado com toda a atenção pelos pesquisadores a partir da produção de inscrições literárias. O referido tipo de inscrição é um texto que tem a função de persuadir os leitores a aceitarem determinado enunciado<sup>2</sup>, organizado a partir de redes sociotécnicas. Dessa forma, esses enunciados passam por operações que são chamadas de modalizações que os classificam como conjecturas, hipóteses ou fatos (LATOUR; WOOLGAR, 1997). Nesse contexto, o fato é o que resiste às negociações e permite ser identificado e localizado em uma rede de atores (VALADÃO; CORDEIRO NETO; ANDRADE, 2018).

Os fatos são definidos quando um enunciado não está mais acompanhado por qualquer outro que modifique a sua natureza, e quando ele perde todos seus atributos culturais e temporais, para a integração em um conjunto de saberes edificados por outros fatos, formando assim uma realidade. Assim, é pela eliminação das referências a partir das quais foi construída, que a referida inscrição resiste às tentativas de explicações sociológicas e históricas (LATOUR; WOOLGAR, 1997).

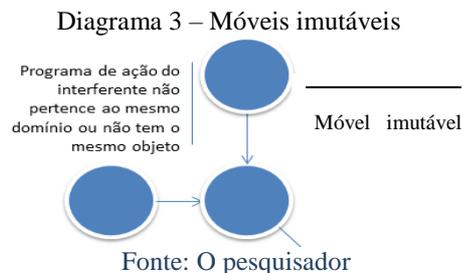
Uma inscrição é caracterizada como móvel imutável, quando foi construída em um coletivo social e foi deslocada a outro coletivo social, para se combinar com outros actantes,

---

<sup>2</sup>Enunciado é todo dito que passa por uma operação de referência no intuito de produzir um fato (LATOUR, 2004a, p. 375).

preservando a consistência das prescrições mapeadas (LATOUR, 2001). Os móveis imutáveis permitem que um ator-rede, após tornar-se suficientemente durável, estenda suas translações a outros locais e domínios por meio de processos de mobilização. Essa ação à distância é responsável pela extensão do poder de um coletivo, por mover-se em diferentes espaços e tempos (COUTINHO et al.2014).

Como exemplo de móveis imutáveis tem-se um mapa das dimensões geográficas de uma localidade, que ao ser levado a outro local permite ser modificado, para o estudo da referida localidade à distância. Outro é a amostra da fauna e flora de uma região deslocada para um ambiente artificial, ou um texto explicativo de uma ocorrência, ou ainda uma fórmula matemática como modelo de uma situação-problema, que também são deslocados a outro ambiente. No diagrama 3 temos uma figuração de móveis imutáveis.



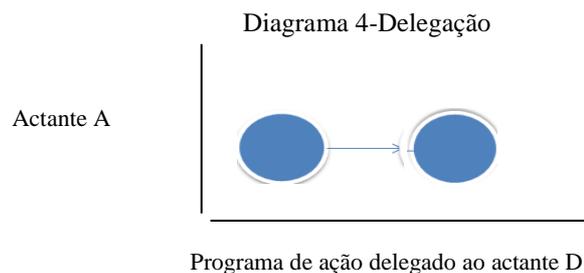
Para a construção de uma inscrição, um pesquisador deve construir uma situação para que o não-humano diga algo, servindo como seu porta-voz<sup>3</sup>. Em seguida, o não-humano apreende, modifica e altera o pensamento humano que, por sua vez, pelo trabalho dos pesquisadores, altera suas trajetórias, seus destinos, suas histórias (LATOUR, 2004a). Esse foco possibilita a análise do coletivo social em sua real dinâmica, pois leva em consideração que uma imagem captada ou uma descrição feita de um fenômeno social utilize estruturas conceituais, enraizadas em sua própria comunidade.

Dessa maneira, a Teoria Ator-Rede se estabelece sobre dois pontos fundamentais: a crítica às concepções estáveis de sociedade advindas da sociologia, e o reconhecimento do potencial de agência de elementos não-humanos, que influenciam diretamente na construção do social. É desconstruindo a ideia de que o social e a sociedade são categorias estruturantes, estabilizadas e completas, que a Teoria Ator-Rede leva em consideração justamente a dinâmica atual deste mundo conectado, em que as mudanças ocorrem cada vez mais rápidas (LOURENÇO; TOMAEL, 2018).

<sup>3</sup> Porta-voz é o actante que serve para explicar a dinâmica de um coletivo social.

As inscrições das relações entre os actantes, tornam-se em textos por meio de descrições sociotécnicas. Essa descrição na Teoria Ator-Rede consiste na tarefa de desdobrar os atores como redes sociotécnicas de mediações. Nesse contexto, conforme Latour (2004b), tem-se um empreendimento crítico, uma tentativa de reunir. O crítico não é aquele que desmascara, mas quem oferece arenas aos participantes, nas quais se reunir. Esse processo preocupa-se com o tipo de ação que circula entre os actantes, enquanto eles agem, e não se apropria de qualquer teoria *a priori* como árbitro. Para Latour (2012), a associação de mediadores deve ser comunicada por um bom texto que explique o social e provoque o leitor a desejar mais detalhes e a convocar mais actantes para serem reunidos.

A delegação, figurada pelo diagrama 4, é uma característica da mediação, que diz respeito à capacidade do actante individualmente inserir em cada um dos outros um poder de agência, que até então não existia, alterando seu funcionamento. Essa ação promove alteração de interesses, que compõem a relação entre humanos e não-humanos (CARDOSO, 2015).

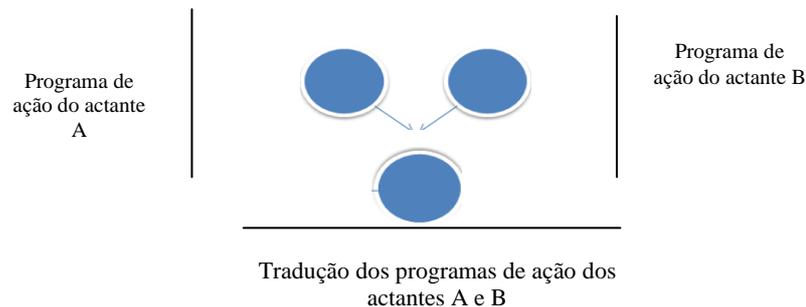


Fonte: O pesquisador

Como exemplo de delegação tem-se o quebra-molas. O programa de ação dos engenheiros, quanto ao cumprimento do limite de velocidade em um trânsito em via pública, foi atribuído ao concreto de cimento. Porém, para efetivação dessa delegação, o quebra-molas deve estar articulado em rede (LATOUR, 2001).

A tradução, figurada no diagrama 5, é outra característica da mediação, que ocorre quando os programas de ação de actantes são alterados reciprocamente. Ela é uma relação ativa, que interpreta o sentido de um novo código híbrido, e expressa o resultado dessa interpretação na forma de alterações nos vínculos dos actantes originais. De acordo com Latour (2000), essa noção expressa a simetria entre os microprocessos, que ocorrem no cotidiano dos coletivos e as negociações que envolvem um universo dilatado de elementos e questões, reunindo outros especialistas e não-especialistas (CARDOSO, 2015).

Diagrama 5 –Tradução



Fonte: O pesquisador

A tradução ocorre quando há translação de interesses entre domínios científicos e políticos. Assim, em determinado momento, para o presidente de uma grande empresa da Paris de 1939, ganhar dinheiro significou investir em pesquisas de fissão nuclear. Para o cientista que trabalhava nessa pesquisa, demonstrar a possibilidade de uma reação em cadeia significou em parte vigiar espiões nazistas. Ao mesmo contexto, um estrategista que quer aumentar seu poderio militar, investe no laboratório de física do referido cientista. É importante atentar-se ao fato de que esses interesses não foram *apriori*, eles foram transladados e traduzidos (LATOUR, 2001).

Silva e Barbosa (2018) mencionam em particular a ocorrência de redes sociotécnicas no ambiente de sala de aula com seus objetos, como livros, quadros, computadores, carteiras, canetas e outros, que condicionam e dão forma às próprias ações de alunos e professores. Segundo Latour (2012), pelo fato do social ser o que emerge das associações, com a escola e a educação não é diferente, já que tudo é associação. Assim, a Teoria Ator-Rede desperta o interesse e lança-nos em uma nova maneira de pensar a educação. Afinal, a Teoria Ator-Rede busca identificar, justamente, as associações entre atores vistos como mediadores, destacando as redes sociotécnicas que se formam com a circulação da ação entre eles (LEMOS, 2013).

O tratamento de Latour de todas as coisas, conceitos e sentimentos como atores em rede, como efeitos de suas alianças, banem definitivamente as divisões entre humanos e mundo. Esse fato está sendo explorado por educadores para descreverem práticas educacionais e seguirem os processos sociais e materiais, que constituem continuamente o que parece ser distintas e evidentes coisas, pessoas e conceitos. Eles estão mostrando as múltiplas camadas heterogêneas e conexões frágeis, que compõem os atores da educação, ou seja, os currículos, as padronizações, as avaliações, o ensino e a aprendizagem (FENWICK; EDWARDS, 2010).

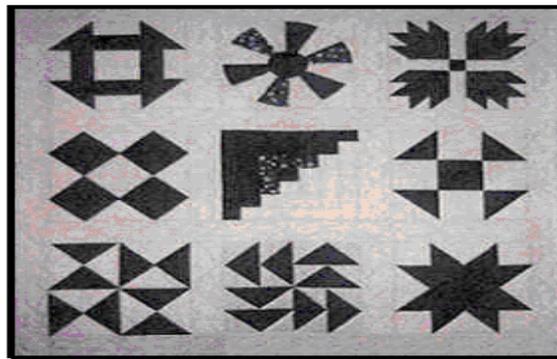
Dessa forma, têm-se ricas possibilidades para explorar como a educação é montada como uma rede de práticas, e para apreciação das múltiplas ontologias que podem ser amarradas juntas, como estabilizações temporárias (FENWICK; EDWARDS, 2010). O ambiente escolar é um híbrido de instrumentos educacionais e disciplinares desde sempre (salas, laboratórios, equipamentos, regras de conduta, rituais cotidianos e filas, cadernetas escolares, boletins de notas etc.). Não se pode separar humanos e não-humanos no espaço escolar. Pois, são as relações híbridas entre corpo-matéria, que determinam a *performance* dos actantes (LEMOS, 2014).

Oliveira, K. (2015) compreende que conceitos e técnicas da Teoria Ator-Rede devem ser mobilizados para a compreensão de maneira integrada como atores humanos e não humanos: instituições, aulas, normas de conduta e outros, podem associar-se na composição das redes sociotécnicas, responsáveis pela composição da educação formal. Nesse sentido, compreendo que atividades de modelagem matemática, realizadas a partir de práticas socioculturais, devem circular como mais um actante em um ambiente escolar para compor essa rede sociotécnica.

### 3.2 MODELAGEM MATEMÁTICA ARTICULADA À TEORIA ATOR-REDE

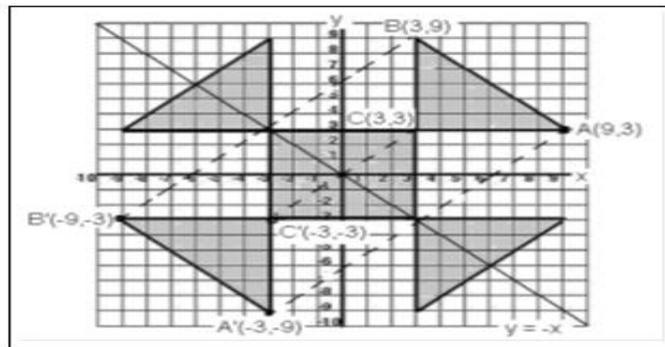
As formas de desenvolvimento para atividades de modelagem matemática, predominantemente estão comprometidas com os conteúdos matemáticos escolares ou acadêmicos. Essas formas, ou objetivam a mobilização dos conteúdos matemáticos escolares ou acadêmicos por parte dos aprendizes, ou a mobilização do senso crítico e reflexivo desses estudantes. Ainda nesse último caso, contudo, a atividade gira em torno dos conteúdos matemáticos escolares ou acadêmicos.

Como exemplo, tomei os blocos de *quilts* (Figura 7), que eram colchas usadas para o envio de mensagens aos escravizados fugitivos, na época da escravidão nos Estados Unidos, rumo ao norte ou Canadá. Os membros de grupos não-escravizados que os apoiavam, penduravam nas janelas de suas casas tecidos com formas que representavam informações acerca das rotas de fuga para os escravizados (ROSA; OREY, 2017).

Figura 7 –Blocos de *quilts*

Fonte: Rosa e Orey (2017, p. 58)

Na Modelagem Matemática ou pesquisas similares, como a Etnomodelagem, seria comum notar simetrias nas formas presentes nos blocos de *quilts*. Em Rosa e Orey (2017) foi notada a simetria na construção da forma de um dos blocos. Dessa forma, foi considerada como modelo matemático, para esse elemento da prática de fuga de escravizados, a reflexão sobre a reta  $y = -x$  (Figura 8).

Figura 8 – Bloco *Quilt ShooFly* - um dos padrões utilizados para fuga dos escravizados

Fonte: Rosa e Orey (2017, p. 61)

Esta pesquisa, embora tenha semelhanças, não se enquadra em uma pesquisa de etnomodelagem; pois os actantes de determinada atividade problematizada não devem ser traduzidos em modelos para dialogarem com a matemática acadêmica ou escolar. Os pesquisadores frente à referida atividade devem construir uma rede sociotécnica, articulada à própria cultura que pertencem os referidos actantes, para produzirem configurações matemáticas que respondam especificamente a determinadas questões locais.

A Modelagem Matemática articulada à Teoria Ator-Rede deve considerar o desdobramento simétrico e híbrido dos actantes de um coletivo social, para o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática. Dessa maneira, o olhar quanto à identificação de elementos matemáticos deixa de ser primordialmente escolar ou acadêmica

para priorizar as práticas matemáticas de determinado coletivo social, com o propósito de se construir enunciados a partir de inscrições locais, ou seja, inscrições enraizadas em uma determinada prática sociocultural.

Dessa forma, atividades de modelagem matemática articuladas à Teoria Ator-Rede envolvem todos os tipos de relações entre humanos e não-humanos, em uma determinada prática sociocultural antes de se construir um modelo matemático. Nessas ações, os desenvolvedores de atividades de modelagem matemática devem iniciar o processo pela atenção às referidas práticas, com o intuito de descreverem redes sociotécnicas, para em seguida darem continuidade às demais etapas das atividades de modelagem matemática.

Desta forma, assumi essa postura para o ensino de Matemática por meio da Modelagem. Para que as atividades de modelagem matemática pudessem ocorrer sob essa visão, havia a necessidade de se articular elementos da Teoria Ator-Rede a elementos da Modelagem Matemática. A Teoria Ator-Rede apresentou uma maneira diferenciada de pensamento, ação e estudo para atividades de modelagem matemática e processos educacionais. Nesse tipo de construção, humanos e não-humanos formam um efeito produzido por uma rede de interações heterogêneas. O natural, o técnico e o social, apesar de apresentarem-se separados no cotidiano e como entidades absolutas, empiricamente nada mais são do que redes híbridas (LAW, 1992).

Na abordagem articulada à Teoria Ator-Rede, uma atividade de modelagem começa especificamente com a escolha de uma prática sociocultural a ser pesquisada sem a intermediação primordial de conteúdos matemáticos escolares ou acadêmicos e sim por meio de uma descrição sociotécnica. Essa prática substitui a escolha de tema, e traz consigo uma situação cotidiana com todos os actantes que a constitui. A organização dos estudantes é realizada em grupo e a dinâmica da autoria de escolha da atividade é feita pelo professor ou pelos estudantes. A essa etapa da modelagem, denominei como **prática performada**, por envolver encenações realizadas por humanos e não-humanos.

No desenvolvimento de atividades de modelagem articulada à Teoria Ator-Rede, após a escolha da prática performada, realiza-se uma *descrição* sociotécnica da prática sociocultural, escolhida pelo professor ou estudantes, que envolve mediações entre seus actantes. Na descrição da prática sociocultural, professor ou alunos devem focar em cada actante que percebam ter alguma relação com um actante que foi escolhido para iniciar a atividade. Em seguida, devem identificar mediações entre eles. Esses elos, identificados com ajuda de porta-vozes, produzem enunciados que figuram como um híbrido entre os actantes.

Então segue a articulação com outros actantes, que podem agregar-se a partir de qualquer um que já compõe o coletivo social. A rede sociotécnica só cessa de se estender, por opção dos desenvolvedores da atividade de modelagem, devido a algum tipo de limitação. A essa etapa da modelagem, denominei **descrição sociotécnica**, por tratar das interações entre humanos e não-humanos de maneira simétrica e híbrida.

Na abordagem da Modelagem articulada à Teoria Ator-Rede, após a realização da descrição sociotécnica, tem-se a etapa que denominei **figurações matemáticas**. Essa fase é o momento em que os aprendizes devem ser mobilizados pelo professor, para a identificação de práticas matemáticas a partir da descrição sociocultural, e para inscreverem suas referidas figurações. Os estudantes, no interior de seus grupos, não devem ter seus enunciados ignorados, pois, o objetivo das conversas, formais ou informais, é de simetria quanto aos conhecimentos do grupo. Em seguida se realizará a identificação de questionamentos, por meio das figurações matemáticas consideradas como um ator-rede. A essa etapa da modelagem, denominei **identificação de problemas**.

Na sequência dessas etapas que constituem a abordagem da Modelagem articulada à Teoria Ator-Rede, tem-se a construção de um modelo a partir da associação de elementos obtidos na etapa de figurações matemáticas. Esse modelo matemático deverá responder ao problema suscitado na etapa “identificação de problema”. Não há necessidade de validação e/ou interpretação do modelo, por ser construído a partir de uma descrição sociotécnica. A essa etapa denominei **configuração matemática**, por associar elementos das figurações matemáticas.

No desenvolvimento de atividades de modelagem matemática na abordagem articulada à Teoria Ator-Rede, considera-se fundamental que os resultados da pesquisa sejam relatados por escrito e divulgados aos demais grupos de estudantes e professores, podendo ser estendidos à comunidade escolar e externa. Essa última etapa foi denominada **socialização de móvel imutável** por apresentar um texto que apresenta inscrições de práticas socioculturais de ambientes diversos da escola ou da academia. Nesse mesmo texto, a configuração matemática produz um tipo de modelo matemático, que deve ser tratado de maneira simétrica em relação à lógica escolar e acadêmica. A tal modelo denominei **diplomodelo**, em referência à figura do diplomata mencionado em Noli (2017).

As ideias de Barbosa (2003) e de Burak (2004), Chaves e Espírito Santo (2011) focam tanto no desenvolvimento das etapas da modelagem quanto no papel de seus implementadores. Assim, definem a Modelagem Matemática como um processo gerador de um ambiente de ensino e aprendizagem, em que os conteúdos matemáticos podem ser

conduzidos de forma articulada com outros conteúdos, de diferentes áreas do conhecimento. Dessa forma, a Modelagem Matemática contribui para que se tenha uma visão holística (global) do problema em investigação. Isso leva a atualização dos casos propostos por Barbosa (2003), conforme o quadro 2.

Quadro 2- Possibilidades para Modelagem Matemática em sala de aula

ETAPAS	POSSIBILIDADE		
	1	2	3
ETAPAS DO PROCESSO			
ESCOLHA DO TEMA	Professor	Professor	Prof./aluno
ELABORAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	Professor	Professor	Prof./aluno
COLETA DE DADOS	Professor	Prof./aluno	Prof./aluno
SIMPLIFICAÇÃO DOS DADOS	Professor	Prof./aluno	Prof./aluno
TRADUÇÃO DO PROBLEMA / RESOLUÇÃO	Prof./aluno	Prof./aluno	Prof./aluno
ANÁLISE CRÍTICA DA SOLUÇÃO / VALIDAÇÃO	Prof./aluno	Prof./aluno	Prof./aluno

Fonte: Chaves; Espírito Santo (2011, p. 6)

Nesse quadro, há a denominação “possibilidades de Chaves” como uma alternativa mais ampla aos casos de Barbosa (2003), para as responsabilidades de professor e estudantes nas etapas de um processo de modelagem matemática. Da mesma forma que no quadro de Barbosa (2003), nesse quadro é enfatizado o modo de participação de professores e estudantes em atividades de modelagem matemática em sala de aula.

Dessa forma, as regiões de possibilidades de 1 a 3 mantêm a agência exclusivamente nos humanos (alunos e/ou professor) na condução das etapas. Para a configuração das etapas de uma atividade de modelagem matemática por meio da abordagem articulada à Teoria Ator-Rede, o que importa é a configuração das etapas, e as regiões de possibilidades podem ser das mais diversas em função da agência humana e de não humanos no decorrer das etapas. Então, o quadro das etapas se configurou da seguinte maneira:

Quadro 3 –Etapas de modelagem articulada à Teoria Ator-Rede

Etapas
Prática performada
Descrição sociotécnica
Identificação de problemas
Figurações matemáticas
Configuração matemática
Socialização de móvel imutável

Fonte: O autor

A Modelagem Matemática na abordagem articulada à Teoria Ator-Rede, caracteriza-se como um ambiente multicultural de ensino e aprendizagem, que possibilita investigações de práticas socioculturais, com foco nas articulações simétricas e híbridas entre seus actantes, para a configuração de diplomodelos matemáticos relacionados à determinada localidade, como resposta a problemas elaborados acerca da referida localidade. Para esse propósito são apresentadas as seguintes etapas: **prática performada, descrição sociotécnica, identificação de problemas, figurações matemáticas, configuração matemática e socialização de móvel imutável.**

Metodologicamente, os desenvolvedores de atividades de modelagem matemática articulada à Teoria Ator-Rede, após a escolha de uma prática sociocultural, devem realizar uma observação do ambiente em que ocorre a referida prática. Essa observação deve ser corroborada com necessárias indagações aos porta-vozes que constituem a prática escolhida. É importante a eleição de um actante de maior relevância para se iniciar a pretendida observação. O objetivo deve ser a obtenção de actantes materiais e de práticas matemáticas relacionadas aos referidos actantes.

Em seguida, deve-se realizar uma entrevista com os referidos porta-vozes para descrever de maneira efetiva uma rede sociotécnica que só cessa de se estender, por opção dos desenvolvedores da atividade de modelagem, devido a algum tipo de limitação. O propósito deve ser a identificação de atores-rede, de questões a serem respondidas, de figurações matemáticas e de uma configuração matemática que deve ser apresentada em um ambiente escolar como um diplomodelo. Finalmente, todo o processo deve ser apresentado de maneira escrita a outros estudantes e professores.

## CAPÍTULO IV

### DESCRIÇÃO SOCIOTÉCNICA EM UMA CASA DE FARINHA

Neste capítulo, realizo uma *descrição sociotécnica* a partir da prática de produção de farinha em uma casa de farinha, que possibilita o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática articulada à Teoria Ator-Rede a partir da segunda etapa. Início com a abordagem sobre as características físicas, sociais, econômicas e culturais do município de Breves, que é a cidade a qual pertence a casa de farinha do loteamento São Pedro, local onde foi realizada a produção de informações para a referida descrição que se caracteriza pela produção de enunciados que mantêm o hibridismo e simetria entre humanos e não humanos na constituição de realidades.

Os enunciados que possibilitam as conexões entre actantes são sempre parte de redes maiores, que podem ser extensão de redes locais. Junto a isso, apresento características da raiz de mandioca, que elegi como um actante relevante, ou seja, aquele que seguindo seus rastros, consegue-se uma descrição de determinada rede sociotécnica. Finalmente, apresento a realização da descrição sociotécnica da prática de produção de farinha, na casa de farinha do loteamento São Pedro.

O objetivo dessa descrição foi configurar os atores humanos e não-humanos e suas relações simétricas e híbridas em torno de raízes de mandioca. As próprias características da Teoria Ator-Rede orientam como realizar a descrição sociotécnica. Uma descrição desse tipo é justificada pela potencialidade de produzir a compreensão de uma determinada prática sociocultural, por parte de um professor ou dos estudantes, para darem sequência a uma determinada atividade de modelagem matemática articulada à Teoria Ator-Rede.

#### 4.1 MUNICÍPIO DE BREVES: LOCAL DA PRÁTICA DE PRODUÇÃO DE FARINHA

Conforme a Prefeitura Municipal de Breves, em 19 de novembro de 1738, o Capitão geral do Pará, Jose de Nápoles Teles de Menezes, concedeu aos irmãos portugueses Manuel Breves Fernandes e Ângelo Breves Fernandes, uma sesmária, localizada às proximidades do rio Parauahá, doação confirmada pelo rei de Portugal, em 30 de março de 1740.

Neste local, que anteriormente pertencia aos índios da tribo Nheengaíbas, os irmãos portugueses fixaram residência, instalando um sítio que passou a chamar-se Sant'Anna dos Breves e, posteriormente, com a fundação de um pequeno engenho, o lugar passou a ser conhecido como “Engenho dos Breves”, em homenagem aos seus fundadores.

Após a instalação da família dos Breves, outros parentes deslocaram-se para a região, contribuindo assim, para seu desenvolvimento. Dentro da categoria de lugar, permaneceu durante os últimos anos do período colonial, chegando à Proclamação da República com certo desenvolvimento, passando a fazer parte dos municípios de Melgaço, e de Portel, sucessivamente.

Em 30 de Dezembro de 1850, a lei provisória nº 172 deu-lhe o predicamento de freguesia, com a invocação de Nossa Senhora Santana de Breves, sendo no ano seguinte, elevado à categoria de Vila, através da resolução nº. 200, de 25 de outubro de 1851, datando daí também a criação do município de Breves.

No dia 02 de novembro de 1882, por meio da lei provisória nº. 1079, a Vila de Santana dos Breves foi elevada à categoria de cidade. A divisão territorial do estado, fixada pelo Decreto-Lei Estadual nº. 4505, de 30 de dezembro de 1943, para vigorar de 1944-1948, apresenta o município de Breves com os seguintes distritos: Breves, Antônio Lemos e Itaquara.

A lei Estadual, nº. 1122, de 10 de novembro de 1909, concedeu definitivamente foro de cidade à sede do município. Atualmente o município de Breves é constituído pelas sedes e os distritos de Antônio Lemos, Curumu e São Miguel dos Macacos.

Quanto à localização, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Breves está localizado ao sudoeste do arquipélago do Marajó, no estado do Pará, pertencente à mesorregião de Marajó, microrregião de Furos de Breves, entre as coordenadas de 01°40'57" de latitude sul e 50°28'48" de longitude a oeste de Greenwich, e a uma altitude de 40 metros.

Distante 606 km da capital do estado, Belém, Breves possui como limites: ao norte com os municípios de Afuá e Anajás, ao sul com os municípios de Melgaço e Bagre, a leste com os municípios de Anajás, Currealinho e São Sebastião da Boa Vista e a oeste com os municípios de Melgaço e Gurupá, ocupando área de aproximadamente 9550,454 km<sup>2</sup>.

O acesso para Breves, a partir de Belém, pode ser de barco, em uma viagem com duração de 12 horas, partindo dos portos São Domingos, Bom Jesus, Custódio, Tamandaré, Comercial, Mundurucus e Ankel, ou de avião, saindo do aeroporto Júlio Cesar com duração de cerca de 30 a 45 minutos.

Em relação ao clima, o município de Breves faz parte do equatorial úmido, apresentando características de amplitude térmica mínima, temperatura média em torno de 27° C, mínima superior a 18° C, umidade elevada e alta pluviosidade nos seis primeiros

meses do ano. Nos meses mais chuvosos ocorrem as menores temperaturas, enquanto nos meses sem chuva ocorrem as temperaturas mais elevadas.

No que tange à vegetação, a formação do município de Breves é bastante importante, devido ao papel desempenhado pelas espécies vegetais, principalmente na exploração da madeira, dentre as quais se destacam a virola ou ucuúba, a andiroba e o açai (*euterpe oleracea*), da qual se extrai o palmito. Atualmente, devido à intensidade e à seletividade da exploração florestal, as matas encontram-se bastante esgotadas dessas espécies. A produção agrícola nas várzeas também foi muito importante em certa época, para a economia do município, principalmente no cultivo de arroz, estando hoje praticamente abandonada. Os locais dos antigos cultivos foram ocupados pelas capoeiras ou florestas secundárias.

A hidrografia do município é bastante complexa, representada pelo emaranhado de furos, paranás e igarapés, a flora do município possui característica da Amazônia, com predominância de floresta tropical. A fauna é marcada pela presença de inúmeras espécies ameaçadas de extinção, como por exemplo, onça-pintada, onça-parda, jaguatirica, preguiça, ariranha, e muitos outros animais de importância na alimentação das populações locais, como jacarés, paca, cutia, tatu, capivara, anta, macacos etc.

Quanto ao perfil do município, segundo o banco de dados do IBGE, a população estimada para o ano de 2019, foi de 102701 habitantes, que representa 1,22% da população do estado, e 0,05% da população do país. Segundo a classificação do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, o município está entre as regiões consideradas de médio desenvolvimento humano (IDH entre 0,5 e 0,8). Em relação aos outros municípios do estado acerca do IDH, Breves apresenta uma situação ruim, pois ocupa a 114ª posição, sendo que 113 municípios (79,0%) estão em situação melhor e 29 municípios (21,0%) estão em situação pior ou igual.

No que se refere à educação, o município de Breves possui uma taxa de alfabetização de 75,3%. A taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade é de 90,2%. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica – IDEB, relativo ao ensino fundamental na rede pública é de 3,5 para os anos iniciais, e de 3,7 para os anos finais. No ano de 2018 houve 26.390 matrículas no ensino fundamental, e 3.654 matrículas no ensino médio. No mesmo ano foram computados 1.111 docentes no ensino fundamental, e 135 docentes no ensino médio. O número de estabelecimentos de ensino fundamental é 254, e no ensino médio é 8 (PREFEITURA MUNICIPAL DE BREVES, 2018).

Quanto ao ensino superior da rede pública, a Universidade Federal do Pará instalou-se no município de Breves na década de 1990, inicialmente como um núcleo subordinado

ao *campus* de Soure, oferecendo os cursos de licenciatura e bacharelado em História, em regime intervalar. As turmas regulares iniciaram-se em 1993, com os cursos de Matemática e Geografia. Ainda na década de 1990, mediante articulações de representações políticas, empresariais, estudantes e de trabalhadores da área de educação, com o apoio de diferentes municipalidades (particularmente Bagre, Gurupá, Melgaço e Portel), uma empresa local cedeu um terreno, em favor da instituição, onde se deu início à construção da base física do recém-criado núcleo, cuja inauguração se deu no ano de 2000 (CAMPUS MARAJÓ-BREVES).

Essa instituição nos informa, também, que em 2006, este núcleo passou para o status de *campus* denominando-se Campus Universitário do Marajó-Breves. A continuação do processo de consolidação da nova unidade deu-se com a implantação do Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), em 2009, que possibilitou a realização de concursos públicos e a contratação de professores e técnicos. Atualmente a Unidade oferece quatro cursos de licenciatura – Pedagogia, Letras, Ciências Naturais e Matemática – e um de bacharelado – Serviço Social, e possui quarenta professores no quadro efetivo e dezenove técnicos.

Em termos de comércio e serviços, o município de Breves possui correspondentes bancários como Banco Postal (Bradesco) e Banco Popular do Brasil (Banco do Brasil), além de uma Casa da Cultura, equipada para até 120 pessoas, utilizada para a realização de eventos culturais. A Divisão de Cultura é um espaço para a realização de oficinas de teatro, dança e artesanato, com capacidade para 230 pessoas. Outra prática favorável para o desenvolvimento do município é o turismo, proporcionado pelo rio Parauhau, rio Pracaxi, Estreito de Breves, Igarapé Grande, rio Mapuá, Prédio da BISA, Corcovado, Igreja Matriz de Sant'Ana e o Trapiche Municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE BREVES).

O fornecimento de energia elétrica ao município, no censo de 2010, era efetuado pelas Centrais Elétricas do Pará S.A – CELPA, que atendia em 2003, 7.779 consumidores, totalizando um consumo energético de 20.000.108 kW/h. Em 2010, 78,32% dos domicílios tinha acesso à energia elétrica enquanto que no estado esse percentual é maior, 92,56%, segundo o IBGE.

O sistema de abastecimento de água implantado na sede municipal é operado pela Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, contando com 5.374 ligações, sendo 95,8% residencial, 1,58% comercial, 0,1% industrial e 2,54% pública, segundo informações comerciais da COSANPA (2006). O município de Breves atualmente não dispõe de rede de esgotamento sanitário. O que resta à população é a utilização de fossas sépticas e fossa

rudimentar, sistema que favorece a contaminação do lençol freático. Também não existe sistema de drenagem pluvial, sendo que as águas das chuvas escoam por canais naturais. A coleta de lixo de porta em porta é realizada por caminhão de carroceria comum e por trator de pneu rebocando caçambas.

No tocante às distribuições de renda, os dados de Censo Demográfico de 2010 do IBGE, confirmam que 39,06% dos domicílios na cidade de Breves recebem uma renda mensal inferior a um salário mínimo. Esta porcentagem torna-se mais crítica se levarmos em conta os domicílios sem rendimento, chegando a 7,39%. A economia do município é baseada no comércio e serviços, além da agricultura, pecuária e extrativismo vegetal. Na pecuária destacam-se os efetivos dos rebanhos de bovinos, suínos, bubalinos e aves. O extrativismo vegetal tem maior destaque o açaí, palmito, carvão e madeira, por ordem de importância.

A agricultura tem maior expressão na colheita de mandioca, milho e arroz (lavouras temporárias) e laranja, limão e banana (culturas permanentes). A maior representatividade do setor secundário da economia está nas indústrias instaladas no município, cerca de 30 (trinta). Atualmente, o setor terciário (comércio e serviços) é o mais expressivo no município de Breves, tendo contribuído com 77,4% para a formação do Produto Interno Bruto (PIB). As atividades industriais e as agropecuárias completam a participação na formação do PIB, contribuindo, respectivamente, com 12,4% e 5,65%.

O cultivo da mandioca (*manihotesculentacrantz*), iniciado há 3500 anos, foi uma das heranças que a civilização indígena nos deixou. Porém, é um mistério o conhecimento de como eles descobriram que, a partir do tubérculo dessa planta poderiam fabricar a farinha, que tinha sua técnica de preparo em chapa de pedra, e passou para forno de metal ou outro material, influenciada pelo homem civilizado (FILGUEIRAS; HOMMA, 2016; ALVES, 2001). O Pará é atualmente o maior produtor nacional dessa cultura, competindo com Paraná, Bahia, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina (FILGUEIRAS; HOMMA, 2016).

O principal produto da mandioca na Amazônia é a farinha de mesa ou farinha de mandioca que é obtida das raízes desse vegetal. No entanto, o processamento desse produto é muito rústico e artesanal na Amazônia. Dessa forma, a produção de farinha de mandioca constitui-se como excelente potencial para a organização de pequenos negócios rurais. Os locais de produção são denominados, no estado do Pará, por “casas de farinha”. Essas estruturas produtivas são caracterizadas pelo processamento artesanal das raízes de mandioca, muito embora já seja possível encontrar na região nordeste paraense alguns empreendimentos que utilizam processo semimecanizado (MODESTO JUNIOR; ALVES, 2016).

Praticamente toda a produção de raízes de mandioca do Pará é consumida na forma tradicional de farinha de mesa, representando um dos principais componentes da dieta alimentar da população. Dessa forma, destacam-se dois grupos de farinha feitas da raiz, classificados conforme o processo de fabricação: farinha de mandioca-d'água e farinha de mandioca-seca, divididas em diferentes granulometrias, fina, média e grossa (MODESTO JUNIOR; ALVES, 2016).

A farinha é tradição na mesa do paraense, que a consome quase diariamente com peixe frito ou mesmo como acompanhamento do açaí e do feijão com arroz. Com o objetivo de garantir a qualidade, conformidade e segurança dos produtos destinados à alimentação humana, as boas práticas de fabricação da farinha são procedimentos higiênicos, sanitários e operacionais, que devem ser aplicados em todo o fluxo da produção, desde a obtenção de ingredientes, matérias-primas e embalagens até a distribuição do produto (NASCIMENTO, 2016).

#### 4.2 DESCRIÇÃO DA REDE SOCIOTÉCNICA

Como primeira parte da geração de informações, realizei uma observação não-estruturada na casa de farinha, localizada na posse São Pedro, no município de Breves, que foi filmada para futura transcrição. No entanto, no decorrer da observação do ambiente em que é produzida a farinha de mandioca, os principais porta-vozes envolvidos nessa atividade iam sendo indagados, no intuito de corroborar a referida descrição emergente, pela observação da prática de produção de farinha de mandioca.

Essa produção de informações por observação, na casa de farinha localizada na posse São Pedro, ocorreu nos dias 24 de novembro e 01 de dezembro de 2018, no intervalo de tempo das 08:00 h às 12:00 h e no dia 12 de março de 2019 no intervalo de tempo das 09:00 h às 12:00 h. No decorrer das visitas percorri, tanto o espaço da casa de farinha, quanto o espaço da roça que é o local onde, após uma queimada, há a plantação de mandioca para obtenção de raízes de mandioca. No entanto, meu olhar para produção de informações concentrou-se na casa de farinha e no processo de produção de farinha de mandioca no local, a partir de raízes de mandioca. A raiz de mandioca foi eleita como actante de maior relevância para minha descrição sociotécnica, de uma atividade de produção de farinha em uma casa de farinha no município de Breves.

A casa de farinha (imagem 3) fica às proximidades da roça, que é o local de onde é colhida a raiz de mandioca. A distância é medida em unidade de tempo (por volta de 8 minutos de caminhada). As capturas e exposições dos dados foram autorizadas pelos

produtores locais de farinha, os quais denominamos Beta e Alfa<sup>4</sup>, que eram os porta-vozes na construção da rede sociotécnica.

Imagem 3 – Casa de farinha



Fonte: O pesquisador

Quando cheguei à casa de farinha, no dia 24 de novembro de 2018, que ficava na posse São Pedro, no município de Breves, fui apresentado aos produtores de farinha, senhores Beta e Alfa, pelo meu condutor, que era um discente do curso de Matemática do CUMB. A minha porta de entrada para a descrição da rede sociotécnica deu-se na observação do senhor Beta enquanto separava as raízes de mandiocas, já raspadas, em três lotes; pois, esse produto foi eleito por mim como actante de maior relevância para iniciar a descrição.

O senhor Beta informou-me que a raiz de mandioca utilizada para a produção de farinha naquele dia foi colhida havia 3 dias e trazida, em 5 sacas de fibras com capacidade para 60 quilogramas (imagem 4), à casa de farinha para ser raspada e separada em lotes.

Imagem 4 – Sacas de fibras e raízes de mandioca



Fonte: O pesquisador

Uma parte da raiz de mandioca raspada (2 sacas) foi deixada de molho em 3 camburões de plástico (imagem 5). O processo dura por volta de 2 horas para a colheita e 3 a 4 horas para a raspagem da raiz de mandioca, e o tempo que fica de molho deve ser de 2 a 3 dias.

<sup>4</sup> Estes produtores foram porta-vozes da prática de produção de farinha, os quais assinaram um termo de consentimento, que foi registrado por um Comitê de Ética.

Imagem 5–Camburão



Fonte: O pesquisador

Em seguida, o senhor Beta conduziu-me até um actante denominado cevadeira (imagem 6), próximo aos camburões, em que colocou um lote de raízes de mandioca, previamente separada em 3 lotes, para serem trituradas. Cada lote é composto proporcionalmente por raízes de mandioca secas e raízes de mandioca hidratadas.

Imagem 6–Cevadeira



Fonte: O pesquisador

Após isso, o senhor Beta mostrou-me um outro actante, denominado prensa (imagem 7), que recebia uma porção de raiz de mandioca triturada (polpa), dentro de uma saca de fibras, idêntica à usada para conduzir a raiz de mandioca da roça à casa de farinha, para ser prensada com objetivo de desidratá-la e formar uma porção de massa. Essa porção deveria ser deslocada para uma bacia de madeira (imagem 8).

Imagem 7–Prensa



Fonte: O pesquisador

Imagem 8 –Bacia de madeira



Fonte: O pesquisador

A condução da massa, obtida pelo primeiro lote para a bacia, ocorreu uma vez e meia, por meio de uma lata de ferro com capacidade para 18 litros (imagem 9), com o objetivo de ser peneirada em uma peneira de aço (imagem 10) e, posteriormente a parte peneirada foi levada para ser torrada no forno à lenha (imagem 11).

Imagem 9 –Lata de tinta



Fonte: O pesquisador

Imagem 10–Peneira



Fonte: O pesquisador

Imagem 11 –Forno



Fonte: O pesquisador

Enquanto uma segunda porção de raízes de mandioca trituradas estava na prensa, o senhor Alfa estava mexendo, com um rodo de madeira (imagem 12), a massa de raízes de mandioca, que estava sendo torrada no forno, a qual deveria tornar-se farinha. Essa massa ia sendo deslocada de uma porção de raízes de mandioca prensadas, que se encontrava na bacia de massa. Nessa bacia, peneirava-se a massa, e a passava em medidas dosadas, por meio de um vasilhame de plástico na forma de prato, para o forno. Eram passados 3 pratos de massa por vez, até completar o forno com toda a massa da bacia. O intervalo de tempo para alimentação do forno com massa é norteado perceptivamente, tanto pela visão, como pela sinestesia de quem está mexendo a massa, conforme seu cozimento.

Imagem 12–Rodo



Fonte: O pesquisador

O senhor Alfa informou-me que o forno já deve estar em temperatura adequada, percebida intuitivamente, aquecido por 2 ou 3 braçadas de lenha (imagem 13), que o alimenta progressivamente até o final das atividades do dia. Ao concluir-se o cozimento de cada baciada de massa, que dura por volta de 1 hora e 20 minutos, tem-se o fato denominado fornada. O senhor Alfa mexia a massa para não queimar e nem ficar em forma de grãos graúdos ou miúdos. Nesse intervalo de tempo, o senhor Beta estava observando toda a atividade e aguardava a conclusão da fornada, para deslocar a porção de raízes de mandioca prensada da prensa à bacia de massa. Enquanto isso, uma terceira porção de raízes de mandioca aguardava o momento de ser triturada na cevadeira. Para assim, dar sequência no processo que culminaria com a conclusão de três fornadas de farinha.

Imagem 13 –Lenha



Fonte: O pesquisador

Após a massa ficar toda torrada (conclusão de uma fornada), foi a vez da farinha ser peneirada (na mesma peneira usada para a massa) em uma bacia (bacia da farinha), para que a parte peneirada, após esfriar, fosse conduzida em sacos plásticos com capacidade para 30

quilogramas (imagem 14) até o comércio. Os sacos plásticos de 30 quilogramas são cheios com as latas de ferro de 18 litros, totalizando 5 latas para 2,5 sacos. O resíduo da massa peneirada, denominada crueira, é destinado para o preparo de mingau, já o resíduo da farinha peneirada é destinado ao alimento de porcos.

Imagem 14 – Saco plástico



Fonte: O pesquisador

Após a observação, realizei a segunda parte da produção de informações, para ampliar a compreensão da atividade na casa de farinha em estudo e refinar a descrição. Para isso, precisei retornar à localidade para entrevistas com os senhores Beta e Alfa. Essas entrevistas ocorreram na casa de farinha no dia 05 de novembro de 2019, terça-feira, no horário das 09:00 h às 12:00 h.

No momento do início da entrevista, ocorria a raspagem da raiz de mandioca e a colocação de uma parte dela para ser hidratada, pelos senhores Alfa e Beta. Assim, esse pesquisador (PQ) executou alguns questionamentos, que foram respondidos pelos referidos trabalhadores, que eram os porta-vozes na descrição.

PQ:

– Falem sobre a habitação neste local.

Beta:

– Esta localidade, que tem uma área de 1000 metros por 1000 metros, contém cinco residências que comportam ao todo 22 pessoas.

PQ:

– Falem sobre acontecimentos externos à casa de farinha, que influenciam a produção de farinha.

Beta:

– O cuidado em capinar a roça local, em que é plantada a mandioca, implica na qualidade das raízes de mandioca para a produção de farinha. Pois, a ausência de cuidados pode causar o apodrecimento das raízes e reduzir seu tamanho. Isso interfere no número de fornadas totais produzidas por aquela plantação.

Alfa:

– Cada roça deve fornecer 100 fornadas. Em cada dia de trabalho produzimos duas fornadas que implicam em quatro latas de farinha. Isso ocorre duas vezes por semana.

Beta:

– Além disso, a chuva, quando cai, molha a lenha que é utilizada para alimentar o forno.

Alfa:

– Dessa forma, ela precisa ser coletada com antecedência ao dia de trabalho, para evitar o risco de ficar molhada.

PQ:

– Fora da localidade, que outros fatores influenciam em suas atividades?

Alfa:

– O poder público, por intermédio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Breves (SEMA), deve fornecer uma licença (documento que autoriza uma atividade) para a queima da roça.

PQ:

– E quanto ao mercado de venda da farinha produzida?

Beta:

– A venda é executada por encomenda, que não influencia na produção. A entrega é feita na feira municipal. O preço de venda é regulado pelo mercado. Quando está baixo, afeta o ânimo dos trabalhadores para a produção de farinha, mas esses produtores animam-se um ao outro.

PQ:

– Falem da continuidade histórica de novos produtores.

Beta:

– O aprendizado ocorre pela participação dos iniciantes, nas atividades de produção de farinha, por meio de execução das atividades consideradas mais simples, progredindo para as atividades mais complexas, até conseguirem executar todas as atividades independentemente.

A partir de então, o término da entrevista ocorreu durante um passeio pelo loteamento com o senhor Beta. Ele informou-me que em cada roça, após a plantação há um prazo de espera de um ano para o começo da colheita, que a partir desse início, sustem a produção de seis meses de farinha. O senhor Beta informou ainda, que depois da utilização total da colheita de uma roça na produção de farinha, há um período de descanso da terra da roça por cinco anos.

Em seguida, passamos por uma roça com três meses após sua queimada e a plantação, e a mandioca estava com um metro de altura. Depois, passamos em outra roça com um mês após a queimada e plantação, na qual observamos algumas mudas bem pequenas de mandioca. Já a roça que estará sendo utilizada no período da produção de informações, há um mês e meio, já havia produzido três etapas de fornadas, e ainda tinha raiz de mandioca raspada para a quarta etapa. Essa plantação estava prevista para ser utilizada até final de abril de 2020.

## CAPÍTULO V

### DESENVOLVIMENTO DE MODELAGEM ARTICULADA À TEORIA ATOR-REDE

Neste capítulo, apresento a continuidade da proposta para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática na Educação, articulada à Teoria Ator-Rede, realizada a partir da prática de produção de farinha em uma casa de farinha no município de Breves, arquipélago do Marajó, estado do Pará. Inicialmente, apresento de forma organizada, as articulações identificadas na descrição da rede sociotécnica, realizada na referida casa de farinha. Essa organização das articulações foi concluída após atividades, que devem constar como as duas primeiras etapas da citada proposta.

A primeira foi a escolha de uma prática performada, definida como “Produção de farinha em uma casa de farinha em Breves”. A segunda foi a descrição de uma rede sociotécnica. A partir de então, identifiquei algumas práticas matemáticas que proporcionaram a elaboração de algumas questões a serem respondidas. Subsequentemente, exponho algumas representações para as práticas matemáticas e para diplomodelos matemáticos, a partir das referidas práticas, com a proposta de servirem como suporte a mediação entre professores e estudantes em atividades de modelagem a partir da quarta etapa do quadro 3.

#### 5.1 ACTANTES E MEDIAÇÕES A PARTIR DA OBSERVAÇÃO NA CASA DE FARINHA

Após a realização de minha observação na casa de farinha no município de Breves, identifiquei os seguintes actantes não-humanos, fixos ou móveis, que faziam parte da casa de farinha, e aqueles que estavam articulados a um dia de produção de farinha de mandioca, na posse São Pedro.

##### **Actantes materiais que compõem a casa de farinha:**

Cevadeira => Estrutura composta por um motor e uma serra (catitu), na qual a mandioca é triturada.

Prensa => Estrutura composta por um tanque, em que a polpa de mandioca é espremida por um tronco de árvore em forma de cilindro curto, este tronco é pressionado por uma alavanca de madeira em forma de cilindro longo.

Forno => Estrutura composta por uma chapa de metal ou cobre, utilizada para escaldar e torrar a massa de mandioca, que se torna em farinha.

Rodo de madeira => Utilizado para mexer a massa até se tornar em farinha.

Peneira de aço => Actante utilizado, tanto para peneirar a polpa de mandioca, como para peneirar a farinha produzida.

Bacias de madeira => Uma é utilizada para colocar a polpa de mandioca antes de ir ao forno, e outra para colocar a farinha após seu preparo e peneiração.

Camburões => Actantes de plástico utilizados para colocar a água para amolecer a mandioca em seu interior.

Sacas de fibras com suporte para 60 quilogramas => Actantes utilizados para colocar a polpa, que vai da cevadeira até a prensa e para conduzir a mandioca da roça até a casa de farinha.

Lata de ferro com suporte para 18 litros => Actante utilizado para conduzir a massa de mandioca da prensa até a bacia e para colocar a farinha da bacia em sacos plásticos.

Sacos plásticos com suporte para 30 quilogramas => Actante utilizado para conduzir a farinha até o comércio.

Prato dosador => Utilizado para conduzir a massa da bacia até o forno em pequenas quantidades de maneira intermitente.

Lenha => Utilizada para alimentar o forno em um dia de produção de farinha.

#### **Práticas matemáticas relacionadas a esses actantes materiais:**

Fornadas de farinha: ocorrência de 3 ou 4 unidades por dia, cada uma com duração de 1 hora e 20 minutos.

Sacas de fibras, com suporte para 60 quilogramas, com raiz de mandioca colhida na roça: 5 unidades.

Sacas de fibras, com suporte para 60 quilogramas, com raiz de mandioca seca: 3 unidades.

Sacas de fibras, com suporte para 60 quilogramas, com raiz de mandioca a hidratar: 2 unidades.

Tempo para a colheita da raiz de mandioca: 2 horas.

Tempo para a raspagem da raiz de mandioca: de 3 a 4 horas.

Tempo que a raiz de mandioca é posta de molho em minutos: de 2 a 3 dias.

Vasilhame em forma de prato com massa: necessidade de 3 medidas por cada percepção sinestésica do trabalhador.

Braçada de lenha: necessidade de 2 ou 3 unidades para aquecer o forno, conforme percepção termica do trabalhador.

Saca de fibras, com suporte para 60 quilogramas, com polpa a ser desidratada: 1 unidade para cada fornada.

Lata de ferro, com suporte para 18 litros, com farinha: 5 unidades para cada fornada.

Lata de ferro, com suporte para 18 litros, com massa: transportada 1,5 unidade da prensa a bacia.

Saco plástico, com suporte para 30 quilogramas, com farinha: 2,5 sacos necessários para as 5 latas de ferro.

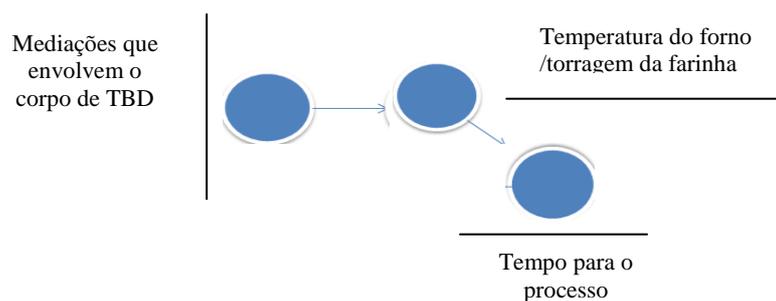
## 5.2 ATORES-REDE A PARTIR DA ENTREVISTA NA CASA DE FARINHA

Após a realização da entrevista com os senhores Beta e Alfa, que são os porta-vozes do coletivo comunicado pela produção de farinha na casa de farinha da comunidade São Pedro, identifiquei os seguintes atores-rede:

### **Trabalhadores (TBD):**

Os trabalhadores foram quem me informaram as quantidades que identificaram em suas atividades. Esses trabalhadores percebem sinestésica e termicamente quando a farinha está torrada e o fogo está na temperatura adequada para a torragem, respectivamente, por meio de mediações que envolvem o corpo.

Diagrama 6 – Mediações que envolvem o corpo de TBD

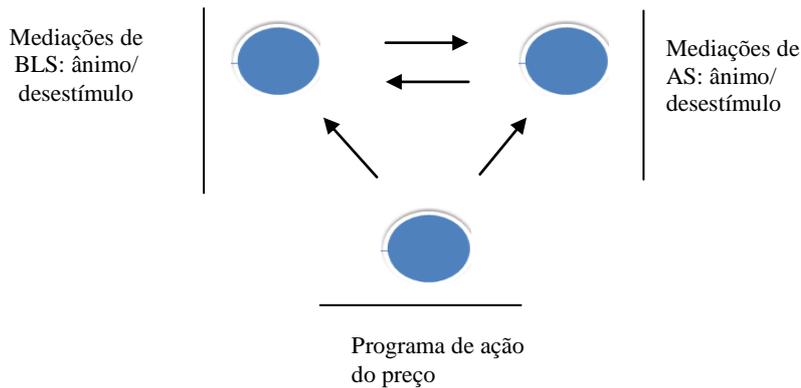


Fonte: O pesquisador

### **Senhores Beta (BLS) e Alfa (AS):**

Os senhores Beta e Alfa, conforme uma variação do preço de venda da farinha que os prejudique, chegam a ficar desestimulados para a produção desse produto, mas persistem após se animarem mutuamente por meio de mediações que envolvem afetos.

Diagrama 7 –Mediações que envolvem afetos entre TBDs

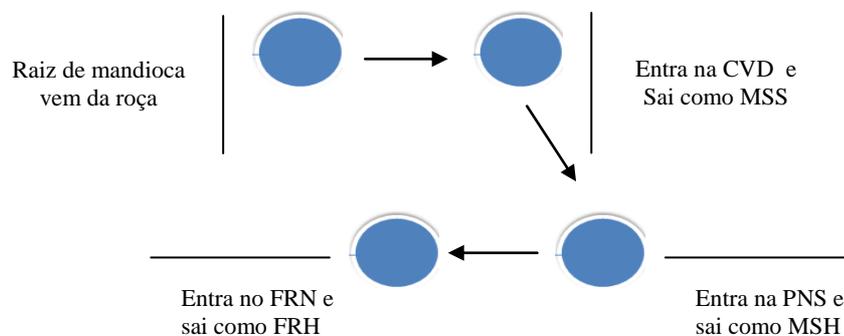


Fonte: O pesquisador

### **Raiz de mandioca:**

A raiz de mandioca sofre várias modificações, desde sua colheita até a produção da farinha (FRN), em função de sua mediação com a maioria dos actantes. Da cevada (CVD) sai como massa (MSS). Da prensa (PNS) sai como massa hidratada (MSH). E, finalmente, do forno (FRN) sai como farinha (FRH).

Diagrama 8 – Mediações transformadoras sobre as raízes de mandioca

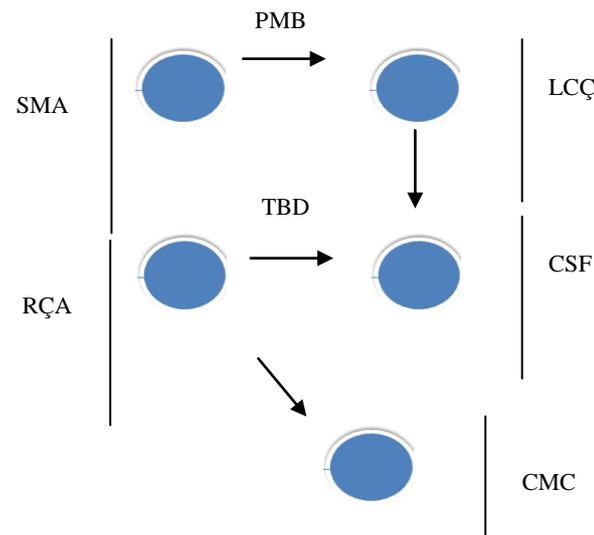


Fonte: O pesquisador

### **Instituições:**

Diversas instituições interagem entre si para a produção de farinha. Para que a roça (RÇA) seja preparada para o plantio da mandioca por meio de uma queima sustentável, faz-se necessário que a Prefeitura Municipal de Breves (PMB) forneça uma licença (LCC), via Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMA). Após determinado tempo, são colhidas as raízes de mandioca para serem levadas à casa de farinha (CSF). Na casa de farinha é produzida a farinha de mandioca, que será entregue no comércio (CMC) por encomenda.

Diagrama 9 – Mediações entre instituições diversas



Fonte: O pesquisador

Depois das referidas entrevistas, os seguintes mediadores também foram analisados por meio de traduções e delegações:

#### **Percepções:**

A percepção sinestésica delegada ao trabalhador no momento de colocar massa no forno, e a percepção termica delegada ao trabalhador no momento de colocar lenha para aquecer o forno, foram traduzidas para práticas matemáticas, quando a partir delas são executadas as seguintes práticas, respectivamente: colocação de três medidas de massa no forno, por cada percepção sinestésica, e duas ou três braçadas de lenha para aquecer o forno, conforme percepção a termica.

#### **Roça capinada:**

A roça capinada é traduzida a um actante, que a partir de uma boa plantação, aquela que não sofre prejuízo em seu crescimento, fornece uma boa fornada e uma maior quantidade de farinha.

#### **Chuva:**

A chuva é traduzida a um actante, que passa de causador da lenha molhada a causador da mudança de dia de coleta de lenha.

#### **Licença da prefeitura:**

A licença fornecida pela prefeitura autoriza a queima da roça para executar a plantação de mandioca. Essa delegação é articulada pela SEMA, por uma folha de papel A4, com assinatura do secretário de meio ambiente, pela lei que exige a licença.

**Roça:**

A roça doa raízes de mandioca à casa de farinha, para produção de farinha. Essa delegação é articulada pelos senhores Beta e Alfa, pela licença da prefeitura, pela saca de fibras.

**5.3 PRÁTICAS, QUESTÕES E DIPLOMODELOS**

Após ter organizado a descrição sociotécnica da prática de produção de farinha, em uma casa de farinha no município de Breves, arquipélago do Marajó, estado do Pará, dei sequência à minha proposta de uma atividade de modelagem matemática articulada à Teoria Ator-Rede. A “prática performada” ficou definida como “produção de farinha em uma casa de farinha” e a referida análise funcionou como a “descrição sociotécnica”. Essa organização tem como propósitos a potencialização da capacidade de elaborar problemas e de perceber mediações de poder.

A partir dessas duas etapas da atividade de modelagem proposta, dei sequência às demais etapas. Dessa forma, identifiquei práticas matemáticas inclusas na referida descrição sociotécnica, e em seguida realizei a elaboração de alguns problemas relacionados às referidas práticas matemáticas. Nessa elaboração não houve interesse primordial em mobilizações de modelos matemáticos escolares ou acadêmicos, mas sim a atenção direcionada a atores matemáticos e suas articulações. Deste modo, foram elaborados os seguintes problemas:

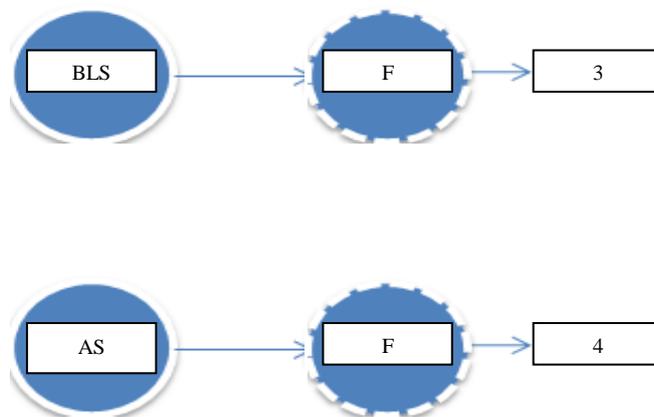
- O que podemos afirmar sobre a quantidade de fornadas em um dia de trabalho, na casa de farinha? Para isso, foram observadas as variações de valores para o número de fornadas, segundo os porta-vozes.
- Como a saca de fibra articula-se quantitativamente com a raiz de mandioca? Para isso, foram observadas as variações de valores para o número de sacas, conforme o destino das raízes contidas nelas.
- O que dizer quantitativamente, acerca da mediação entre tempo e raiz de mandioca? Para isso, foram observadas as variações de valores para o tempo, conforme o tipo de processamento das raízes.
- Como as percepções dos trabalhadores articulam-se quantitativamente com a quantidade de massa e lenha para o forno? Para isso, foram observadas as variações de valores atribuídos a alguns actantes mediante a agência da percepção dos trabalhadores.
- Como se configura quantitativamente o ator-rede farinha com os demais actantes? Para isso, foram observadas as variações de valores para alguns actantes, conforme suas relações com a farinha.

Dessa maneira, mediante associações entre as figurações matemáticas decorrentes das práticas matemáticas identificadas, configurei diplomodelos matemáticos, que devem atuar como respostas aos problemas elaborados anteriormente. Essas figurações e configurações foram inscritas da seguinte maneira:

**Figurações matemáticas:**

F => Fornadas de farinha por dia de produção. Ocorrência conforme os senhores Beta (BLS) e Alfa (AS). No diagrama 10, os trabalhadores atuam sobre a quantidade, em unidades, de fornadas de farinha.

Diagrama 10 – Figurações para fornadas de farinha



Fonte: o pesquisador

S => Saca de fibras.

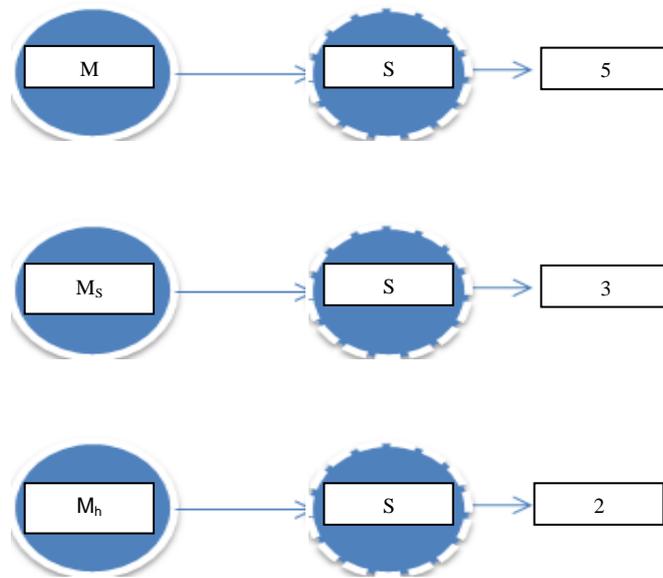
M => Raízes de mandioca colhidas na roça.

M<sub>s</sub> => Raízes de mandioca a permanecerem secas.

M<sub>h</sub> => Raízes de mandioca a serem hidratadas.

No diagrama 11, a saca é um mediador que se apresenta com certa quantidade, em unidades, para suporte de raízes de mandioca conforme o destino dessas raízes.

Diagrama 11 – Figurações para raízes de mandioca em sacas de fibras



Fonte: o pesquisador

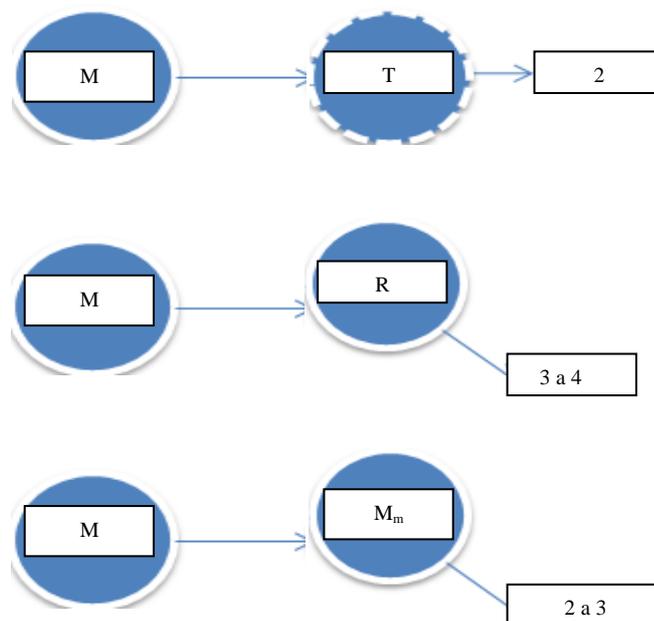
$T \Rightarrow$  Tempo para a colheita das raízes de mandioca em horas.

$R \Rightarrow$  Tempo para a raspagem das raízes de mandioca em horas.

$M_m \Rightarrow$  Tempo que as raízes de mandioca são postas de molho em dias.

No diagrama 12, as raízes de mandioca levam um tempo para realizarem determinadas mediações, nas quais o tempo de colheita (em horas), o tempo de raspagem (em horas) e a hidratação (em dias) são mediadores quanto ao actante tempo.

Diagrama 12 – Figurações para processos sobre as raízes de mandioca



Fonte: o pesquisador

$P_s$  => Percepção sinestésica do trabalhador no momento de colocar massa no forno para torrar.

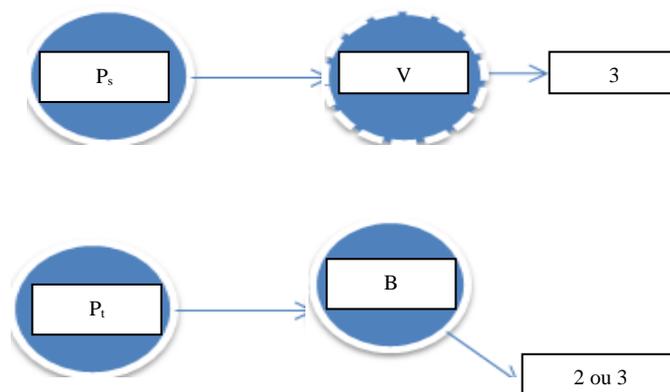
$P_t$  => Percepção termica do trabalhador no momento de colocar lenha para aquecer o forno.

$V$  => Vasilhame em forma de prato para conduzir massa ao forno a cada percepção sinestésica do trabalhador.

$B$  => Braçadas de lenha para aquecer o forno conforme percepção termica do trabalhador.

No diagrama 13, o tipo de percepção define quantidades (em unidades) conforme o mediador vasilhame ou o mediador braçada de lenha.

Diagrama 13 – Figurações para percepções sobre a torragem de farinha



Fonte: O pesquisador

FRH => Farinha.

MSS => Massa.

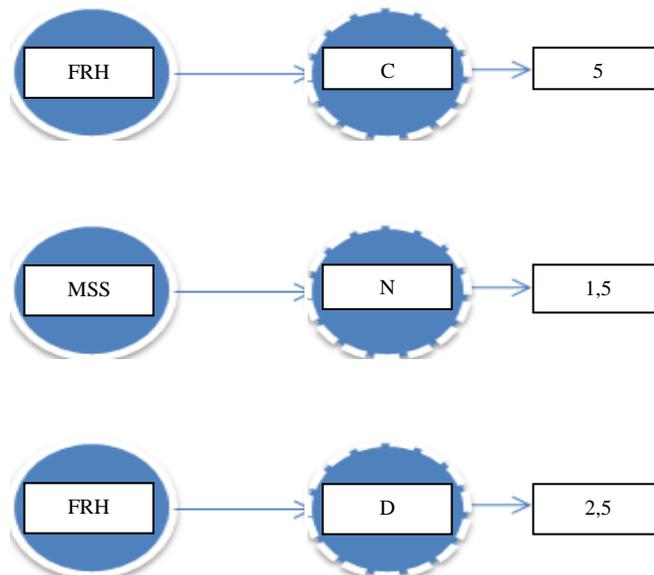
C => Latade ferro com farinha de cada fornada.

N => Lata de ferro com massa transportada da prensa a bacia.

D => Saco plástico com farinha.

No diagrama 14, lata de ferro e saco plástico são mediadores quantificados pelo transporte dos mediadores farinha e massa.

Diagrama 14 – Figurações para lata, saco, massa e farinha

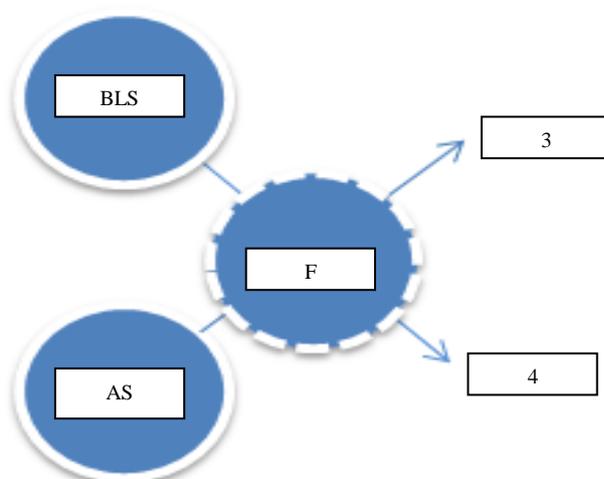


Fonte: O pesquisador

### Configurações matemáticas:

Em resposta ao problema: – O que podemos afirmar sobre a quantidade (em unidades) de fornadas em um dia de trabalho, na casa de farinha? Configurei o seguinte diplomodelo, associando algumas figurações matemáticas, conforme o diagrama 15:

Diagrama 15 –Diplomodelo para fornadas de farinha



Fonte: O pesquisador

No qual:

F => Fornadas de farinha por dia de produção.

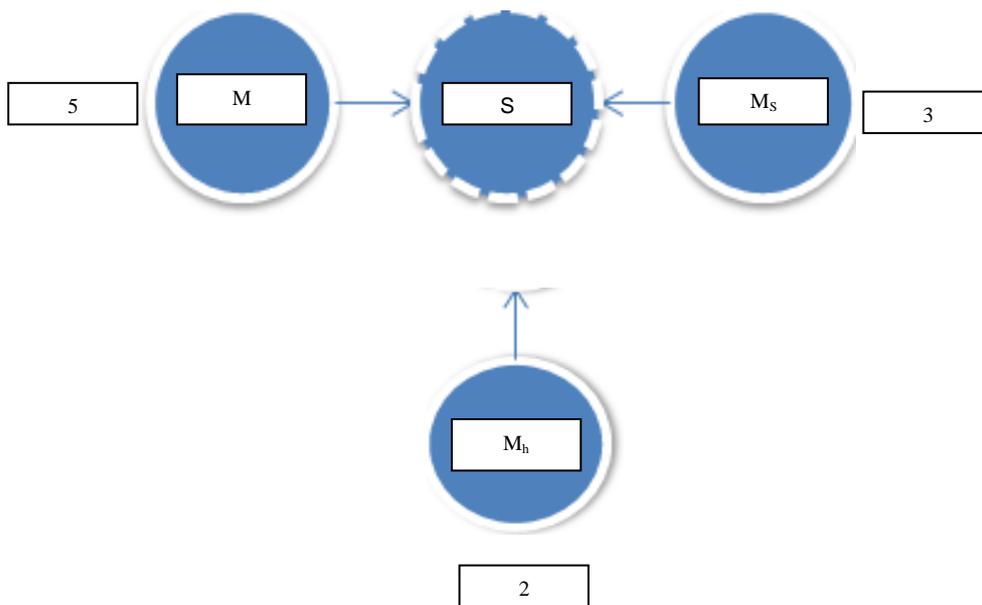
AS => Trabalhador Alfa.

BLS => Trabalhador Beta.

O número de fornada é quantificado de acordo com a perspectiva dos trabalhadores.

Em resposta ao problema: – Como a saca de fibra articula-se quantitativamente (em unidades) com a raiz de mandioca? Configurei o seguinte diplomodelo, associando algumas figurações matemáticas, conforme diagrama 16:

Diagrama 16 –Diplomodelo para raízes de mandioca em sacas de fibras



Fonte: o pesquisador

No qual:

S => Saca de fibras.

M => Raízes de mandioca colhidas na roça.

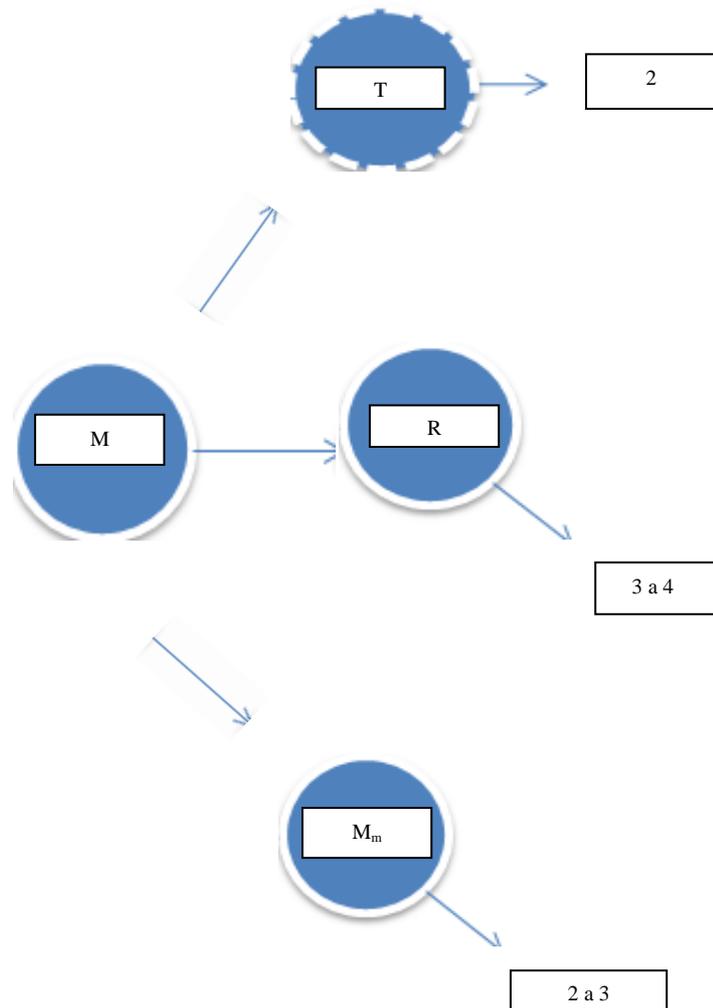
$M_s$  => Raízes de mandioca a permanecerem secas.

$M_h$  => Raízes de mandioca a serem hidratadas.

A saca é um actante que sustenta certa quantidade de raízes de mandioca, conforme o destino dessas raízes.

Em resposta ao problema: – O que dizer quantitativamente acerca da mediação entre tempo e raiz de mandioca? Configurei o seguinte diplomodelo, associando algumas figurações matemáticas, conforme diagrama 17:

Diagrama 17 – Diplomodelo para processos sobre as raízes de mandioca



Fonte: O pesquisador

No qual:

M => Raízes de mandioca colhidas na roça.

T => Tempo para a colheita das raízes de mandioca em horas.

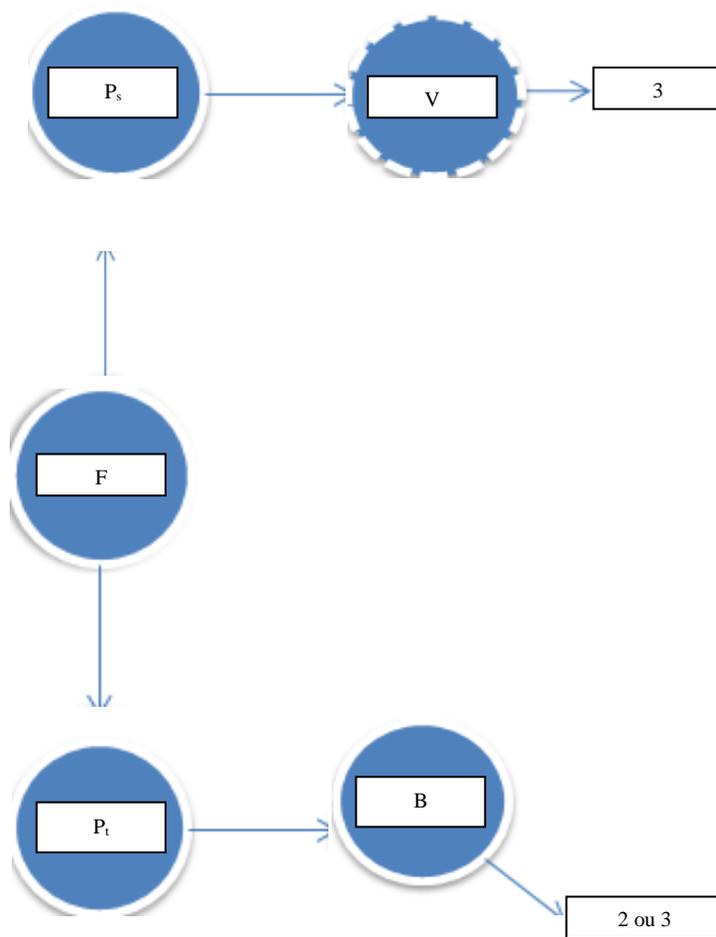
R => Tempo para a raspagem das raízes de mandioca em horas.

M<sub>m</sub> => Tempo que as raízes de mandioca são postas de molho em dias.

As raízes de mandioca constituem um actante que modifica a quantidade do tempo, conforme a atividade a ser realizada sobre essas raízes.

Em resposta ao problema: – Como a percepção do trabalhador articula-se quantitativamente (em unidades) com a quantidade de massa e lenha para o forno? Configurei o seguinte diplomodelo, associando algumas figurações matemáticas, conforme diagrama 18:

Diagrama 18 – Diplomodelo das percepções do trabalhador



Fonte: O pesquisador

No qual:

FN => Forno.

$P_s$  => Percepção sinestésica do trabalhador no momento de colocar massa no forno para torrar.

$P_t$  => Percepção termica do trabalhador no momento de colocar lenha para aquecer o forno.

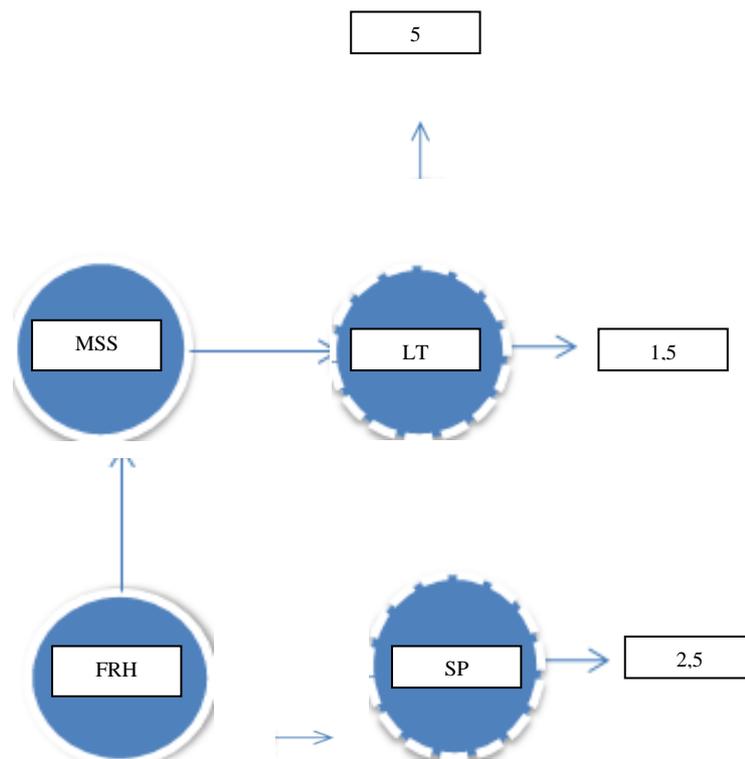
V => Vasilhame em forma de prato para conduzir massa ao forno a cada percepção sinestésica do trabalhador.

B => Braçada de lenha para aquecer o forno conforme percepção termométrica do trabalhador.

Assim, quando os trabalhadores se articulam ao forno, conforme a variação da perceptividade desses trabalhadores, actantes materiais distintos, com distintas quantidades, são mobilizados.

Em resposta ao problema: – Como se configura quantitativamente (em unidades) o ator-rede farinha com os demais actantes? Configurei o seguinte diplomodelo, associando algumas figurações matemáticas, conforme diagrama 19:

Diagrama 19 – Diplomodelo do ator-rede “farinha”



Fonte: O pesquisador

No qual:

FRH => Farinha.

MSS => Massa.

LT => Lata de ferro.

SP => Saco plástico.

A farinha e a massa se articulam matematicamente com a lata de ferro e o saco plástico, determinando, para esses, certa quantidade em unidades.

Para as configurações desses diplomodelos, escolhi diagramas que representam os mediadores e suas correspondentes quantidades, com o propósito de serem úteis para levar professores e estudantes à compreensão da dinâmica do coletivo social. No entanto, é possível representar um diplomodelo matemático de diferentes formas. Assim, pode-se explorar a

criatividade dos estudantes no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática articulada à Teoria Ator-Rede, quanto à escolha da maneira de sua configuração matemática.

Esta tese se apresenta como uma resposta a questão de como lidar com o cotidiano dos estudantes em atividades de modelagem matemática de forma que haja o entendimento da não transferência de significados de uma realidade a outra. Nesse sentido, deve-se obter uma *descrição* de determinada prática sociocultural, sem priorização de conteúdos escolares ou acadêmicos, que potencialize a capacidade de estudantes e professores de elaborarem problemas e de perceberem mediações de poder em meio à referida prática. E ao final da atividade de modelagem, deve-se obter um diplomodelo a ser tratado de maneira simétrica em relação à lógica escolar e acadêmica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve início com foco no diálogo entre a matemática escolar ou acadêmica e a matemática enraizada nas diversas culturas dos alunos, atentando às possibilidades de ressignificações de conteúdos matemáticos escolares ou acadêmicos. A partir de então, a pesquisa deveria apresentar-se como uma inovação para atividades de modelagem matemática.

Surgiram, no entanto em reuniões no Grupo de Estudos em Modelagem Matemática do PPGEMC, discussões que culminaram com a compreensão da não transferência de significados da realidade de uma cultura a outra. Isso me levou a mudar os rumos de minha pesquisa inicial. Assim, foquei em investigar práticas matemáticas, a partir da definição de práticas socioculturais de Antonio Miguel. Nesse contexto, uma prática matemática mobiliza ações distintas, tanto de agentes humanos quanto de agentes não-humanos, em cotidianos distintos. Enquanto o foco em ressignificações de conteúdos matemáticos escolares ou acadêmicos, a partir de outras matemáticas, trataria de ações humanas similares em cotidianos distintos.

Minha pesquisa, então, seguiu rumo à configuração de uma proposta para desenvolvimento de atividades de modelagem matemática na Educação Matemática, articulada à Teoria Ator-Rede, que se mostrou adequada para lidar com práticas matemáticas. Um ensaio da construção da referida base teórico-metodológica gerou um artigo, aceito na XI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática ocorrida em Belo Horizonte (MG), no mês de novembro de 2019, com o título: Modelagem Matemática crítica-ética-simétrica: uma perspectiva em construção.

Para essa empreitada, uma pesquisa bibliográfica que arrolou textos de autores dos campos de pesquisa denominados Modelagem Matemática e Teoria Ator-Rede, foram suficientes para minha compreensão desses campos de pesquisa e para a construção da referida proposta. Confirmei, portanto, o pressuposto de configuração de uma abordagem para a Modelagem Matemática articulada à Teoria Ator-Rede. A partir de então, orientado pela referida abordagem e por contribuições de minha orientadora, de meus colegas de grupo de estudo e da banca examinadora. Executei como proposta de desenvolvimento, a construção de diplomodelos, a partir da prática de produção de farinha, em uma casa de farinha no município de Breves, arquipélago do Marajó, estado do Pará, articulados à Teoria Ator-Rede.

Compreendo que essa proposta possibilita aos estudantes uma descrição mais ampla de atividades cotidianas. Quando essas situações são desdobradas, há a possibilidade dos

referidos aprendizes poderem desenvolver sua capacidade de elaboração de problemas, em uma prática de modelagem matemática, e de perceberem como está formatado o poder em determinada comunidade. Isto tudo pela abordagem de agentes humanos e não-humanos, de maneira não-hierárquica, sem intenção de suprimir-se algum deles da referida descrição. Assim, os actantes podem ser inspecionados em suas articulações híbridas.

Entendo também que esses resultados apresentam contribuições fundamentais, tanto para a Modelagem Matemática, em particular, quanto para a Educação Matemática, em geral. Dessa forma, tem-se um novo olhar quanto à constituição dos elementos matemáticos que se constituem a partir da relação simétrica e híbrida entre actantes humanos e não-humanos para um processo de modelagem. Uma síntese dos referidos elementos se apresenta como um diplomodelo com o propósito de compor um determinado ambiente multicultural.

Dessa maneira tem-se que as atividades passam a ser iniciadas a partir de práticas socioculturais, das quais emergem os problemas matemáticos, com a contribuição dos portavozes pertencentes à comunidade onde ocorre a referida prática. Conseqüentemente, obtêm-se figurações matemáticas e, de suas sínteses, configurações matemáticas. Finalmente, tece-se um texto que relata toda a atividade e apresenta as configurações matemáticas como diplomodelos.

Fica como proposta para pesquisas futuras, a realização de atividades educacionais em ambiente escolar sob essa abordagem de desenvolvimento para atividades de modelagem matemática para desdobramentos de novas percepções e compreensões acerca dessa proposta, em busca de novas contribuições para a Modelagem Matemática. Isso não foi concretizado em virtude das limitações causadas pela pandemia disseminada pelo novo coronavírus. Sugiro que essa empreitada seja realizada por pesquisas subsequentes a este trabalho assim que possível.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; SILVA, Karina pessoa da; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. **Modelagem matemática na educação básica**. São Paulo:Contexto, 2012.

ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. Modelagem Matemática na Educação Matemática. In: ALMEIDA, Lourdes Werle de; SILVA, Karina pessoa da (orgs.). **Modelagem Matemática em foco**.Rio de Janeiro:Ciência Moderna, 2014.

ALVES, Raimundo Nonato Brabo. **Características da agricultura indígena e sua influência na produção familiar da Amazônia**. Brasília: Embrapa, 2001.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. **Modelagem Matemática: concepções e experiências de futuros professores**. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001a.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem matemática e os professores: a questão da formação. **Bolema**, Rio Claro, n. 15, p. 5-23, 2001b.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem na Educação Matemática: Contribuições para o debate teórico. REUNIÃO ANUAL DA ANPED. **Anais...** Caxambu, 2001c.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem matemática na sala de aula. **Perspectiva**, Erechim (RS), v. 27, n. 98, p.65-74, 2003.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem Matemática, perspectivas e discussões. ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA.**Anais...**Belo Horizonte, 2007.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensinoaprendizagem com modelagem matemática:uma nova estratégia**. São Paulo: Contexto, 2002.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Modelagem Matemática:teoria e prática**. São Paulo: Contexto, 2015.

BIEMBENGUT, Maria Sallet. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria**, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.2, n.2, p.7-32, 2009.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem Matemática nos anos iniciais do ensino fundamental: ciências e Matemática**. São Paulo: Contexto, 2019.

BIEMBENGUT, Maria Salett. **Precursores brasileiros**. Centro de Referência de Modelagem Matemática no Ensino. Disponível em: <http://www.furb.br/cremm/portugues/cremm.php?secao=Precursores>. Acessado em: 16 mai 2020.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no ensino**. 5. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

BURAK, Dionísio. Modelagem matemática e a sala de aula. I Encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática. **Anais...** Londrina, 2004.

CALDEIRA, Ademir Donizeti. Modelagem Matemática: um outro olhar. **Alexandria**, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.2, n.2, p.33-54, 2009.

CAMPUS UNIVERSITÁRIO MARAJÓ-BREVES. **Histórico e estrutura**. Disponível em: <http://www.campusbreves.ufpa.br/index.php/historico>. Acessado em: 22 jun. 2020.

CANEDO JR, Neil da Rocha; KISTEMANN JR, Marco Aurélio. A Modelagem Matemática no contexto do ensino fundamental: uma experiência vivida com alunos do oitavo ano. In: ALENCAR, Edvonete Souza; BUENO, Simone (orgs.). **Modelagem Matemática e inclusão**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

CARDOSO, Tarcísio de Sá. **A Epistemologia da Mediação em Bruno Latour**. Tese (Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015.

CHAVES, Maria Isaura de Albuquerque; ESPÍRITO SANTO, Adilson Oliveira do. Possibilidades para Modelagem Matemática na sala de aula. In: ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; ARAÚJO, Jussara de Loiola; BISOGNIN, Eleni. (Orgs.) **Práticas de Modelagem Matemática na Educação Matemática**. Londrina: EDUEL, 2011.

COUTINHO, Francisco Ângelo; SILVA, Fábio Augusto Rodrigues e; MATOS, Santer Álvares de; SOUZA, Débora Fogaça; LISBOA, Débora do Prado. Proposta de uma unidade de análise para a materialidade da cognição. **Revista da SBEnBio**. n. 7, 2014.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Educação Matemática: da teoria à prática**. Campinas, SP: Papirus, 1996.

FENWICK, Tara; EDWARDS, Richard. **Actor–Network Theory in Education**. London and new York: Taylor & Francis e-Library, 2010.

FERREIRA, Pamela Emanuelli Alves; BURIASCO, Regina Luzia Corio de. Educação Matemática Realística: uma abordagem para os processos de ensino e de aprendizagem. **Educ. Matem. Pesq.** São Paulo, v.18, n.1, p. 237-252, 2016.

FERREIRA, Neuber Silva; ROCHA, Marcos Dias da. Modelagem Matemática no ensino médio: relato de uma experiência para desenvolver competências essenciais da BNCC. XI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática. **Anais...** Belo Horizonte, 2019.

FILGUEIRAS, Gisalda Carvalho; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na região norte. In: MODESTO JUNIOR, Moisés de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo (Edit. Tec.). **Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília: Embrapa, 2016.

FREITAS, José Luiz Magalhães de. Teoria das situações didáticas. In: MACHADO, Silvia Dias Alcântara. **Educação Matemática: uma (nova) introdução**. 3. ed. São Paulo: EDUC, 2010.

GOMES, Joice Caroline Sander Pierobon. **Modelagem Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental**: algumas possibilidades. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

HOLANDA, André Fabrício da Cunha. **Traduzindo o Jornalismo para tablets com a teoria Ator-rede**. Tese (Doutorado em Comunicação e Cultura Contemporâneas). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**: Pará, Breves. Disponível em: <https://www.cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/breves>. Acessado em: 22 out. 2019.

KAISER, Gabriele, SRIRAMAN, Bharath. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, v.38, n.3, p. 302-310, 2006.

KNIJNIK, Gelsa; GLAVAM, DUARTE, Claudia. Entrelaçamentos e dispersões de enunciados no discurso da Educação Matemática Escolar: um estudo sobre a importância de trazer a “realidade” do aluno para as aulas de Matemática. **Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 23, n. 37, p. 863-886, 2010.

LATOUR, Bruno. **Jamais fomos modernos**: ensaio de antropologia simétrica. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação**. São Paulo: Unesp, 2000.

LATOUR, Bruno. **Esperança de pandora**. Bauru: EDUSC, 2001.

LATOUR, Bruno. **Políticas da natureza**: como fazer ciência na democracia. Tradução. Carlos Aurélio Mota de Souza. Bauru: EDUSC, 2004a.

LATOUR, Bruno. Why has critique run out of steam?: from matters of fact to matters of concern. **Critical Inquiry**, v. 30, n. 2, p. 225–248, 2004b.

LATOUR, Bruno. **Reagregando o social**. Bauru: EDUSC, 2012.

LATOUR, Bruno. **War and peace in an age of ecological conflicts**, 2013. Disponível em: <<[http://www.bruno-latour.fr/sites/default/files/130-VANCOUVER-ARandPEACE\\_0.pdf](http://www.bruno-latour.fr/sites/default/files/130-VANCOUVER-ARandPEACE_0.pdf)>>. Acessado em: 6 fev. 2019.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. **A vida de laboratório**: a produção dos fatos científicos. Tradução: Ângela Ramalho Vianna. Rio de Janeiro: Relume Dumara, 1997.

LAW, John. **Notes on the theory of the actor-network**: Ordering, strategy, and heterogeneity. Centre for Science Studies, Lancaster University, 1992.

LEMOS, André. **A Comunicação das coisas**: Teoria ator-rede e cibercultura. São Paulo: Annablume, 2013.

LEMOS, André. Mídia, Tecnologia e Educação: Atores, Redes, Objetos e Espaço. In LINHARES, Ronaldo. Nunes.; PORTO, Cristiane; FREIRE, Valéria Pinto. **Mídia e educação**: espaços e (co) relações de conhecimentos. Aracaju: EdUNIT, 2014.

LOURENÇO, Ramon Fernandes; TOMAEL, Maria Inês. A Teoria Ator-rede e a cartografia de controvérsias na Ciência da Informação. **Transinformação**, online, v. 30, n.1, pp.121-140, 2018.

MACEDO, Lino de. Situação-problema: forma e recurso de avaliação, desenvolvimento de competências e aprendizagem escolar. In: PERRENOUD, Philippe et al. **As competências para ensinar no século XXI**: A formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MEYER, João Frederico da Costa Azevedo; CALDEIRA, Ademir Donizeti; MALHEIROS, Ana Paula dos Santos. **Modelagem em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011.

MIGUEL, Antonio. Percursos indisciplinados na atividade de pesquisa em História da Educação Matemática: entre jogos discursivos como práticas e práticas como jogos discursivos. **Bolema**, Rio Claro, v. 23, n. 35, 2010.

MIGUEL, Vania Célia; NATTI, Paulo Laerte. **Uma proposta de modelagem matemática aplicada à produção da farinha de trigo**. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1498-8.pdf>. Acessado em: 17 nov, 2020.

MIGUEL, Antonio; VILELA, Denise Silva; MOURA, Anna Regina Lanner de. Desconstruindo a matemática escolar sob uma perspectiva pós-metafísica de educação. **Zetetiké**, Campinas, v. 18, 2010.

MODESTO JUNIOR, Moisés de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo. Rentabilidade de farinhas no estado do Pará. In: MODESTO JUNIOR, Moises de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo (Edit. Tec.). **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília: Embrapa, 2016.

NASCIMENTO, Rosival Possidônio do. Boas práticas de fabricação de farinha de Mandioca. In: MODESTO JUNIOR, Moisés de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo (Edit. Tec.). **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília: Embrapa, 2016.

NOLI, Ana Carla. **A guerra e a paz em Latour**: uma compreensão do bélico e do pacífico em The Pasteurization of France e War of the Worlds. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

OLIVEIRA, Kaio Eduardo de Jesus. **Educação e teoria ator-rede**: uma cartografia de controvérsias. Dissertação (Mestrado em Educação). UNIT, Aracaju, 2015.

OLIVEIRA, Luiz Antonio Ribeiro Neto de. **A escolha do tema em livros de modelagem matemática**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.

OLIVEIRA, Luiz Antonio Ribeiro Neto de; ESPÍRITO SANTO, Adilson de Oliveirado; SOUZA, Elizabeth Gomes de. A escolha do tema em Modelagem Matemática. **Educação Matemática em Revista**. p. 12-21, 2015.

OLIVEIRA, Luiz Antonio Ribeiro Neto de; SOUZA, Elizabeth Gomes de. Modelagem Matemática Crítica-Ética-Simétrica: uma perspectiva em construção. XI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática. **Anais...** Belo Horizonte, 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BREVES. **História de Breves**. Disponível em: <http://www.breves.pa.gov.br/historia-de-breves/>. Acessado em: 27 dez. 2019.

RADFORD, Luis. **Cognição Matemática: História, Antropologia e Epistemologia**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

ROSA, Milton; OREY, Daniel Clark. **Etnomodelagem: a arte de traduzir práticas matemáticas locais**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SCHLIECK, Diane; BORGES, Martha Kaschny. Teoria Ator-Rede e educação: no rastro de possíveis associações. **Rev. Triang**. Uberaba, v.11. n.2. p. 175-198, 2018.

SILVA, Heloisa Cristina da; ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de. Sobre matematização e modelagem matemática In: ALMEIDA, Lourdes Werle de; SILVA, Karina pessoa da (orgs.). **Modelagem Matemática em foco**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2014.

SILVA, Patricia; BARBOSA, Jonei Cerqueira. Das redes sociotécnicas à Cartografia de controvérsias na educação. **CIET:EnPED**, [S.l.], 2018. Disponível em: <http://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/244>. Acessado em: 4 mai. 2019.

SILVEIRA, Everaldo. **Modelagem matemática em educação no Brasil: entendendo o universo de teses e dissertações**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SKOVSMOSE, Ole. **Educação crítica: incerteza, Matemática, responsabilidade**. São Paulo: Cortez, 2007.

SKOVSMOSE, Ole. **Desafios da reflexão em Educação Matemática Crítica**. Tradução: Orlando de Andrade Figueiredo e Jonei Cerqueira Barbosa. Campinas: Papyrus, 2008.

SODRÉ, Gleison de Jesus Marinho; GUERRA, Renato Borges. O ciclo investigativo de modelagem matemática. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v.20, n.3, p. 239-262, 2018.

SOUZA, Elizabeth Gomes. **A encenação de práticas socioculturais no contexto escolar**. Tese (Pós-doutorado em Educação). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

SOUZA, Elizabeth Gomes; BARBOSA, Jonei Cerqueira. Contribuições teóricas sobre aprendizagem matemática na modelagem matemática. **Zetetike**, v. 22, n. 41, p. 31–58. Unicamp, 2014.

VALADÃO, José de Arimatéia Dias; CORDEIRO NETO, José Raimundo; ANDRADE, Jackeline Amantino de. Teoria do ator-rede: irredutibilidade, simetria e os estudos em administração/organizações. **Organizações em contexto**, São Bernardo do Campo, v. 14, n. 27, 2018.

VERTUAN, Rodolfo Eduardo; ROBIM, Bárbara N.P.A. Sousa. O momento da elaboração de uma questão em modelagem matemática e o monitoramento cognitivo. In: ALMEIDA, Lourdes Werle de; SILVA, Karina pessoa da (orgs.). **Modelagem Matemática em foco**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2014.

VILELA, Denise Silva. **Usos e jogos de linguagem na matemática**: diálogo entre Filosofia e Educação Matemática. São Paulo: Livraria da Física, 2013.

YASUKAWA, Keiko. **Towards a social studies of mathematics**: Numeracy and actor-network theory. The adult numeracy handbook: Reframing adult numeracy in Australia, 2003. Disponível em: <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/12454/1/2003001941.pdf>. Acessado em: 8 mai. 2020.

## APÊNDICE



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

### ACEITE DE PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA

Nós, trabalhadores da casa de farinha localizada na posse São Pedro, situado no município de Breves, arquipélago do Marajó, Pará; abaixo relacionados, declaramos que concordamos em participar desta pesquisa com fins científicos - que visa identificar modelos matemáticos em nossas práticas neste local - e autorizamos a nossa inclusão. Afirmamos estarmos cientes dos objetos, da natureza e procedimentos do estudo que nos foram informados pelo pesquisador Luiz Antonio Ribeiro Neto de Oliveira. Fomos informados também do compromisso firmado quanto ao sigilo de nossa identidade e opção pelo prosseguimento ou interrupção da participação no momento em que julgarmos pertinente sem qualquer prejuízo. Além disso, declaramos que não recebemos qualquer tipo de pagamento por esta participação, que é voluntária.

NOME	ASSINATURA
Bianor Leão Soares	Bianor Leão Soares
Ademar Serrão	ADEMAR SERRÃO