



## CIÊNCIAS HUMANAS

**Modelagem em uma concepção de Educação Matemática: elementos à construção de uma nova racionalidade***Modeling from a Mathematical Education conception: elements for constructing a new rationality*Laynara dos Reis Santos Zontini<sup>1</sup>, Dionísio Burak<sup>2</sup>

## RESUMO

Este artigo busca explicitar qual racionalidade sustenta e emerge das práticas que se fazem pelos pontos que constituem os fundamentos da Educação Matemática na concepção de Higginson (1980) e que se incorporam à Modelagem Matemática (MM) que segue esses mesmos pressupostos. Visualizamos a MM nessa perspectiva como uma das tendências metodológicas mais proeminentes para o ensino da Matemática, prioritariamente na Educação Básica. Para fundamentar a discussão, o texto traz subsídios da racionalidade técnica como sendo o principal modelo de formação de professores, pontuando e examinando algumas de suas principais características que podem explicar e trazer luz para a construção de uma nova racionalidade, a partir da Modelagem na concepção da Educação Matemática assumida para a formação de professores que atuam na Educação Básica. A partir disso, apresenta elementos que se mostram diferenciadores e promotores de uma nova racionalidade, baseada na visão sistêmica e na complexidade.

**Palavras-chave:** Educação matemática; modelagem matemática; complexidade.

## ABSTRACT

*This paper aims to explain rationality supporting and emerging from practices that constitute the foundations of Mathematical Education according to the Higginson (1980) conception incorporated into Mathematical Modeling (MM) based on these assumptions. From this perspective, we consider MM as one of the most prominent methodological trends for Mathematics teaching, mainly in Basic Education. The discussion is based on technical rationality as the main model for teacher training, enhancing and examining some of its main characteristics, which can explain and bring light to the construction of a new rationality, based on Modeling in the conception of Mathematics Education assumed for training teachers who work in Basic Education. Based on that, it presents elements that distinguish and promote new rationality, based on the systemic view and complexity.*

**Keywords:** *Mathematical education; mathematical modeling; complexity.*

<sup>1</sup> Instituto Federal do Paraná – IFPR, Paranavaí/PR – Brasil. E-mail: [laynara88@gmail.com](mailto:laynara88@gmail.com)

<sup>2</sup> E-mail: [dioburak@yahoo.com.br](mailto:dioburak@yahoo.com.br)



## 1. INTRODUÇÃO

A educação brasileira apresenta nos últimos anos resultados que colocam nosso sistema educacional entre aqueles que mostram os resultados mais negativos. Conforme notícia divulgada pelo INEP (2019) em dezembro de 2019, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa), maior estudo sobre educação do mundo, “apontou que o Brasil tem baixa proficiência em leitura, matemática e ciências, se comparado com outros 78 países que participaram da avaliação.” A edição 2018, “revela que 68,1% dos estudantes brasileiros, com 15 anos de idade, não possuem nível básico de matemática, o mínimo para o exercício pleno da cidadania.” (INEP, 2019, p.1). De acordo com a notícia, os índices estão estagnados desde 2009 e os dados são ruins em todas as áreas.

Mesmo contrários a uma lógica excessivamente competitiva, com um ensino focado apenas em avaliações externas, esses dados nos preocupam. Nossa principal angústia é a percepção de uma falta de conhecimentos matemáticos que possibilite o exercício da cidadania. Os conhecimentos matemáticos trabalhados na Educação Básica não são meras formalidades de listas de conteúdos, são conceitos construídos cientificamente e socialmente que capacitam os sujeitos para entender o mundo e agir na sociedade. Desse modo, a falta de tais conhecimentos prejudica individualmente cada sujeitos e coletivamente toda a sociedade.

Segundo Hassel e Morin (2012, p.47) a educação deve “fornecer a cada aluno os meios de enfrentar os problemas fundamentais e globais inerentes a cada indivíduo, a cada sociedade e à humanidade inteira.” Nessa perspectiva, alicerçados pelos constructos da Educação Matemática, que serão explicitados na sequência, entendemos que os conhecimentos matemáticos, articulados com as demais áreas são alguns desses meios, dessas ferramentas para possibilitar o enfrentamento técnico, ético e humano dos problemas locais e globais.

Iniciamos nossa reflexão compreendendo a situação de sobrecarga, aqui olhando para a educação e para os profissionais que atuam na educação, gerada pelas “pressões da competitividade e das racionalizações (que aplicam a racionalidade das máquinas artificiais ao ser humano).” (HESSEL; MORIN, 2012, p.47). Diante disso, vislumbramos a necessidade de uma racionalidade complexa e percebemos sua emersão nas atividades com Modelagem Matemática.

Assim, neste artigo, olhamos para a Educação Básica, em especial para as abordagens do processo de ensino e de aprendizagem de matemática. Vamos discutir um percurso histórico que nos permite refletir sobre os modelos de formação docente, sobre a construção da Educação Matemática e da Modelagem Matemática, para então vislumbrar a emergência de uma nova racionalidade que nos permita avançar no ensino e na aprendizagem, em especial, de Matemática.

## 2. A RACIONALIDADE TÉCNICA E O MODELO DE FORMAÇÃO DE NOSSOS PROFESSORES

O mundo atual vive ainda sob a tutela do paradigma da racionalidade técnica, subsidiada pela racionalidade científica. Para Santos (2006), é este modelo que



preside a ciência moderna, mesmo ainda na atualidade, e constituiu-se a partir do século XVI basicamente no domínio das ciências naturais. No século XIX, essa modalidade se estende às ciências sociais emergentes, quando então se pode falar de um modelo global de racionalidade científica. Conforme Santos (2006, p.21), “sendo um modelo global, a racionalidade científica é também um modelo totalitário na medida em que nega o caráter racional a todas as formas de conhecimento que não se pauta pelos seus princípios epistemológicos e pelas suas regras metodológicas.”

Dessa forma de entendimento desse modelo, decorre sua defesa, segundo Santos (2006), por via de fronteiras ostensivas e policiadas, de duas formas de conhecimento: o conhecimento do senso comum e o conhecimento das denominadas humanidades, que englobam os estudos históricos, filológicos, jurídicos literários e os estudos teológicos. Para Santos (2006, p.21), “esta é a característica fundamental e a que melhor simboliza a ruptura do novo paradigma científico com aqueles que o precederam.”

A visão de conhecimento subsidiada por esse modelo, possui implicações no âmbito educacional em todos os níveis de ensino, quando faz distinções fundamentais entre conhecimento científico e conhecimento do senso comum. Em âmbito escolar, negar a possibilidade de outras formas de conhecimento significa negar aos estudantes, em qualquer que seja o nível da escolaridade, qualquer valor ao conhecimento que não tenha origem no conhecimento científico. Com isso, impõe uma única forma de aquisição do conhecimento daquele denominado “científico”. (BURAK; ZONTINI, 2020).

Nos anos iniciais da escolaridade, as crianças chegam à escola trazendo sua concepção de mundo, das coisas que nele se inserem. Suas ideias decorrem, inicialmente, dessa experiência vivida e vão constituindo sua concepção de mundo, esse conhecimento produzido no convívio social e cultural, pela interação entre seus familiares, parentes amigos e comunidade. Consideramos que desprezar esse conhecimento inicial, trazido pelas crianças, é ingênuo, no mínimo, uma vez que buscamos formar sujeitos com mais autonomia. Esse modelo tecnicista impõe o cerceamento da possibilidade de a criança expressar suas ideias iniciais sobre determinado assunto pela sua experiência vivida que, mesmo sendo ainda um pensamento simplório, abre a possibilidade de transição do simples ou informal para o científico. Mas, ainda o mais preocupante é não levar em consideração o ser do estudante, não trabalhar a partir do que ele entende e compreende sobre determinado assunto. Fazer isso é como colocar um rótulo de que nosso estudante, como dizem, é uma tabula rasa, e que o único conhecimento válido é aquele provido pela escola. É assim que formamos crianças e jovens desprovidos de autonomia, sem capacidade para o diálogo, pois no âmbito no qual deveria incentivar, acaba por sofrer restrições.

Embora não seja considerado, o senso comum é uma forma de conhecimento, adquirido da cultura, tradição, crenças ou da observação direta, entendido como conjunto de saberes que formam esse conhecimento, e cujas diferenças que apresentam entre si residem no fato de terem propriedades, especificidades em distintos graus. Segundo Borges (2021, p.21) “é um tipo de conhecimento presente no cotidiano, passado de forma contínua de geração em geração.” No âmbito educacional, os conceitos dos estudantes são sempre as ideias iniciais, que precisam



ser trabalhadas, a partir daquilo que eles conhecem ou têm ideia. É um tipo de conhecimento sobre o qual não foi ainda utilizada uma metodologia, a não ser a da prática, não foi ainda mediado pelo denominado “método científico”. Alguns exemplos de conhecimentos do senso comum: chás amargos ajuda nos problemas do fígado, exemplo chá de boldo; chá de maçanilha alivia a dor de estômago; isso já era usada pelas famílias antes que estudos sobre os princípios ativos de uma planta. Em síntese, é um conhecimento primeiro, construído pela experiência, é ingênuo, mas ainda assim é um tipo de conhecimento e deve ser considerado como ponto de partida na escola.

Outro aspecto decorrente desse modelo de racionalidade é a separação entre o humano e natural. Isso causa implicações no âmbito da Educação, principalmente com relação a sua natureza, pois no modelo da racionalidade técnica a pesquisa é de natureza quantitativa, seus dados e credibilidade são amparadas por métodos estatísticos que lhe asseguram confiabilidade, ou conhecimento objetivo. Isso aconteceu, ou ainda continua acontecendo, com algumas ciências sociais, como a Economia, e outras áreas do conhecimento como a Psicologia, entre outras que se mostram na busca de reconhecimento do estatuto de ciência.

Nessa forma de pensar, as ciências naturais e as ciências sociais fazem parte de uma filosofia única que abarca tanto o mundo natural e humano. (RIUS, 1989b, p.31). Em âmbito educacional, essa consideração parece ser arriscada pois, consideramos que cada ciência deva ter um método que melhor descreva seus fenômenos. Na medida em que isso não é levado em consideração, certas especificidades são perdidas, por exemplo, não se deve tratar situações de avaliação da aprendizagem de estudantes e a avaliação de defeitos na fabricação de parafusos, utilizando um mesmo método. De acordo com Santos (2006, p.28-29), ao proceder dessa forma, “as qualidades intrínsecas de cada objeto são, por assim dizer, desqualificadas e em seu lugar passa a imperar as quantidades em que eventualmente se podem traduzir”. Considerar um único método para isso trata-se de uma alusão a uma decorrência de que conhecer significa quantificar, colocada por Santos (2006, p.28), e “o que não é quantificável é cientificamente irrelevante.” E para isso a Matemática fornece à ciência moderna o instrumento privilegiado de análise, como também a lógica da investigação.

Nesse sentido, o rigor científico é aferido pelo rigor das medições, talvez por considerar que a mente humana não é capaz de compreender um fenômeno de forma total, e para isso é necessário dividir e classificar. Tal afirmação encontra-se na famosa obra Discurso do Método ou Discurso sobre o Método, em que Descartes (2001, p.22) onde cita quatro preceitos:

O primeiro era de nunca aceitar coisa alguma como verdadeira sem que a conhecesse evidentemente como tal; ou seja, evitar cuidadosamente a precipitação e a prevenção, e não incluir em seus juízos nada além daquilo que se apresentasse tão clara e distintamente a meu espírito, que eu não tivesse nenhuma ocasião de pô-lo em dúvida.

Segundo dividir cada uma das dificuldades que examinasse em tantas parcelas quantas fosse possível e necessário para melhor resolvê-las.

O terceiro conduzir por ordem meus pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para subir pouco a pouco como degraus, até o conhecimento dos mais compostos; e



supondo certa ordem mesmo entre aqueles que não se precedem naturalmente uns aos outros.

E, o último, fazer em tudo enumerações tão completas, e revisões tão gerais, que eu tivesse certeza de nada omitir.

Portanto, Descartes tinha uma preocupação grande de modo a que nada pudesse colocar em dúvida a construção de um conhecimento e no progresso à busca da verdade. Nesse aspecto, Descartes parece voltar-se mais ao exemplo que os geômetras utilizavam para suas demonstrações mais difíceis e levaram-no a imaginar que todas as coisas que poderiam cair sob conhecimentos dos homens poderiam ser encaminhadas da mesma maneira.

Em nada se questiona o progresso alcançado pelo paradigma da ciência moderna, seus feitos que não foram poucos, no entanto, na teoria das revoluções científicas Kuhn (1987), o atraso das ciências sociais, no qual a educação está incluída, é dado pelo caráter pré-paradigmático destas ciências. Nessa mesma linha de pensamento, Santos (2006, p.37) afirma que:

Enquanto nas ciências naturais, o desenvolvimento do conhecimento, tornou possível a formulação de um conjunto de princípios e teorias, sobre estrutura da matéria, que são aceitas sem discussão, por toda a comunidade científica, conjunto esse designado por paradigma, nas ciências sociais não há consenso paradigmático, pelo que o debate tende a atravessar verticalmente toda a espessura do conhecimento adquirido. O esforço e o desperdício que isso acarreta é simultaneamente causa e efeito do atraso das ciências sociais.

Nesse sentido, como afirma Santos (2006, p.38), uma segunda vertente “reivindica para as ciências sociais um estatuto metodológico próprio.” O argumento para isso é que a ação humana é radicalmente subjetiva. Para Santos (2006, p.38), o comportamento humano, ao contrário dos fenômenos naturais, não pode ser descrito e muito menos explicado com base nas suas características exteriores e objetiváveis, uma vez que o mesmo ato externo pode corresponder a sentidos de ação muito diferentes. Além disso, o autor diz que se tem de compreender os fenômenos sociais a partir das atitudes mentais e do sentido que os agentes conferem às suas ações, para o que é necessário utilizar métodos de investigação qualitativos, em vez de quantitativos, com vistas à obtenção de um conhecimento intersubjetivo, descritivo e compreensivo, em vez de um conhecimento objetivo, explicativo e nomotético.

Essas características do paradigma da racionalidade científica global promoveram a forma de produção do conhecimento, e suas influências se deram também no âmbito da formação de professores, no modelo da racionalidade técnica, conforme afirma Schön (1983, p.21 *apud* DINIZ-PEREIRA, 2014, p.35):

Os modelos mais difundidos de formação de professores são aqueles relacionados ao modelo da racionalidade técnica. De acordo com esse modelo, também conhecido como a epistemologia positivista da prática, a atividade profissional consiste na solução instrumental de um problema feita pela rigorosa aplicação de uma teoria científica ou uma técnica.



Nesse contexto descrito, a Educação em todos os níveis de ensino, ao longo desses últimos séculos, tem adotado o modelo da racionalidade técnica na formação de professores. Como resultado desse modelo de formação de professores, a forma de abordagem, do processo de ensino e aprendizagem em todas as disciplinas escolar, apenas reproduz o aprendido. Ainda em Diniz-Pereira (2014, p.36), de acordo com Carr e Kemmis (1986, p.56), a visão de educação como uma ciência aplicada não é nova. Durante o século XIX e início do XX muitas pessoas afirmaram que o ensino melhoraria pela aplicação do método científico. O papel da teoria seria iluminar o pensamento dos professores, isto é, “a teoria relacionar-se-ia com a prática fornecendo o exame crítico das experiências educacionais práticas”.

Entre outras implicações, de acordo com essa visão, a prática educacional é baseada na aplicação do conhecimento científico e questões educacionais são tratadas como problemas “técnicos” os quais podem ser resolvidos objetivamente por meio de procedimentos racionais da ciência. (CARR; KEMMIS, 1986 *apud* DINIZ-PEREIRA, 2014). Muito daquilo que se faz hoje em dia em aula é reflexo desse modelo de formação: “Ensina-se algo do mesmo modo como se aprendeu esse algo”. Assim, para preparar o profissional da educação, conteúdos científicos e pedagógicos são necessários, os quais servirão de apoio à sua prática. Durante a prática, os professores devem aplicar tais conhecimentos e habilidades científicas e pedagógicas. (DINIZ-PEREIRA, 2014, p.37).

Segundo Diniz-Pereira (2014, p.36), existe pelo menos três conhecidos modelos de formação de professores que estão baseados no modelo de racionalidade técnica:

[...] o modelo de treinamento de habilidades comportamentais, no qual o objetivo é treinar professores para desenvolverem habilidades específicas e observáveis (AVALOS, 1991; TATTO, 1999); o modelo de transmissão, no qual conteúdo científico e/ou pedagógico é transmitido aos professores, geralmente ignorando as habilidades da prática de ensino (AVALOS, 1991); o modelo acadêmico tradicional, o qual assume que o conhecimento do conteúdo disciplinar e/ou científico é suficiente para o ensino e que aspectos práticos do ensino podem ser aprendidos em serviço. (ZEICHNER, 1983; LISTON; ZEICHNER, 1991; TABACINICK; ZEICHNER, 1991).

Esses modelos, em maior ou menor medida de preferência, predominam na formação de professores e estão alinhados à racionalidade técnica.

### **3. A BUSCA POR UMA NOVA RACIONALIDADE NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

A busca por uma nova racionalidade pode, de maneira oficial, ter tido seu primeiro despontar durante a realização do III Congresso Internacional de Educação Matemática realizado em Karlsruhe (1976) na Alemanha Federal. Os capítulos contidos nos anais do evento publicado pela UNESCO, 1979, cujo título é *Nuevas tendencias en la enseñanza de la matemática*, volume IV, mostra em seu índice 13 capítulos (Quadro 1):



### Quadro 1 – Título e autores do Volume IV do ICMI.

| Capítulos | Título   | Autor               |
|-----------|--|---------------------|
| I         | Educación matemática en los niveles pre-elemental y primário   | F. Colmez           |
| II        | Educación matemática en el primer ciclo de la enseñanza postelemental y secundaria                     | A. Krygowska        |
| III       | Educación matemática en el ciclo superior de la escuela secundaria y en la transición a la universidad | D.A. Quadling       |
| IV        | La educación matemática al nível universitário   | J. H. van Lint      |
| V         | Educación de adultos y educación continua en matemática  | R. M. Pengelly      |
| VI        | Formación y vida profesional de los profesores de matemática   | Michael Otte        |
| VII       | Análisis crítico del desarrollo curricular en educación matemática                                     | A. G. Howson        |
| VIII      | Métodos y resultados de la evaluación con respecto a la educación matemática                           | Jeremy Kilpatrick   |
| IX        | Metas y objetivos generales de la educación matemática   | Ubiratan D'Ambrosio |
| X         | Investigaciones relacionadas con el proceso del aprendizaje de la matemática                           | Heinrich Bauersfeld |
| XI        | Análisis crítico del uso de la tecnología educativa en la enseñanza de la matemática                   | Ralph T. Heimer     |
| XII       | La interacción entre la matemática y otras disciplinas escolares                                       | H. O. Pollak        |
| XIII      | El papel de los algoritmos y computadoras en la enseñanza de la matemática                             | A. Engel            |

Fonte: UNESCO (1979).

Podemos dizer que esse congresso constituiu um divisor de águas, pois durante sua realização foram tratadas uma diversidade de temas envolvendo preocupações com todos os níveis escolares com relação: a avaliação, a formação e vida profissional dos professores, com as metas e objetivos da Educação Matemática, com o processo de ensino e aprendizagem, além de buscar promover a interação com outras disciplinas escolares e a introdução dos computadores no ensino da matemática. O congresso promoveu o despertar para o estudo e investigações no âmbito da Educação, que viria a motivar reflexões à construção da concepção de Educação Matemática, talvez não com o mesmo olhar epistemológico desta, e que foi colocada a conhecer a partir de 1980, no trabalho de William Higginson (1980) intitulado: *On the Foundations of Mathematics Education*.

Uma forma alternativa de racionalidade é denominada Racionalidade Prática, cuja origem está possivelmente na Grécia Antiga nos estudos de Aristóteles (384-322 A.C.), nascido em Estagira Macedônia e que aos 17 anos estudou na Academia de Platão em Atenas. A obra de Aristóteles teve grande influência na cultura ocidental. Diferentemente de Platão, que considerava apenas o conhecimento intelectual obtido pelas essências, Aristóteles foi possivelmente o primeiro pensador a teorizar a importância do conhecimento prático como uma maneira de entendimento da verdade e do mundo. Esse modelo, que pode ser considerado alternativo para a formação de professores, emergiu com os estudos de John Dewey em fins do século XIX e início do século XX.



O trabalho de Dewey é considerado a semente de muitos dos atuais escritos sobre o modelo da racionalidade prática em Educação. Anteriormente, para Aristóteles, o conhecimento deveria advir de dois campos para se conhecer a verdade: do sentido e do intelecto. Embora nosso foco seja sobre a formação de professores, encontramos em Cherques-Thiry (2003), ao tratar do domínio da sabedoria prática, que: o primeiro paralelismo que podemos traçar entre o que acontece nas organizações contemporâneas e a forma de pensar de Aristóteles é o da especificidade do conhecimento requerido para produzir e para administrar. O critério desse saber é duplo, ele é dado pela natureza e pela razão, assim:

No que tange à razão, não é o conhecimento teórico que tem maior valor, mas a sabedoria prática adquirida com a experiência. Diz Aristóteles que podemos ter muitas teorias sobre a ciência da riqueza e da forma de administrá-la; mas para tal ciência, o fundamental, o obrigatório é a experiência. É experiência que rege “as partes úteis” da ciência da riqueza. (POL. I, 11, 1258B).

Nesse mesmo entendimento, Carr e Kemmis (1986 *apud* DINIZ-PEREIRA, p.37), expressam que:

[...] a visão prática concebe a educação como um processo complexo ou uma atividade modificada à luz de circunstâncias, as quais somente podem ser “controladas” por meio de decisões sábias feitas pelos profissionais, ou seja, por meio de sua deliberação sobre a prática. De acordo com essa visão, a realidade educacional é muito fluida e reflexiva para permitir uma sistematização técnica para se conhecer a verdade.

Ainda, nas palavras dos autores:

Profissionais sábios e experientes desenvolverão julgamentos altamente complexos e agirão com base nesses julgamentos para intervir na vida da sala de aula ou da escola e influenciar os eventos de uma ou outra maneira. Mas os eventos da escola e da sala de aula terão sempre um caráter indeterminado e aberto. A ação dos profissionais em questão nunca controlará ou determinará completamente a manifestação da vida da sala de aula ou da escola. (CARR; KEMMIS, 1986, p.36 *apud* DINIZ-PEREIRA, p.37).

Assim, no que tange a educação, a experiência é de modo geral considerada de menos valia, pois a forma comum de se pensar é que se deve valorizar a razão, a teoria, e que a prática merece consideração menor. No entanto, após estudos realizados nas últimas décadas, houve mudanças significativas nas várias concepções de educação, de ensino e aprendizagem e da própria área de estudos a Matemática, os novos paradigmas decorrentes do pensamento complexo de Morin (2006), bem como, a utilização da tecnologia. Assim, essa forma de entendimento mostra a necessidade de uma reforma do pensamento, que pode e deve ser considerada também na formação docente. Consideramos que essa forma de pensar e admitir como verdade única a forma de pensar da racionalidade técnica, passou a ser considerada infecunda na medida em que novas formas de conhecimento se estabelecem.



Uma contribuição que pode ser considerada também de importância para a educação, mais precisamente às formas de abordagem do processo de ensino e aprendizagem da Matemática, está ligada ao trabalho de Willian Higginson (1980), relacionado à Educação Matemática. A concepção de Higginson, apresenta como um novo constructo científico para esse campo de estudo, entendido nesse trabalho como uma área de concentração acadêmica. O vocábulo campo procede do latim “campus”, como apresenta muitos significados, então mantemos essa definição como finalidade e o vocábulo estudo pode ser entendido como empenho intelectual para desenvolver uma forma ou formas de ensino que resultem em aprendizagem.

Dessa forma, a Educação Matemática, na concepção inicial de Higginson, é uma área interdisciplinar, constituída pela Matemática e pelas disciplinas da Educação. A intenção de Higginson (1980) ao analisar a natureza da Educação Matemática se deve ao seu convencimento de que não haveria avanços em relação a forma de tratar os problemas apresentados pelas dificuldades surgidas na aprendizagem da Matemática até que houvesse um amplo reconhecimento dos fundamentos dessa disciplina, referindo-se à Educação Matemática. Ademais, para Higginson (1980, p.3), tem havido uma visão muito estreita de qual são os fatores que influenciam na Educação Matemática, além disso, o fracasso na criação de teorias ou metodologias coerentes de certa transcendência é culpa da ignorância de alguns aspectos essenciais de seus fundamentos.

Em seus estudos, Higginson (1980, p.4) criou o modelo do tetraedro denominado MAPS, onde M = Matemática; A = Filosofia; P= Psicologia e S= Sociologia. Para ele, essas quatro disciplinas não são somente necessárias, mas suficientes, desse modo, esse modelo seria suficiente para definir a natureza da Educação Matemática. Perguntas como “Que? Quando? Como? Onde? Quem? e Por quê?” podem ser respondidas por diferentes áreas, sendo possível mostrar que o modelo é fechado. Nessa perspectiva, O que? corresponde à dimensão da Matemática, dos seus conteúdos; por quê? diz respeito à dimensão da Filosofia; as questões quem? e onde? dizem respeito a dimensão da Sociologia; e quando? e como? dizem respeito a dimensão da Psicologia.

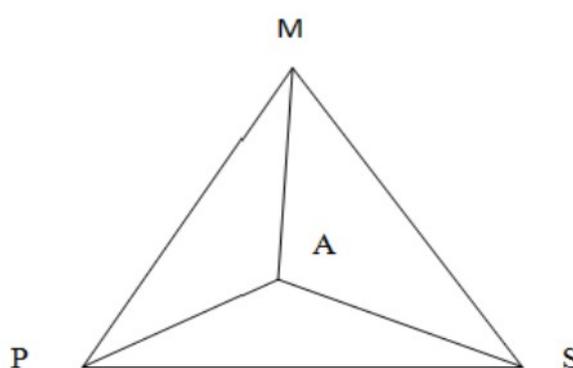
Para Higginson, falar do modelo MAPS é uma maneira de dizer algo a mais do que o construto postulado. Ele tem uma estrutura particular; ele é um objeto geométrico. A Figura 1, segundo Burak e Klüber (2008, p.93) representa esse modelo.

Além disso, segundo Higginson (1980, p.5), “o constructo MAPS é como um modelo analógico, dado que o objetivo final da atividade no ensino da Matemática pode ser proporcionar uma experiência intelectualmente rica e emocionalmente satisfatória para o estudante.” O modelo MAPS apresenta elementos importantes para esse constructo científico da Educação Matemática. Ao olhar e refletir com maior atenção sobre seus elementos, além das quatro faces Matemática; Filosofia; Sociologia e Psicologia. O encontro dessas quatro faces constitui seis arestas MP; MA; MS; AP; AS e PS, que possibilitam novo olhar para as disciplinas que o constituem. Em suas arestas confluem interesses comuns, por exemplo, na aresta MS, confluem os interesses da Matemática e da Sociologia, e podem representar avanços nas Diretrizes e Bases da Educação, como na LDB 9394/96, quando trata das modalidades de ensino como: Educação de Jovens e Adultos, ou Educação Indígena. Essas possibilidades são



conjecturadas, a partir do III Congresso Internacional de Educação Matemática, capítulos lá tratados como: Educação de Adultos, por exemplo, que contempla as ciências sociais, em particular a Sociologia, que podem fornecer instrumentos para análise da sociedade e pensar o lugar desse indivíduo nas instituições como família, escola e outros. Além disso, procura entender o lugar da educação na sociedade. Nessa perspectiva, o modelo contempla também os aspectos da Psicologia quando trata do indivíduo, em relação ao ensino e a aprendizagem. Assim, a Educação Matemática possibilita uma perspectiva mais crítica e ampla para o desenvolvimento curricular.

**Figura 1** - Tetraedro de Higginson.



**Tetraedro de Higginson**

Fonte: Burak e Klüber (2008, p.93).

O estudo em relação a Educação Matemática na concepção de Higginson (1980, p.4) teve como ponto de partida a perturbadora questão: “há algo além de matemática significativamente envolvida na Educação Matemática?” Para Higginson (1980, p.4), essa questão está na raiz de um dos mais graves problemas, “a lacuna de incompreensão entre matemáticos e educadores matemáticos.” Parece também ser igualmente o sentimento de alguns pesquisadores matemáticos, de que nada mais do que a matemática realmente conta na Educação Matemática. A afirmação clássica dessa visão havia sido feita por G Hardy (1877-1947) no contexto de seu discurso presidencial à Associação Médica em 1925. No ensino de matemática, segundo Higginson (1980, *apud* HARDY, 1925, p.309-316, tradução nossa), “há apenas uma coisa da importância principal, que o professor deve fazer é ter uma tentativa honesta de entender o assunto que ele ensina, bem como, deve expor a verdade a seus alunos até os limites de sua paciência e capacidade.”

Ainda cabe destaque ao trabalho de Higginson (1980, p.5), ao referir-se às dimensões que constituem o tetraedro, quando expressa:

A ideia é que, ao longo do tempo, existem mudanças em todas as formas das dimensões constituintes do constructo; novo aparelho é inventado, mais matemática é criada, melhor compreensão é alcançada da psicologia humana, social os valores mudam. Portanto, se no tempo  $t_1$  a melhor mistura de M, A, P e S produziram uma posição ótima de  $p_1$



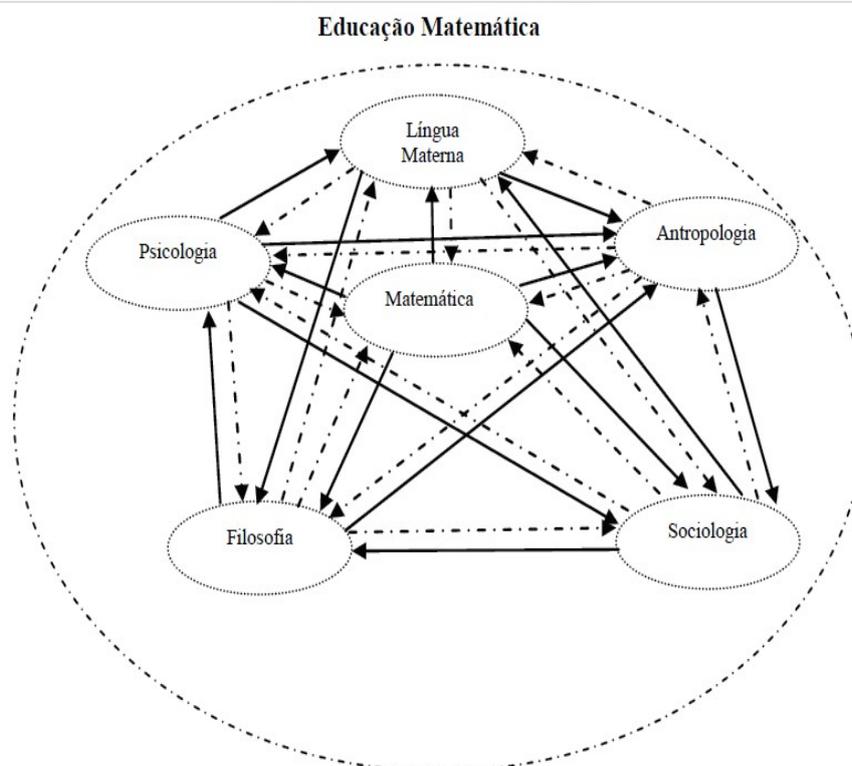
em algum lugar em o interior do tetraedro, em algum momento posterior  $t_2$  o ponto de otimização terá mudado. Pode-se aplicar esta imagem tanto em nível social quanto no individual.

Uma decorrência dessa importante afirmação é que, a Educação Matemática é dinâmica, então não há uma Educação Matemática ideal para todos os lugares ou para todos os indivíduos em um único lugar. Essa mesma forma de entendimento encontramos em Rius (1989a, p.36):

O modelo de Higginson é, pois, uma interpretação da disciplina (Educação Matemática) que sua própria história pode tornar-se um dia obsoleta. A Antropologia, por exemplo, é uma disciplina que tem, a cada dia, mais a ver com a Educação Matemática. O método da observação participante de que se vale o antropólogo para estudar uma comunidade, e hoje é muito popular entre os investigadores da dinâmica da sala de aula. Da mesma forma é nosso objetivo principal, a linguística e outras disciplinas interessados nos estudos da linguagem poderiam ser considerados outros eixos. Daí tanto que a linguagem matemática como a utilizada para tecer o discurso de aulas, devem ser objetos de reflexão. (tradução nossa).

Assim, o modelo MAPS de Higginson, a partir de novos estudos, ganha novos eixos, conforme previsto pelo próprio autor e, em seus estudos Burak e Klüber (2008, p.93) apresentam uma nova configuração para a Educação Matemática como se mostra na Figura 2.

**Figura 2** - Nova configuração para a Educação Matemática.



Fonte: Burak e Klüber (2008, p.98).



Essa nova configuração incorpora, no momento, mais duas áreas, a Antropologia e a da Língua Materna. Tratar-se de uma figura em que há relações em dois sentidos entre todas as áreas que a constituem. Nessa forma de representação, ainda que a Matemática tenha papel preponderante, ela pode ser entendida como “adjetivação” e as demais áreas, principalmente aquelas ligadas a Educação, como “substantivação”. As seis áreas que constituem a nova configuração, apresentam os subsídios para uma forma de abordagem do ensino que pode promover a aprendizagem.

Novos estudos e pesquisas podem prever a inserção de mais áreas, como a tecnologia presente nas mídias educacionais, computador, tablet, celular, entre outros. Essas tecnologias têm se mostrado importantes ferramentas, mas não substituí a presença do professor. Além disso, a Arte e a História podem, em futuro próximo, também ser incorporados à Educação Matemática. O desenvolvimento dessas áreas que dão sustentação para que se realize um ensino da Matemática capaz de possibilitar aprendizado vai crescendo na medida em que professores e pesquisadores vivenciem novas experiências interdisciplinares com foco na Educação Matemática.

Essa maneira de conceber o constructo científico da Educação Matemática tem como preocupação operacionalizar formas de ensino, de modo a favorecer a aprendizagem, e tudo isso em um contexto mais amplo.

Assim, além do constructo de Higginson, somam-se às ideias iniciais a epistemologia do pensamento complexo de Morin (2006) que são elementos importantes para mudar o rumo da Educação.

Enquanto o paradigma moderno estabeleceu a Racionalidade Técnica científica global, a concepção de Educação Matemática em discussão busca a reintegração, ou o que Morin (2006) denomina religação dos conhecimentos que foram fragmentados no paradigma da ciência moderna. Embora tal paradigma moderno se mostre exaurido, por ter seus principais alicerces minados pela teoria da relatividade e principalmente pelo pensamento de Einstein, “que trata da relatividade da simultaneidade. Há, nesse contexto necessidade de mudanças na forma de pensar, ou seja, há necessidade de reformar o pensamento para possibilitar reformar o ensino para a mudança no destino da Educação.” (SANTOS, 2006, p.41).

Morin (2006) faz um trabalho de sensibilização, que significa ato ou efeito de tornar-se sensível, desenvolver empatia com relação a uma ideia ou tornar-se impressionável, para a questão da complexidade. Seu objetivo é a reformulação de paradigmas que possam desenvolver autonomia no ser, como diz Morin (2006), de um espírito de busca, tornar-se um buscador, mais do que um seguidor. Para isso, aponta como ponto ou ideia principal, na formação educacional, o estímulo ao desenvolvimento do autodidatismo para a formação de uma cabeça bem-feita, partindo das ideias de Montaigne (filósofo, 1533 a 1592), ao expressar que vale mais uma cabeça bem-feita do que uma cabeça cheia. Segundo Montaigne (2017, p.166), “trabalhamos apenas para encher a memória, e deixamos o entendimento e a consciência vazios.”

De acordo com Rodrigues (2018, p.1), Montaigne foi um revolucionário no tema da educação e considerava que, o ensino deveria estar atrelado com o empirismo, ou seja, através de experiências práticas. Ele considerava que no ensino livresco o aprendizado se daria de forma mais lenta e ainda, “não teriam prática para solucionar



diversos assuntos de suma importância, os quais estavam ligados com o desenvolvimento humano e a moral, como por exemplo, articular conhecimentos.” (MONTAIGNE *apud* RODRIGUES, 2018, p.1). Para Montaigne a educação deveria criar seres humanos voltados para a investigação e conclusões, ao mesmo tempo que exercitasse a mente resultando num posicionamento crítico do indivíduo. Segundo Montaigne (2017, p.168), "Mesmo que possamos ser sabedores do saber dos outros, só podemos ser sábios de nossa própria sabedoria." O autor ainda questiona para que serve a ciência se a compreensão não estiver presente, e enfatiza que não basta não estragar, é preciso que a educação mude os sujeitos para melhor. (MONTAIGNE, 2017, p.170-171).

Para Morin (2006), uma cabeça bem-feita em vez de acumular o saber, é mais importante dispor simultaneamente de: 1. Uma aptidão geral para colocar e tratar os problemas; e 2. Princípios organizadores que permitam ligar os saberes e lhes dar sentido. O autor, contrariamente à opinião atualmente difundida, considera que:

o desenvolvimento das aptidões gerais da mente permite o melhor desenvolvimento das competências particulares ou especializadas. Quanto mais desenvolvida é a inteligência geral, maior é a sua capacidade de problemas especiais. A educação deve favorecer a aptidão natural da mente para colocar e resolver, e correlativamente, estimular o pleno emprego da inteligência geral. (MORIN, 2006, p.22).

Isso exige, na perspectiva do autor, o livre exercício da faculdade mais comum e mais ativa na infância e na adolescência - a curiosidade - que, de forma frequente é aniquilada pela instrução dirigida na etapa escolar de forma progressiva ou ainda, quando da sua limitação a um pequeno setor, que provavelmente será o da especialização do adulto, quando ao contrário, trata-se de estimulá-la ou despertá-la, se estiver adormecida. O desenvolvimento da inteligência geral requer que seu exercício seja ligado à dúvida, fermento de toda atividade crítica. Além disso, para Morin (2006, p.22), é preciso recorrer à ‘ars cogitandi’, forma de refletir, a qual inclui o bom uso da lógica, da dedução, da indução, a arte da argumentação e da discussão.

O ensino matemático, que compreende o cálculo, é claro, será levado aquém e além do cálculo, pois, para Morin (2006, p.23):

deverá revelar a natureza intrinsecamente problemática das matemáticas. O cálculo é um instrumento do raciocínio matemático, que é exercido sobre o *problem setting* e o *problem solving*, em que se trata de exibir a prudência consumada e a lógica implacável. No decorrer dos anos de aprendizagem seria preciso valorizar, progressivamente, o diálogo entre o pensamento matemático e o desenvolvimento dos conhecimentos científicos e, finalmente, os limites da formalização e da quantificação.

Em relação à organização do conhecimento, uma cabeça bem-feita é uma cabeça apta a organizar os conhecimentos e, com isso, evitar sua acumulação estéril. No entendimento de Morin (2006, p.24):

todo conhecimento constitui, ao mesmo tempo, uma tradução e uma reconstrução, a partir de sinais, signos, símbolos, sob a forma de representações, ideias, teorias, discursos. A organização dos



conhecimentos comporta operações de ligação (conjunção inclusão, implicação) e de separação (diferenciação, oposição, seleção, exclusão). O processo é circular, passando da separação à ligação, da ligação à separação, e, além disso, da análise à síntese, da síntese à análise. Ou seja, o conhecimento comporta ao mesmo tempo separação e ligação, análise e síntese.

Desse modo, Morin (2006) nos apresenta um caminho epistemológico, um modo de compreender e interpretar a realidade baseado na complexidade, preocupado em reconectar aquilo que foi tecido junto, mas que vinha/vem sendo visto apenas de maneira fragmentada na ciência e na escola.

#### **4. A MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

É nesse contexto que emergem as tendências metodológicas que seguem os embasamentos da Educação Matemática, entre as quais destacamos a Modelagem na Educação Matemática. Fundamentada na natureza, método e objeto da Educação Matemática na concepção de Higginson, a Modelagem apresenta etapas, não rígidas, mas orientadoras dos encaminhamentos em relação às suas práticas. Essas etapas de forma explícita estão fortemente vinculadas às áreas que constituem a natureza da Educação Matemática. Segundo Burak (2004), dois princípios orientam as práticas com Modelagem: 1. O interesse dos participantes, normalmente divididos em pequenos grupos de 3 a 4 participantes; e 2. Os dados devem, sempre que possível, ser coletados nos ambientes de interesse do(s) grupo(s).

Para os encaminhamentos de uma prática com Modelagem, no âmbito da Educação Básica, é oportuno esclarecer que as etapas para o encaminhamento dessas práticas são decorrentes de objetivos e das prioridades eleitas pela Educação Matemática. Essas etapas são em número de 5 (cinco) nomeadas e descritas a seguir: 1. Escolha do Tema; 2. Pesquisa Exploratória; 3. Levantamento do(s) Problema(s); 4. Resolução do(s) Problema(s) e o estudo dos conteúdos no contexto do tema; e 5. Análise Crítica da(s) solução(ões). (BURAK, 2004).

A seguir, explicitamos cada uma das etapas à luz dos constructos teóricos aqui apresentados, e que seguem a perspectiva de Burak (1992, 2004, 2010, 2017).

##### **4.1. ESCOLHA DO TEMA**

A escolha do tema parte sempre do interesse do(s) grupo(s) de estudantes e o fato de elegermos o interesse, além do que se mostrou pelo sentido das práticas, ganha destaque, principalmente nessa etapa da escolarização. Além disso, segundo Tabile e Jacometo (2017), isso significa que, na base da motivação está sempre um sujeito que apresenta uma necessidade, um desejo, uma intenção, um interesse, uma vontade ou uma predisposição para agir.

A criança apresenta um quadro de motivações em formação, sendo necessário que os seus responsáveis compreendam os estímulos que a incentivam ao aprendizado. Concordamos com Vygotsky (1998), quando assevera que o pensamento é gerado pela motivação, além disso também consideramos que a motivação sucede ao interesse. Assim, desenvolver práticas com Modelagem nessa concepção significa



atender os interesses de estudantes da Educação Básica, ou na formação Inicial e Continuada de professores que atuam nessa etapa da escolaridade. Essa forma de iniciar uma prática, pode, além disso, corrigir outros problemas apontados por pesquisas como a desmotivação, passividade e desinteresse dos estudantes pela área da matemática.

Trabalhar a partir do interesse do estudante não significa deixar “fazer o que ele quiser”, nem o estudante “comandar as coisas”, mas ao partir de temas de seu interesse se considera que haverá mais incentivo, maior entendimento e uma atitude mais positiva em relação à Matemática. Também se espera maior compreensão de determinada situação, além de provocar discussões entre seus pares no propósito de defender o tema escolhido, e para isso desenvolve a argumentação, o levantamento de hipóteses e o levantamento de dúvidas que exigem raciocínio lógico. Essa necessidade de argumentações no trabalho coletivo, desenvolve o respeito pelo pensamento do outro, interação e incentiva o diálogo. Esses são atributos que transcendem aos apenas matemáticos, pois se constituem em valores formativos.

#### 4.2. PESQUISA EXPLORATÓRIA

A pesquisa exploratória se constitui em uma etapa que pode favorecer e abranger aspectos importantes para o encaminhamento de uma prática com Modelagem, pois envolve conhecer mais sobre o tema de interesse eleito pelo grupo ou grupos de estudantes.

Nessa etapa, parte-se do entendimento de que o conhecimento, diferente de apenas informações, para se consolidar precisa haver alguma forma de organização. Dessa forma, saber buscar dados, saber de forma clara o que se deseja conhecer sobre o assunto em estudo, ou mesmo sobre determinada situação problema, prepara os estudantes e o futuro profissional da Educação Básica, possibilita desenvolver estratégias distintas para buscar conhecer sobre o tema em estudo. Na atualidade, saber navegar em sites de busca, buscar dados em relatórios, conhecer alguma(s) literatura(s) que trata(m) do assunto, contribui na formação de um espírito mais crítico e contextualizado.

A pesquisa também favorece a formação de um sistema de organização complexo, desenvolve diferentes habilidades, bem como, ajuda na formação de um espírito de investigação. O pesquisador em potencial vai se formando desde sua infância quando demonstra interesse, formas e meios de buscas, curiosidade, mas também liberdade para pensar, decidir, errar e fazer conjecturas.

#### 4.3. LEVANTAMENTO DO(S) PROBLEMA(S)

Nessa etapa, os dados coletados na pesquisa exploratória vão ser utilizados para as discussões e levantamento ou elaboração do(s) problema(s).

Na Educação Básica, uma das principais atividades dos estudantes é a resolução de problemas, que geralmente já vem prontos. No entanto, aqui são os estudantes que vão elaborar ou decidir quais problemas se mostram pertinentes e de interesses. Portanto, na medida em que o estudante coleta, seleciona, organiza e analisa os dados coletados ele também levanta os questionamentos em relação ao assunto,



tema ou situação problema. Levantar o problema ou problemas a partir dos dados coletados dá ao estudante uma melhor e mais completa compreensão da situação em estudo. É importante a função de mediação do professor ao incentivar e orientar o levantamento de questões a partir de dados reais coletados pelos próprios estudantes, isso possibilita o desenvolvimento de uma visão mais global de uma situação estudada.

O levantamento de problemas é ainda, uma ação cognitiva por excelência, porque é resultado de um encadeamento que promove a intuição e a lógica. Na Modelagem os problemas apresentam algumas características diferentes dos problemas encontrados nos livros didáticos: são elaborados a partir dos dados coletados em campo; prioriza a ação do estudante na elaboração; são elaborados com base de uma situação contextualizada; confere maior significado ao conteúdo matemático usado na resolução; incentiva a criatividade; favorece a tomada de decisão.

#### 4.4. RESOLUÇÃO DO(S) PROBLEMA(S) E O TRABALHO COM OS CONTEÚDOS NO CONTEXTO DO TEMA

A resolução do(s) problema(s) confere à Modelagem Matemática a etapa que envolve mais matemática propriamente dita. É o momento em que o estudante faz uso de todo o ferramental matemático disponível em sua estrutura cognitiva.

Nesta etapa os conteúdos matemáticos ganham importância e significado. As operações, as propriedades, e os diversos campos da matemática que se fazem presentes nessa etapa, sem dúvida, atribuem sentido e significados aos conteúdos matemáticos necessários à resolução do ou dos problemas. Conforme Burak (2010), pode acontecer no desenvolvimento de uma prática com Modelagem que, para a resolução de um problema, o conteúdo necessário à sua resolução, ainda não tenha sido trabalhado pelo grupo de participantes, então é um momento importante para que o professor, na condição de mediador, favoreça aos estudantes a construção desse conhecimento. Há algumas possibilidades para isso, uma delas é adotar os procedimentos como na experiência específica de Modelagem desenvolvida por Klüber e Pereira (2009).

Essa ação do professor é importante, seja no trabalho de formação dos conceitos, orientando a busca de conteúdo no livro texto, seja criando alternativas que permitam ao estudante buscar uma solução para o problema. Muitas vezes, pode-se valer das situações empíricas para os primeiros resultados e as primeiras aproximações, e mais tarde, ou mesmo, já na sequência, desenvolver o conteúdo de forma analítica, com alguma formalização matemática.

No âmbito da Educação Básica, a prioridade do ensino da Matemática segundo nosso entendimento, é a formação de conceitos e a construção do conhecimento matemático. Nesse âmbito da escolaridade, principalmente nos anos iniciais e final do Ensino Fundamental, o trabalho com os modelos matemáticos, não constitui prioridade, pois na concepção de Modelagem assumida o modelo pode ser entendido como uma representação, e dessa forma, contempla e engloba além dos modelos matemáticos outros como uma lista de supermercado, a planta de uma casa entre outros modos de organização que podem ajudar na tomada de decisão.



Dizer que não é prioridade não significa não utilizar, pois em certas ocasiões é possível recorrer à construção de modelos matemáticos. Nessas ocasiões os modelos podem ser construídos para expressar uma situação que enseja novos elementos ou alguma situação para a qual não se tem, ou não se conhece um modelo usual, então nesse caso, os modelos são construídos. Muitas vezes, nesse nível de ensino, um modelo simples que reproduza as características do fenômeno estudado, mesmo com uma matemática elementar, é suficiente e, ainda temos que levar em consideração o ferramental matemático dos estudantes disponível nesse período da escolarização.

Em Burak (2010) vemos que algumas vezes a confecção experimental de um modelo, ou modelo icônico, é muito interessante nessa fase de escolarização e permite alcançar objetivos tais como: conjecturar, levantar hipóteses, experimentar, refletir, desenvolver a autonomia, a capacidade de buscar novas estratégias e encaminhamentos.

#### 4.5. ANÁLISE CRÍTICA DA(S) SOLUÇÃO(ÕES)

A etapa da Análise Crítica da solução ou soluções é um momento especial e único para analisar e discutir a solução ou as soluções encontradas do(s) problema(s) levantados. É um momento em que se fazem as considerações e análises das várias hipóteses consideradas, na etapa de resolução(ões) do(s) problema(s), sejam elas matemáticas ou pertencentes a outras áreas do conhecimento.

Esta etapa possibilita e favorece tanto o aprofundamento de aspectos matemáticos como dos aspectos não matemáticos envolvidos no tema. No âmbito da Matemática pode-se analisar a coerência e a consistência lógica da solução ou das soluções encontradas. É uma etapa em que se discute com o grupo ou grupos os cuidados com a linguagem, as restrições que se fazem necessárias, em muitas ocasiões, e as estratégias utilizadas nas resoluções.

Além disso, é um momento propício para se mostrar e comentar as soluções empíricas e as mais formais, pois, muitas vezes, nessa fase de escolaridade se parte do empírico para o formal. Mostra-se a importância de alguma formalização, de justificativa de procedimentos, enfim é um momento de interação entre os grupos, de trocas de ideias e de reflexões.

Consideramos que, com igual importância dada aos conteúdos matemáticos, essa análise deve também ser dirigida aos aspectos não matemáticos, que de forma espontânea se fazem presente nos temas. Tal entendimento se dá pela concepção de uma educação mais global, numa perspectiva interdisciplinar que favorece a discussão de aspectos mais amplos que a perspectiva disciplinar, os quais consideramos serem formadores de valores e de atitudes que são permanentes e muito importantes. Nessa fase da trajetória escolar de nossos estudantes ou na formação inicial dos professores, as experiências vividas, desenvolvidas e refletidas podem ser incorporados e norteadoras de uma prática diferenciada.

Assim, discutir as ações decorrentes de uma constatação matemática ou não, que resultou de um problema, ou uma situação-problema, e das decisões tomadas ao longo da atividade, além das relações e repercussões em vários níveis e diversos enfoques, constitui o ponto forte dessa prática educativa, mediada pela Modelagem



na perspectiva assumida. Esses são momentos importantes no espaço educativo, seja na abordagem do processo de ensino e aprendizagem, seja formação inicial ou continuada de professores que devem merecer atenção à Educação Básica.

## **5. IMPLICAÇÕES DA CONCEPÇÃO DE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA À CONSTRUÇÃO DE UMA NOVA RACIONALIDADE**

A Educação de modo geral, tem apresentado, ao longo das últimas décadas avanços nas teorias a ela relacionada. Ainda que, muitas vezes, sejam empregados mais como chavões, do que como avanços reais. Tais avanços são frutos de pesquisas, discussões, vivências e reflexões que permitem e favorecem as melhorias na educação e de modo mais específico, com relação ao ensino e a aprendizagem da Matemática.

Ainda assim nos perguntamos: Porque os resultados dessas pesquisas, das experiências exitosas vividas, ainda parecem longe das salas de aula? Por que os professores da Educação Básica incorporam em suas aulas tão pouco dessa produção, promovida pelas pesquisas, pelas discussões e principalmente pela mudança de paradigma do conhecimento e por uma nova visão de ciências, rompendo o paradigma da ciência moderna?

A incorporação desses resultados se faz pela assimilação dos fundamentos que constituem a natureza e a metodologia da ciência que envolvem o Paradigma Emergente de Santos (2006), o Pensamento Complexo de Morin (2006) e os fundamentos da Educação Matemática.

A não apropriação desses fundamentos, pelos docentes, tem ainda dado lugar às práticas permeadas pelos chavões próprios de uma nova visão, mas seguida de uma prática tão velha, tão arcaica como aquela que ainda se pratica no âmbito das nossas escolas, que tem como foco exclusivo a reprodução e a linearidade, produto da racionalidade técnica. Essa prática que se revela contraditória com os novos estudos, no âmbito da Educação e mais especificamente da Educação Matemática e da Modelagem na concepção da Educação Matemática, priva o estudante, principalmente aquele dos anos iniciais da Educação Básica, de experiências significativas, capazes de promover o desenvolvimento de conceitos e a construção do conhecimento matemático, além de solicitar ações que ajudem na formação da autonomia, de um espírito crítico e de um pensamento complexo. (BURAK; ZONTINI, 2020).

Esta é uma etapa da formação em que a busca pelos resultados deve ser feita com base em procedimentos e encaminhamentos alinhados aos novos paradigmas e teorias de várias áreas do conhecimento que favoreçam, incentivem e mobilizem no estudante o pensar, o conjecturar, o experimentar, o refletir e mesmo o errar.

A Modelagem na concepção de Educação Matemática sustentadas nas dimensões propostas por Higginson (1980), e nas referências do Paradigma Emergente de Santos (2006) e do Pensamento Complexo de Morin (2006), apresenta potencial e referencial teórico adequado à formação de sujeitos críticos, reflexivos e atentos aos problemas globais.



As experiências vividas apontam para elementos de uma nova racionalidade à formação de professores e as abordagens do processo de ensino e aprendizagem em aulas, proporcionadas pela concepção de Modelagem na Educação Matemática em relação a sua natureza, seu método e seu objeto que se vincula também às Ciências Humanas e Sociais.

A visão de Educação Matemática e da Modelagem em uma perspectiva que contempla além das Ciências Naturais as Ciências Humanas e Sociais, não muda em nada os fundamentos da Matemática, seu método, suas leis, mas permite ao professor uma perspectiva mais ampla sobre o ensino dessa ciência e assim, muda tudo, no contexto da Educação Básica. (BURAK, 2010).

Toda prática educativa deve, sem dúvida, estar sustentada pelas premissas que constitui a visão de ciências e as consequências próprias do entendimento assumido. Nesse ensaio procuramos explicitar no âmbito das visões assumidas as condutas próprias de cada uma, conhecendo as decorrências dessas visões assumidas de Educação Matemática seja do ponto de vista do Racionalismo Crítico consubstanciado nas Ciências Naturais, no método científico e no método quantitativo, seja na visão da Teoria Crítica da Sociedade assentado nas Ciências Humanas e Sociais, além das Ciências Naturais e, predominantemente no método qualitativo, que se fazem presentes em aulas, na forma de encaminhar os assuntos, no trato sobre o significado e no entendimento de ensino e de aprendizagem. Esse entendimento se dá sob dois pontos de vista.

No primeiro ponto de vista das Ciências Naturais seus métodos e filosofia trata mais o lado do ensino de matemática e, isso implica mais focar em métodos, estratégias e formas de melhor ensinar um conteúdo, a aprendizagem não é explicitamente mencionada, pois parece vincular a essa ação a relação de causa e efeito. Isto significa dizer que a aprendizagem é, unicamente, o efeito da causa ensino, considerando uma relação direta.

No segundo ponto de vista se dá no entendimento das ciências que envolvem a Matemática, a Psicologia, a Sociologia, a Filosofia, e a Antropologia. Consideramos que o ensino somente apresenta sentido quando realizado na perspectiva da aprendizagem, assim, o ensino é circular envolvendo estudantes e professor e busca a sustentação nas teorias que tratam sobre como e quando ensinar, quando leva em consideração o desenvolvimento humano, bem como, as teorias de aprendizagem ligadas à cognição. É uma perspectiva que leva em consideração o contexto e as emoções do ser que aprende.

## **6. ELEMENTOS DE UMA NOVA RACIONALIDADE A PARTIR DA MODELAGEM NA CONCEPÇÃO DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

A partir da compreensão sobre as bases teórico-metodológicas que sustentam a Modelagem Matemática na Educação Matemática na concepção de Higginson (1980) buscamos explicitar qual é essa nova racionalidade que emerge das práticas.

Segundo Caldeira (2009, p.34) "é uma racionalidade sustentada por uma forma não mais sobre os pilares do determinismo e das verdades imutáveis, mas aquela baseada



em pressupostos do pensamento sistêmico e da complexidade." É nessa perspectiva que vislumbramos as características da nova racionalidade.

De acordo com Morin (2018, p.15), o princípio sistêmico ou organizacional é um dos guias para pensar a complexidade e é "aquele que liga o conhecimento das partes ao conhecimento do todo." Da forma que a área foi se constituindo e que assim a compreendemos, temos a Educação Matemática como necessariamente interdisciplinar, sustentada por diferentes disciplinas ou áreas do conhecimento. Dessa forma, nada mais natural que as práticas metodológicas sustentadas por essa concepção teórica tenham em sua essência um caráter interdisciplinar, por ser temática, tal como observamos nas etapas da MM. Esse aspecto vai ao encontro do que defende Morin (2018, p.2), quando trata do pensamento complexo, ao afirmar que "deveríamos, portanto, ser animados por um princípio de pensamento que nos permitisse ligar as coisas que nos parecem separadas umas em relação às outras."

O autor nos alerta para os riscos da visão compartimentalização dos conhecimentos, segundo Morin (2018, p.14):

A inteligência parcelar, compartimentada, mecânica, disjuntiva, reducionista, quebra o complexo do mundo, produz fragmentos, fraciona os problemas, separa o que é ligado, uni dimensionaliza o multidimensional. Trata-se de uma inteligência ao mesmo tempo míope, presbita, daltônica, zarolha.

O trabalho em grupo é uma estratégia da MM e contribui muito com o desenvolvimento da coletividade e com a percepção de pertencimento do sujeito nos grupos e na sociedade. Pela necessidade de dialogar com diferentes colegas e compreender diferentes opiniões e saberes, o trabalho com a MM é rico em evidenciar e trabalhar com a diversidade. Isso também vai ao encontro do que defende Morin (2018, p.6) na seguinte afirmação:

Compreender a unidade e a diversidade é muito importante hoje, visto estarmos num processo de mundialização que leva a reconhecer a unidade dos problemas para todos os seres humanos onde quer que estejam; ao mesmo tempo, é preciso preservar a riqueza da humanidade, ou seja, a diversidade cultural.

Outro aspecto importante da MM nessa nova racionalidade é a questão do respeito ao senso comum, como percebemos desde a escolha do tema até o levantamento dos problemas. Esse senso comum, ou os saberes prévios dos estudantes, são tomados como ponto de partida, respeitados enquanto conhecimento que permite ao estudante seguir em uma investigação mais científica e orientada pelo professor.

O desenvolvimento dessas competências complexas tais como: saber observar, explorar e investigar, estabelecer relações, classificar e generalizar, ou ainda, instrumentalizá-lo de forma a argumentar, poder tomar decisões e criticar, permitem, segundo Morin (2006), preparar o estudante para enfrentar situações inusitadas e as incertezas, os imprevistos, o inesperado a partir de informações construídas ao longo do tempo. De uma maneira preocupada com a formação humana para a vida em sociedade, as habilidades desenvolvidas nas práticas com MM vão além dos



conteúdos matemáticos e contribuem para a formação do sujeito que precisa enfrentar os desafios do século 21.

Segundo Morin (2018, p.18), não se trata "de abandonar os princípios de ordem, de separabilidade e de lógica - mas de integrá-los numa concepção mais rica." Dessa forma, enfatizamos que não se trata de não trabalhar os conceitos matemáticos de maneira cuidadosa e conceitual, mas de ampliar as possibilidades de aprendizagem e permitir a construção de conhecimentos significativos para os estudantes.

Esperamos com esse texto trazer à discussão elementos de uma nova racionalidade e ao mesmo tempo convidar professores e pesquisadores a vivenciar práticas com MM e a contribuir com a construção desse importante constructo científico da Educação Matemática.

## 7. REFERÊNCIAS

- BURAK, D. **Modelagem Matemática**: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem. 1992. 460 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.
- BURAK, D. A modelagem matemática e a sala de aula. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2004, Londrina. **Anais...** Londrina: Departamento de Matemática, 2004. p.1-10.
- BURAK, D. Modelagem Matemática sob um olhar de Educação Matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. In: **Revista de Modelagem na Educação Matemática**, Blumenau, v.1, n.1, p.10-27, 2010.
- BURAK, D. Modelagem na Perspectiva da educação matemática: um olhar sobre seus fundamentos. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, v.13, n.51, p.9-26, dez. 2017.
- BURAK, D.; KLÜBER, T. E. Educação Matemática: contribuições para a compreensão de sua natureza. **Revista Acta Scientiae**, Canoas, v.2, n.10, p.93-106, jul./dez. 2008.
- BURAK, D.; ZONTINI, L. dos R. S. Práticas com modelagem na formação do professor da Educação Básica: a busca por uma nova racionalidade. **Práxis Educativa**, v.15, p.1-20, 2020.
- CHERQUES-THIRY; R. H. O racional e o razoável: Aristóteles e o trabalho hoje. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v.1, n.1, ago. 2003.
- DESCARTES, R. **Discurso do método**. 2. ed. São Paulo: Editora Martins Fontes. 2001.
- HEssel, S.; MORIN, E. **O caminho da esperança**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- HIGGINSON, W. **On the foundation of mathematics education**. Documento mimeografado, 1980.



- KLÜBER, T. E.; PEREIRA, E. Encetando uma Aproximação entre Modelagem Matemática e Investigações Matemáticas. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 6, 2009, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2009. v.1. p.1-14.
- MONTAIGNE, M. **Ensaio**: que filosofar é aprender a morrer e outros ensaios (Ensaio de Montaigne Livro 1). Tradução de Julia da Rosa Simões. Porto Alegre: L&PM Pocket, 2017. eBook Kindle.
- MORIN, E. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. Tradução de Eloá Jacobina. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- MORIN, E. Da necessidade de um pensamento complexo. In: MARTINS, F. M.; SILVA, J. M. da S. (Org.). **Para navegar no século XXI**. Porto Alegre: Sulina/ediPUCRS, 2000.
- PEREIRA-DINIZ, M. J. Da racionalidade técnica à racionalidade crítica: formação docente e transformação social. **Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade**, Naviraí, v.1, n.1, p.34-42, jan./jun. 2014.
- RODRIGUES, J. P. **Montaigne, um humanista contra a educação livresca**. Portal Galego da Língua. 2018. Disponível em <https://pgl.gal/montaigne-um-humanista-educacao-livresca/>. Acesso em: fev. 2021.
- RIUS, B. E. La educación matemática: reflexión sobre su naturaleza y sobre su metodología. **Educación Matemática**, México/Iberoamérica, v.1, n.2, p.28-42, ago. 1989a.
- RIUS, B. E. La educación matemática: reflexión sobre su naturaleza y sobre su metodología. **Educación Matemática**, México/Iberoamérica, v.1, n.3, p.30-36, dez. 1989b.
- SANTOS, B. de S. **Um discurso sobre as ciências**. 4. ed. São Paulo: Cortez. 2006.
- TABILE, A. F.; JACOMETO, M. C. D. Fatores influenciadores no processo de aprendizagem: um estudo de caso. **Revista Psicopedagogia**, v.34, n.103, p.75-86, 2017.
- UNESCO. **Nuevas tendencias en la enseñanza de 1a matemática**. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 1979. p.1-321.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

Submetido em: **06/04/2022**

Aceito em: **21/09/2022**