



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

MODELAGEM MATEMÁTICA: UMA VISÃO HOLÍSTICA DA REALIDADE?

Ednilson Sergio Ramalho de Souza¹

edseram@yahoo.com.br

Mestrando do PPGECM-NPADC/UFPA

Adilson Oliveira do Espírito Santo²

adilson@ufpa.br

Docente do PPGECM-NPADC/UFPA

Resumo

Esta pesquisa procura mostrar que a modelagem matemática pode ser considerada um fazer matemático holístico que entra em harmonia com as idéias de Fritjof Capra. Ao modelar uma dada realidade³ é preciso estudá-la em porções menores, neste sentido a modelagem assemelha-se ao método dedutivo-reducionista de René Descartes. Porém, se o modelo encontrado consegue representar tal realidade em seus mais minuciosos detalhes e, ao mesmo tempo, a descreve considerando o todo integrado; então podemos dizer que a modelagem matemática deve possuir um caráter sistêmico ou holístico.

Palavras-chave: Modelagem Matemática; Modelo Matemático; Holismo.

¹ Professor de Física e Mestrando em Educação em Ciências e Matemáticas do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas do NPADC/UFPA.

² Doutor em Engenharia Elétrica pela UNICAMP e docente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas do NPADC/UFPA.

³ Consideraremos realidade o ambiente sob o qual o modelador tem sua ação.



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

Introdução

A modelagem matemática como estratégia ou como metodologia de ensino-aprendizagem vem sendo largamente usada por vários educadores matemáticos, não só a nível nacional, mais também internacional (Barbosa, 1999; 2001). O uso dessa tendência em Educação Matemática, justifica-se porque ela possui um caráter essencialmente interdisciplinar; característica essa que nos motivou a fazer essa pequena reflexão a respeito dessa visão global do ensino-aprendizagem com modelagem.

Assim, o objetivo dessa pesquisa consiste em mostrar que subjacente ao fazer matemático por modelagem existe uma visão holística da realidade. Para isso utilizaremos alguns autores como Fritjof Capra, o qual expõe suas idéias sobre o holismo e Rodney Bassanezi que colabora com conhecimentos sobre modelagem matemática.

Começaremos com algumas considerações gerais sobre modelagem e discorreremos um pouco sobre o método dedutivo de Descartes. Nessa primeira parte veremos que fazer modelagem é semelhante ao método reducionista de Descartes. Após isso falaremos um pouco sobre a visão holística de Capra. Na parte final veremos que, no entender de Capra, reducionismo e holismo são complementares. Concluiremos argumentando que um modelo matemático que contemple as particularidades da realidade por ele representada e que a descreva globalmente, pode ser considerado um modelo holístico dessa realidade.

Algumas considerações sobre modelagem matemática

Bassanezi (2004) refere-se à modelagem como um método ou estratégia capaz de interligar os vários campos do conhecimento numa perspectiva interdisciplinar, afirmando que

“(...) é também nessa capacidade de estabelecer relações entre os campos da matemática e os outros, evitando reproduzir modos de pensar estanques fracionados, que, a nosso ver, está o futuro da formação de novos quadros de professores e pesquisadores, prontos a enfrentar o desafio de pensar a *unidade na multiplicidade*” (p. 15).



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

Ainda para esse autor a modelagem matemática consiste “na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (Ibid., p. 16).

A resolução desses problemas é mais eficaz quando se obtém um modelo matemático que “(...) pode ser formulado em termos familiares, utilizando-se expressões numéricas ou fórmulas, diagramas, gráficos ou representações geométricas, equações algébricas, tabelas, programas computacionais, etc” (Biembengut & Hein, 2003, p. 12).

Bassanezi alerta para o problema de considerar, durante a modelagem, partes isoladas de um sistema complexo prescindindo das inter-relações das subunidades

“Quando modelamos um sistema complexo, considerando partes isoladas desse sistema e ignorando as inter-relações dos sub-modelos, podemos obter um conjunto de modelos válidos do ponto de vista microscópico (para cada porção isolada) mas que, globalmente, pode não representar o sistema complexo (Op. Cit., p. 23).

Assim, após a decomposição da realidade em partes menores, o modelador deve estar atento para fazer as relações necessárias entre os *sub-modelos*, a fim de que se possa encontrar um modelo que represente, de fato, o sistema como um todo.

O método dedutivo de Descartes

René Descartes, filósofo francês do século XVI, foi um dos principais expoentes da ciência desse século e suas idéias ainda hoje ecoam no fazer científico moderno (Capra, 2006).

O método proposto por Descartes para conduzir a razão e buscar a verdade nas ciências consiste em decompor o complexo em partes mais simples, estudá-las e recompô-las sem desvios que prejudiquem a verdade almejada (Neves, 2007). Para isso, ele recomenda seguir alguns procedimentos que, em suas próprias palavras:

“O primeiro era não aceitar jamais alguma coisa como verdadeira que eu não conhecesse evidentemente como tal: isto é, evitar cuidadosamente a precipitação e a prevenção, e nada incluir em meus julgamentos senão o que se apresentasse de maneira tão clara e distinta a meu espírito que eu não tivesse nenhuma ocasião de colocá-lo em dúvida.



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

O segundo, dividir cada uma das dificuldades que eu examinasse em tantas parcelas possíveis e que fossem necessárias para melhor resolvê-las.

O terceiro, conduzir por ordem meus pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para subir aos poucos, como por degraus, até o conhecimento dos mais compostos, e supondo mesmo uma ordem entre os que não se precedem naturalmente uns aos outros.

E o último, fazer em toda parte enumerações tão completas, e revisões tão gerais, que eu tivesse a certeza de nada omitir.” (ibid. p. 54).

Os procedimentos descritos acima se assemelham ao fazer matemática por modelagem. Nesta a realidade é decomposta em porções menores para melhor analisar a situação-problema proposta. Dentro de cada subsistema é feita uma avaliação de como as variáveis se relacionam entre si e com o fato observado. Durante a modelagem do fenômeno é preciso se despojar de qualquer tipo de pré-julgamento, de qualquer idéia dada como verossímil pelo senso comum. É necessário que o indivíduo faça uma análise global da situação, remontando as porções menores para que seja garantida a síntese dessas partes, pois como afirmam Soares e Espírito Santo ao citarem D’Ambrósio (1986)

“O indivíduo é parte integrante e ao mesmo tempo, observador da realidade. Sendo que ele recebe informações sobre determinada situação e busca, através da reflexão, a representação dessa situação em grau de complexidade. Para se chegar ao modelo é necessário que o indivíduo faça uma análise global da realidade na qual tem sua ação” (p. 89).

O holismo de Fritjof Capra

Físico e Filósofo da atualidade, Fritjof Capra defende uma compreensão da realidade em função de totalidades integradas, onde as propriedades do sistema integrado não podem ser reduzidas às propriedades das partes do sistema.

“A concepção sistêmica vê o mundo em termos de relações e de integração. Os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às de unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos e substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização.” (Capra, 2006, p. 260).

Anais do VI Encontro Paraense de Educação Matemática
Universidade do Estado do Pará
03 a 05 de setembro de 2008 – Belém – Pará – Brasil
ISBN: 978-85-88375-28-4



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

Analogamente a Bassanezi (2004) quando afirma que o modelo pode não representar o sistema complexo, Capra (2006) afirma que

“As propriedades sistêmicas são destruídas quando um sistema é dissecado, física ou teoricamente, em elementos isolados. Embora possamos discernir partes individuais em qualquer sistema, a natureza do todo é sempre diferente da mera soma de suas partes.” (p. 260).

Capra afirma ainda que é preciso desenvolver uma nova abordagem entre os conhecimentos

“Isso significará a formulação gradual de uma rede de conceitos e modelos interligados, e ao mesmo tempo, o desenvolvimento de organizações sociais correspondentes. Nenhuma teoria ou modelo será mais fundamental do que o outro, e todos eles terão que ser compatíveis. Eles ultrapassarão as distinções disciplinares convencionais, qualquer que seja a linguagem comprovadamente adequada para descrever diferentes aspectos da estrutura inter-relacionada e de múltiplos níveis da realidade.” (op. cit., p. 259).

Essa rede de conceitos e modelos inter-ligados pode ser fruto da análise global que D’Ambrósio se refere a respeito da realidade, conforme visto anteriormente.

A idéia de concepção sistêmica ou holística de Capra nos remete a idéia de interdisciplinaridade quando este afirma que “A nova visão de realidade, de que vimos falando, baseia-se na consciência do estado de inter-relação e interdependência essencial de todos os fenômenos – físicos, biológicos, psicológicos, sociais e culturais.” (ibid., p. 259).

Essa concepção interdisciplinar é abarcada por Bassanezi ao conceituar modelo matemático como sendo “(...) um conjunto consistente de equações ou estruturas matemáticas, elaborado para corresponder a algum fenômeno - este ser físico, biológico, social, psicológico, conceitual ou até mesmo outro modelo matemático.” (op. cit., p. 174).

Reduccionismo e holismo na visão de Capra

Capra fala sobre as limitações do método cartesiano ao comentar que “O método do pensamento de Descartes e sua concepção de natureza influenciaram todos os ramos da



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

ciência moderna e podem se ainda hoje muito úteis. Mas só o serão se suas limitações forem reconhecidas.” (Capra, 2006, p. 53).

E afirma ainda que

“... a excessiva ênfase dada ao método cartesiano levou à fragmentação característica do nosso pensamento em geral e das nossas disciplinas acadêmicas, e levou à atitude generalizada de reducionismo na ciência - a crença em que todos os aspectos dos fenômenos complexos podem ser compreendidos se reduzidos às suas partes constituintes.” (p. 55).

Capra considera reducionismo e holismo como dois aspectos que devem ser considerados conjuntamente afirmando que “Reduccionismo e holismo, análise e síntese, são enfoques complementares que, usados em equilíbrio adequado, nos ajudam a chegar a um conhecimento mais profundo da vida” (Op. Cit. p. 261).

Modelagem matemática numa visão holística

Conforme as idéias acima mencionadas, podemos conjecturar que, implicitamente à dinâmica da modelagem matemática, existe um *olhar* holístico da realidade dada como situação-problema.

Por exemplo, se durante a modelagem matemática do tema *energia* for dado o seguinte problema: qual tipo de energia você mais utiliza no seu dia-a-dia e como ela é produzida?

Considerando que uma das respostas possíveis seja *energia elétrica*, produzida nas usinas hidrelétricas, o professor poderá pedir uma pesquisa sobre o assunto, ou seja, a *interação* sobre o tema (Biembengut e Hein, 2003). Neste momento, o professor poderá falar um pouco sobre os danos causados à natureza quando se faz uma represa hidrelétrica (sobre os prejuízos ao ecossistema, à fauna, à flora, etc.). Após várias discussões sobre o tema, pode-



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

se perfeitamente chegar a um modelo matemático que representa a energia mecânica de certa massa de água, tendo como situação-problema uma represa hidrelétrica.⁴

Desta forma, ao se chegar ao seguinte modelo $E_m = E_c + E_p$, o qual representa a energia mecânica da massa de água em uma represa, nota-se que fomos levados *entrar* em certos conhecimentos que nem sempre são abordados em uma aula tradicional de física, mas que foram importantes para o aluno começar a ter idéia de sistemas interligados, como é proposto por Fritjof Capra.

Por outro lado, o modelo $E_m = E_c + E_p$ leva em consideração dois tipos de energia (a cinética e a potencial gravitacional), isso significa que estamos considerando apenas uma *porção* da realidade, quer dizer, estamos desconsiderando outras formas de energia que se fazem presentes na situação-problema, como a energia solar, a eólica, a térmica, etc. Deste modo estamos reduzindo o todo em porções menores, como foi proposto por René Descartes no século XVI para se chegar a um conhecimento verdadeiro (Neves, 2007).

Apesar desse reducionismo, o modelo encontrado descreve a situação-problema de forma sistêmica ou integrada, ou seja, existem outras formas de energia presentes na situação-problema, mas no modelo $E_m = E_c + E_p$ essas outras formas de energia podem ser desconsideradas sem que se alterem as propriedades do todo, isto é, a análise das propriedades da parte não altera a análise das propriedades do todo.

Considerações finais

Em linhas gerais a dinâmica da modelagem matemática pode ser comparada ao método cartesiano. Ao analisar uma realidade e relacionar as variáveis envolvidas para a produção de um modelo, estamos, na verdade, reduzindo o todo em partes menores. O modelo representa, então, parte da realidade, por isso pode-se dizer que todo modelo é parcial.

⁴ Este tema já foi desenvolvido pelo primeiro autor usando a modelagem matemática como metodologia de ensino-aprendizagem. Na ocasião a modelagem mostrou possibilidade de uma abordagem interdisciplinar sobre o assunto.



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

Podemos observar que o método de Descartes assemelha-se ao da modelagem matemática quando temos que considerar apenas uma parte da realidade, ou seja, é analisando apenas uma porção da realidade que chegamos a um modelo representativo da situação mais complexa. Porém temos que ter consciência que o modelo só representará, de fato, o sistema como um todo, se forem feitas as inter-relações necessárias das sub-partes envolvidas na análise.

Portanto, ao se proceder à análise das partes menores da situação-real, ao se fazer relações entre as variáveis envolvidas em busca do modelo matemático, é importante considerar as partes como complementares de um sistema integrado, pois como afirma Prigogine e Stengers, o princípio da complementaridade estabelece que

“Nenhuma linguagem, ou seja, nenhuma preparação do sistema que permita representá-lo por uma função própria de um ou de outro operador⁵, pode esgotar a realidade do sistema; as diferentes linguagens possíveis, os diferentes pontos de vista tomados sobre o sistema, são *complementares*; todos tratam da mesma realidade, mas não podem ser reduzidos a uma descrição única” (Prigogine & Stengers, 1984, p. 125).

Desta forma, pode-se concluir que se o modelo matemático representa a realidade em seus pormenores, em suas mais sutis particularidades e que existe harmonia das partes com o todo observado; podemos dizer que subjacente a obtenção de um modelo matemático eficaz existe um fazer matemático que é legitimado pela idéia holística de inter-relação proposta por Fritjof Capra.

⁵ **Operador**, em Matemática, é uma função linear entre espaços vetoriais. Tem uso muito geral em mecânica quântica, entre outros usos em Matemática e Física.



IV EPAEM

Encontro Paraense de Educação Matemática

Referenciais bibliográficos

BARBOSA, J. C. **Modelagem matemática e os professores: a questão da formação**. Bolema, ano 14, n. 15, p. 5-23, 2001.

_____. **O que pensam os professores sobre modelagem matemática**. Zetetiké, São Paulo, v. 7. n. 11, p. 67-85, 1999.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2004.

BIEMBENGUT, M. S; Hein, N. **Modelagem matemática no ensino**. São Paulo: Contexto, 2003.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação: A Ciência, a Sociedade e a Cultura emergente**. São Paulo: Cultrix, 2006.

NEVES, P. **Descartes: O Discurso do Método**. Porto Alegre: L & PM, 2007.

SOARES, N. N.; Espírito Santo, A. O. **A modelagem Matemática na Prática de Ensino de Matemática: Uma Alternativa de Ensino-Aprendizagem**. In: Anais do VII Congresso Norte/Nordeste de Educação em Ciências e Matemática. Belém, 8 a 11 de dez. 2004.

PRIGOGINE, I.; Stengers, I. **A Nova Aliança**. Brasília: Universidade de Brasília, 1984.

Anais do VI Encontro Paraense de Educação Matemática
Universidade do Estado do Pará
03 a 05 de setembro de 2008 – Belém – Pará – Brasil
ISBN: 978-85-88375-28-4