

CONTRIBUIÇÕES PARA UMA HISTÓRIA DA NOÇÃO DE MODELO: ASPECTOS METODOLÓGICOS E DIREÇÕES DE PESQUISA

Tatiana Roque
Instituto de Matemática – UFRJ – Brasil

Resumo

A noção de “modelo” é freqüentemente citada em estudos de epistemologia e filosofia da ciência e é um dos conceitos-chave na reflexão sobre o papel da matemática em outros campos de conhecimento. No entanto, não há trabalhos propriamente históricos sobre esta noção, que problematizem o seu significado em conexão com os modos distintos como o termo foi empregado. Fazer uma história do termo ou dos conceitos que estão por trás do termo? Esta pergunta já indica que há desafios metodológicos importantes para iniciar uma pesquisa histórica sobre o tema e o objetivo deste trabalho é discutir algumas destas dificuldades.

Palavras-chave: modelo, analogia, física-matemática, matemática no final do século XIX e início do XX.

[CONTRIBUTIONS FOR A HISTORY OF THE CONCEPT OF MODEL: METHODOLOGICAL QUESTIONS AND DIRECTIONS OF RESEARCH]

Abstract

The notion of “model” is very often mentioned in epistemological and philosophical studies and it is a chief concept if one wants to reflect upon the role mathematics plays in other fields. Nevertheless, there are not enough historical works about this notion, discussing its meaning and connecting it to the different ways in which the term has been used. Should we write a history about the term or about the concepts the term expresses? This question shows the methodological challenges we have to face before beginning a historical research about this subject. This work proposes to discuss some of these difficulties.

Keywords: model, analogy, mathematical physics, mathematics in the end of 19th and the beginning of the 20th century.

Este artigo não se propõe a apresentar uma história da noção de modelo, mas a discutir as dificuldades a que somos confrontados ao nos lançarmos em um tal projeto. Em primeiro lugar, lembramos que o tema é interdisciplinar por excelência, pois a noção de modelo está no cruzamento da matemática com outros campos de conhecimento, como a física, a economia, a sociologia e a biologia. Diversas obras contemporâneas investigam o uso e o estatuto dos modelos matemáticos nestas diferentes áreas, mas a tarefa de fazer uma história desta noção não é o objetivo destes estudos¹.

Sistemas, teorias, representações, abstrações, mas também idealização, ilustração, imagem, símbolo, metáfora, analogia, esquema. São todas palavras que podem ser associadas à idéia de modelo. Bem como lei, fórmula, regra e paradigma. Ao se iniciar um estudo sobre a história dos modelos, a multiplicidade de acepções do próprio termo é uma primeira dificuldade a ser enfrentada. Surgem perguntas como: faremos a história da noção de modelo ou das diferentes definições desta noção que foram propostas ao longo da história? Se, ao invés de investigar a história do termo “modelo”, escolhermos analisar o desenvolvimento das ideias que estão por trás do seu uso, como deveremos definir estas ideias? Qualquer definição que tomar como princípio os usos atuais da noção de modelo incorrerá no risco gerar uma história retrospectiva.

Se considerarmos que modelos são objetos efetivamente construídos, em algum material, com o objetivo de moldar ou de oferecer uma representação concreta de certo fenômeno ou mecanismo, poderemos afirmar que eles já eram usados por povos muito antigos, ainda que estes povos não nomeassem este conceito como tal. De modo mais geral, obras não especializadas costumam chamar de “modelo matemático” as equações usadas pela física. Mas se associarmos a noção de modelo às equações matemáticas usadas para descrever os fenômenos físicos, ficaremos tentados a identificar o início do uso de modelos com os trabalhos de Galileu, apesar deste último não ter usado equações, mas somente proporções matemáticas. Sendo assim, teríamos que adiar as primeiras tentativas de empregar modelos para o século XVII, com o desenvolvimento da física newtoniana. No entanto, Newton também usava majoritariamente a geometria sintética, e somos levados aos analistas do século XVIII. Este é precisamente o século em que se tornou hegemônico o uso de equações matemáticas para tratar os fenômenos naturais. Alguns dos pais da análise matemática, como Laplace e Lagrange, defendiam que esta poderosa ferramenta permitia descrever os fenômenos sem incorrer nas dificuldades encontradas por Newton devido ao fato de suas demonstrações serem geométricas. Neste momento, portanto, era fundamental que se pudesse escrever equações para compreender os fenômenos. Se a ideia de equação era tão importante nesta época, cabe perguntar por que identificá-la à noção de modelo? Parece que não ganhamos nada, do ponto de vista histórico, ao fazermos esta associação. Ao contrário, perdemos a oportunidade de entender a especificidade da ideia de equação no século XVIII.

¹ Para exemplificar o tipo de tratamento a que estamos nos referindo citamos os seguintes exemplos, de épocas diferentes: *Models: Representation and the Scientific Understanding*, M.W. Wartofsky, Boston Studies in the Philosophy of Science, Dordrecht: Reidel, 1979; *Models as Mediators- Perspectives on Natural and Social Sciences*, M.S. Morgan & M. Morrison, Cambridge: Cambridge University Press, 1999; *Laws and Models in Science*, D. Gillies, London: King's College Publications, 2004.

Poderíamos continuar este exercício com outras noções usualmente associadas a modelos, mas acreditamos que este exemplo seja suficiente para nos afastar das definições retrospectivas como princípio metodológico. Com o fim de propor uma história da noção de modelo, nossa primeira preocupação deve ser investigar a partir de que momento os próprios protagonistas começaram a falar de modelo e o que a utilização deste termo significava para eles. A questão é investigar por que razão, em um determinado contexto, alguns cientistas acharam conveniente designar suas práticas empregando o termo “modelo”.

Podemos dizer que os antigos já usavam moldes como modelos; que na época de Copérnico eram empregados modelos do sistema planetário; que desde Galileu a física faz uso de modelos matemáticos para descrever os fenômenos naturais. No entanto, nenhum dos estudiosos envolvidos nestas pesquisas recorreu ao termo “modelo” para caracterizar seus métodos, e este não é um mero detalhe. O fato de se dizer – hoje – que a teoria newtoniana usa modelos implica que há interesse em se afirmar que a matemática não nos ajuda a explicar a natureza, mas somente a descrevê-la e a fazer previsões.

Admitimos que a história de um conceito não é equivalente à história daquilo que é nomeado por este conceito. Mas se partirmos deste princípio, nos depararemos necessariamente com a dificuldade de estabelecer com precisão qual é o conceito que está por trás das coisas nomeadas. Esta direção nos levará a definir o conceito de acordo com o uso que pensamos ser o mais relevante, ou o mais pertinente, na atualidade. Ou seja, esta escolha nos expõe ao risco de fazer uma história retrospectiva, também conhecida como a história dos vencedores ou “Whig history”².

O conceito de modelo possui – ele próprio – a sua historicidade, e escrever uma história da noção de modelo significa investigar as transformações que acompanharam o uso desta noção ao longo do tempo, antes que ela adquirisse o sentido pressuposto atualmente quando falamos de “modelo”.

Alguns historiadores da matemática optaram por privilegiar a utilização de modelos matemáticos, e localizaram o surgimento e a difusão desta noção nas primeiras décadas do século XX. Giorgio Israel (1996), por exemplo, afirma que a modelização matemática é uma forma de matematização típica do século XX, com características particulares com relação às formas anteriores de matematização. Uma destas características é a renúncia a qualquer tentativa de obter uma imagem unificada da natureza: um modelo matemático consiste em um objeto parcial que pretende descrever um aspecto da realidade. Por esta razão, um mesmo aspecto da realidade pode ser descrito por diferentes modelos; e um mesmo modelo pode descrever diferentes situações reais. Deste ponto de vista, o nascimento de uma nova abordagem científica baseada em modelos dataria dos anos 1920 (Cf. ISRAEL, 1996, p. 211).

A periodização para a história do uso de modelos proposta por Israel é explicada pela dependência entre a noção de modelo e a sua utilização nas ciências não físicas. No

² “Whig history” é um termo cunhado pelo historiador britânico Herbert Butterfield no livro *The Whig Interpretation of History* (1931) para designar as tentativas de apresentar o presente como uma progressão inevitável que culmina com as formas atuais de organização social. Em história da matemática, o termo foi adaptado por diversos historiadores, ver por exemplo o artigo de Michael Fried “Can mathematics education and history of mathematics coexist?”, *Science and Education*, 10(4), p.391-408, 2001.

início do processo de matematização da natureza, a matemática não foi apenas uma ferramenta auxiliar na descrição e na compreensão dos fenômenos, mas teve um papel constituinte na própria definição do que chamamos de “física” ou de “astronomia”. Esta função de configuração dos eventos físicos permaneceu por séculos. Até o século XIX, podemos falar de uma analogia mecânica, que permitia exprimir fenômenos físicos por meio de leis matemáticas. Esta analogia reflete o papel constitutivo que a matemática teve no desenvolvimento da mecânica e da física (cf. LEVY-LEBLOND, 1982).

Porém, no começo do século XX, com o abandono da imagem de uma sintonia perfeita entre mecânica e matemática, os cientistas começaram a empregar modelos matemáticos em outras ciências, as quais se constituíram de modo independente da matemática, como a biologia, a economia e a sociologia. A noção de modelo estaria associada a esta fragmentação, enfatizando a pluralidade e a parcialidade daquilo que o modelo pode ajudar a compreender sobre os fenômenos.

Partindo de um princípio análogo, Martin Zerner reconhece que os usos científicos do termo “modelo” aparecem primeiramente na física, no contexto das teorias eletromagnéticas de Maxwell, sendo retomado, em seguida, por diversos autores, como Boltzmann e Hertz. No entanto, apesar de observar que muitos dos modelos usados por Maxwell eram geométricos, este historiador afirma que não seria conveniente iniciar um estudo sobre a história da noção de modelo por estes exemplos, uma vez que “a maioria destes modelos de fenômenos físicos eram, eles próprios, sistemas físicos, cuja função era obter a teoria do fenômeno do qual eles eram modelos (...) Por esta razão, considero estes modelos *físicos*, não *matemáticos*” (ZERNER, 2002, p.9).

Em um artigo que escrevi recentemente, em conjunto com Antonio A. P. Videira, “A noção de modelo na virada do século XIX para o século XX: as contribuições de Maxwell e Boltzmann” (a ser publicado), procuramos mostrar que esta tese já supõe uma noção moderna de modelo. Nosso ponto de partida foi o oposto. Escolhemos o momento histórico da virada do século XIX para o século XX justamente porque a noção de modelo começou a ser tematizada como tal neste período. Ou seja, não somente nós enxergamos neste momento as primeiras ocorrências da idéia de modelo, mas alguns cientistas da época sentiram a necessidade de descrever suas práticas por meio do termo “modelo”, bem como apresentaram definições detalhadas desta noção. Este foi o caso de Boltzmann, que escreveu o verbete “modelo” para a *Enciclopédia Britânica* em 1902.

Não sabemos se os modelos propostos por Maxwell forneciam uma explicação real dos fenômenos físicos, ou se eram simples ficções com o objetivo de auxiliar na descrição matemática destes fenômenos. Portanto, seria precipitado designar estes modelos como *físicos*, e não *matemáticos*. A expressão “modelo matemático” foi usada muitas vezes, neste período, para enfatizar que certos objetos usados na física não possuem existência real. Ao tomarmos o cuidado de não partirmos de uma investigação sobre as origens do que chamamos atualmente de “modelo”, ou de “modelo matemático”, não nos parece adequado diferenciar as noções de modelo físico e de modelo matemático.

A separação entre física e matemática também possui uma história e ela merece ser estudada antes que possamos nos servir desta divisão. Além disso, há implicações epistemológicas em se empregar a noção de modelo para pensar a relação entre a matemática e a física, ou outros campos do conhecimento ditos “aplicados”. Logo, a

distinção entre modelo físico e modelo matemático precisa ser, ao menos, problematizada. É verdade que, nos anos 1920, a noção de modelo começou a ser usada em outras áreas, para além da física, mas isto se deve também ao fato desses campos de conhecimento desejarem se beneficiar da legitimidade da descrição matemática empregada com sucesso na física.

Mostramos, no artigo citado, que a segunda metade do século XIX foi particularmente marcante na história da noção de modelo, pois alguns compêndios e enciclopédias de caráter científico se dedicaram – talvez pela primeira vez – à publicação de definições do que seria um modelo. Como exemplo dessa preocupação explícita, traduzimos o verbete proposto por Boltzmann para a *Enciclopédia Britânica*³.

Nas últimas duas décadas do século XIX, o sucesso experimental das teorias sobre o eletromagnetismo, garantido principalmente por meio dos experimentos de Heinrich Hertz, contribuiu para a intensificação de debates epistemológicos a respeito do emprego de modelos pelas ciências naturais. Em termos breves, o uso freqüente de modelos mecânicos, especialmente pelos físicos britânicos, fez com que alguns cientistas e filósofos, dentre os quais Pierre Duhem, criticassem acidamente as explicações que forneciam para o eletromagnetismo⁴.

Na direção contrária àquela defendida por Duhem, Boltzmann não apenas foi um adepto entusiasmado da versão maxwelliana do eletromagnetismo, como foi favorável ao uso de tipos similares de modelos em toda a ciência. Para ele, a ciência não teria como dispensar o uso dessas estruturas e a defesa feita por Boltzmann do uso de modelos na física tem origem na aceitação e na incorporação das teses físicas e filosóficas formuladas por Maxwell.

Esta é uma das razões que fizeram com que, na passagem do século XIX para o seguinte, os cientistas envolvidos na defesa das teses maxwellianas tenham descrito sua própria atividade científica por meio do termo “modelo”. A controvérsia em torno da obra de Maxwell, em particular as críticas que Pierre Duhem proferiu contra os trabalhos dos ingleses, constitui uma boa ocasião para refinarmos nosso cuidado metodológico.

Durante os anos 60, com a proliferação do uso de modelos em diversos ramos do conhecimento, alguns filósofos da ciência procuraram analisar os diferentes sentidos do termo “modelo”. Podemos citar, como exemplo principal, a obra de Mary Hesse, publicada em 1963, *Models and analogies in science*. Este livro pode ser uma boa ocasião para investigarmos a diferença entre os pontos de vista histórico e filosófico. Evidentemente, questões oriundas destes diferentes domínios podem convergir e não desejamos estabelecer nenhum critério disciplinar. Pode ser instrutivo, contudo, para nossa discussão metodológica, identificar as pressuposições destas diferentes abordagens.

Como mencionamos, com a publicação do livro *Théorie physique: son objet e sa structure*, por Pierre Duhem em 1906, iniciou-se um intenso debate entre os franceses e os físicos ingleses. Esta crítica começou no final do século XIX, mas foi no capítulo 4 deste livro que o autor retomou os argumentos esparsos e produziu uma desqualificação

³ Tradução submetida à revista *Scientiae Studia*.

⁴ Estas críticas, sobre as quais retornaremos adiante, se encontram em seu livro *Théorie Physique*, mas também em artigos anteriores, como o que foi traduzido para o português na revista *Ciência e Filosofia*. Ver (DUHEM, 1989).

contundente dos métodos ingleses. Segundo Hesse, o físico inglês N.R. Campbell, em seu livro *Physics, the elements*, publicado em 1920, teria a intenção de responder às provocações de Duhem, ainda que o francês não seja citado.

Para Duhem, as analogias mecânicas eram prejudiciais ao avanço da física. Já Campbell defendia o uso de modelos com base, por exemplo, na teoria da dinâmica dos gases, que compara o movimento das moléculas com bolas de bilhar. Ele diferenciava o que seria uma analogia positiva e uma analogia negativa. No exemplo da associação entre o comportamento das moléculas de gás e das bolas de bilhar, isto significa que existem certas propriedades nestes elementos que podem ser colocadas numa relação de analogia, constituindo assim a analogia positiva, e outras propriedades (cor, tamanho, textura) que não possuem analogia, constituindo uma analogia negativa. Duhem também reconhecia o papel da analogia nas ciências, mas Campbell sustentava que as analogias não são simples auxiliares para o estabelecimento das teorias, e sim parte integrante destas teorias.

Sem entrarmos no mérito da discussão sobre o papel dos modelos e das analogias na ciência, ao se analisar as posições respectivas de Duhem e Campbell, merece destaque o fato de estar em jogo uma disputa acirrada entre franceses e ingleses. Sabemos que a obra de Duhem é marcada pela famosa tese da continuidade histórica⁵. Em um texto de 1893, em que critica a escola inglesa, Duhem compara os métodos dos ingleses aos dos franceses:

Onde o físico francês ou alemão concebia uma família de linhas de forças, ele [o inglês] imaginará um maço de fios elásticos, colados por suas duas extremidades aos diversos pontos das superfícies condutoras

(...)

O emprego de semelhantes modelos mecânicos, que lembram, por certas analogias mais ou menos grosseiras, as particularidades essenciais da teoria que se procura expor, é constante nos tratados ingleses de física. (DUHEM, 1989, p. 65-66)

E cita um livro de Oliver Lodge afirmando que ele:

é destinado a expor as teorias modernas da eletricidade, a esboçar uma teoria nova ; trata-se apenas de cordas que se movem por polias, que se enrolam em tambores, que atravessam pérolas, que sustentam pesos.

Ao invés do uso desses modelos mecânicos facilitar a compreensão de uma teoria a um leitor francês, é necessário para este, num grande numero de casos, um esforço sério para apreender o funcionamento do aparelho, por vezes muito complicado, que o autor lhe descreve; um

⁵ Um dos exemplos mais importantes desta tese é o fato de Duhem ter identificado precursores franceses de Galileu, que minimizam a importância atribuída aos trabalhos deste último. Esta afirmação já foi contestada por diversos historiadores, tendo gerado um grande debate sobre a tese da continuidade.

esforço frequentemente muito maior que aquele que é necessário para compreender na sua pureza a teoria abstrata que o modelo pretende encarnar. (DUHEM, 1989, p.66).

O inglês Oliver Lodge fazia parte do grupo de defensores de Maxwell, e foi conhecido pelos modelos que efetivamente construiu e patenteou, usados para testar teorias físicas. Existia realmente uma tendência dos ingleses a construir modelos concretos, aparatos para explicar as leis físicas. É evidente que esta tendência se relaciona com a defesa das explicações mecânicas, marca do pensamento de William Thomson, que buscava compreender os fenômenos por meio de modelos mecânicos.

Para entendermos o significado destes modelos para os ingleses, na segunda metade do século XIX, precisaríamos investigar o contexto da construção de aparatos que parece ter se desenvolvido na Inglaterra por volta de 1870. Este movimento incluía físicos como Lodge, mas também George Francis Fitzgerald, que em 1883, a partir das equações de Maxwell, construiu um dispositivo para produzir correntes elétricas de oscilação rápida com o fim de gerar ondas eletromagnéticas (um fenômeno que só foi demonstrado pelo alemão Heinrich Hertz em 1888).

Aliás, esta tendência de construir modelos concretos parece não ter se desenvolvido somente na Inglaterra. No outono de 1892, a União Alemã dos Matemáticos organizou uma exposição em Munique contendo uma enorme variedade destes aparatos. O extenso "Catálogo de modelos, aparatos e instrumentos matemáticos e físico-matemáticos" (DYCK, 1892) foi publicado no mesmo ano, contendo prefácios de Boltzmann e Felix Klein.

O apreço por modelos deste tipo não era uma unanimidade, como atesta a preferência de Hertz pelas equações de Maxwell, em detrimento de seus modelos. Mas parece ter havido uma disputa entre grupos profissionais distintos, envolvendo matemáticos e físicos de orientações mais técnicas ou mais teóricas. A briga de Duhem com os ingleses se dirige, sobretudo, contra os físicos de Cambridge, onde trabalhavam Thomson e Maxwell. O livro de Campbell, publicado pela Cambridge University Press, é uma resposta à sua provocação. A investigação dos diferentes grupos profissionais envolvidos nesta disputa seria um interessante projeto de pesquisa histórica. A defesa do caráter abstrato do pensamento francês parece ser um dos *enjeux* desta discussão, mas ela pode encobrir a defesa de uma posição profissional envolvendo a história da constituição da matemática e da física como disciplinas. Por esta razão, não seria conveniente partir da separação entre matemática e física para iniciar um trabalho sobre a história da noção de modelo.

Ainda que sejam frequentemente associadas, a noção de modelo parece se diferenciar da noção de analogia nesta época. As disputas em torno do uso de modelos mecânicos envolviam bem mais do que a discussão sobre o papel das leis físicas e da matemática para o entendimento da natureza. E o mesmo se pode dizer sobre o início da utilização de modelos em outras áreas de conhecimento.

O reconhecimento de que a relação entre o fenômeno e o seu modelo é somente de analogia foi o primeiro passo para que a utilização de modelos pudesse ser estendida a outras áreas. A partir daí, o objetivo dos modelos parecia ser o de descrever, e não o de explicar, os fenômenos.

Para dar um exemplo sobre como, no início do século XX, passou-se a se discutir a utilização de modelos matemáticos para além da física, em áreas como a economia, a biologia ou a sociologia, citamos um artigo de Vito Volterra. O número de republicações⁶ indica que o texto deste italiano deve ter tido bastante repercussão na época. Em 1901, ele afirmava:

Ao passo que perdíamos a esperança de explicar todos os fenômenos físicos por leis análogas à da gravitação universal ou por um mecanismo único, tomava corpo uma idéia que compensava, ou quase, a queda deste edifício de esperanças. Tratava-se da idéia dos modelos mecânicos: ela talvez não satisfaça os que procuram novos sistemas de filosofia natural, mas ela basta provisoriamente para aqueles que, mais modestos, se contentam com analogias, e especificamente por analogias matemáticas que procuram esclarecer os fenômenos naturais (VOLTERRA, 1906, p.12-13).

Em seguida, Volterra exemplifica os diversos modelos que podem ser usados na economia, como os de Pareto, ou a estatística de Galton na biologia, etc.. No caso da economia, após uma primeira fase, marcada pelos trabalhos de Pareto, podemos identificar um segundo momento, que se inicia com a publicação, em 1944, do livro de Von Neumann e Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behaviour* (VON NEUMANN e MORGENSTERN, 1944).

A extensão do uso de modelos para além da física pode sugerir uma investigação de caráter filosófico, partindo da discussão sobre as conseqüências de se considerar a invenção de modelos como a principal atividade da ciência. Para além da questão de saber a partir de quando e como os modelos foram usados na ciência, também pode ser interessante analisar quando, como e com que objetivo a filosofia da ciência começou a enfatizar o papel dos modelos. Tornou-se muito comum, a partir dos anos 1950, caracterizar o conhecimento científico como um saber baseado em modelos. Mas este modo de descrever o fazer científico pressupõe que os fatos observados, explicados pelo modelo, estão em uma posição neutra: eles são dados como tais, e estão fora do alcance de qualquer intervenção humana, uma vez que esta intervenção se inicia somente com a construção do modelo.

Na definição de Hesse, um modelo é: “qualquer sistema, seja ele construtível, retratável, imaginável, ou nenhum destes, que possua a característica de tornar uma teoria preditível” (HESSE, 1966, p. 19). Ou seja, o importante é que se possa prever o fenômeno. O cientista intervém na construção do modelo, mas não no fato observado, que pode ser previsto por meio do modelo. Está em jogo aqui, ainda que de modo implícito, a clássica divisão entre natureza e cultura, na qual a primeira é opaca ao entendimento direto e necessita do intermédio da segunda. A concepção da ciência como um confronto entre

⁶ Este texto foi escrito inicialmente em 1901 para a conferência inaugural da Universidade de Roma. Em seguida, ele foi publicado no *Giornale degli Economisti*, v. xxiii, 1901, p.436-458; no *Annuario della Università di Roma*, 1901-1902, p. 3-28; em Paris na *Revue Du Mois*, (cf VOLTERRA, 1906); no *Archivio di Fisiologia*, v.iii, 1906, p.175-191; e em *Saggi scientifici*, 1920, p.1-33.

modelos matemáticos e realidade empírica pode ser vista como uma reedição da oposição ideológica entre realidade e pensamento, entre fatos e leis, entre natureza e cultura.

Mas desde os trabalhos de Bachelard e Canguilhem, até os mais atuais de Bruno Latour, o fato experimental é considerado um artefato, ou seja, uma construção humana que pressupõe o desejo de obter um certo tipo de entendimento sobre a natureza. A realidade não é inacessível, ela é uma produção do pensamento – também presente no trabalho científico. Relegar o valor do trabalho científico ao valor do modelo implica que a atividade teórica não pode decidir por si mesma, pois é sempre mediada pelo uso de modelos, uma vez que a realidade é inacessível. Um modelo seria, assim, um objeto artificial que explicaria os fatos empíricos e o melhor modelo seria aquele capaz de dar conta dos fatos, de acordo com o testemunho da verificação empírica.

Esta visão pressupõe uma ciência que não se ocupa, ao menos em aparência, com a transformação da realidade, mas somente com a sua descrição. Quanto mais imitativos os modelos, mais plausível a descrição que fabricam da natureza. Levi-Strauss (1958) se refere ao livro de Von Neumann e Morgenstern como um dos principais a defender este ponto de vista a partir dos anos 1940. Para postular um novo uso da matemática na economia, eles afirmam que os modelos devem ser similares à realidade, naqueles aspectos que são essenciais para a investigação que está sendo feita. Levi-Strauss mostra que a analogia externa e a simulação são trazidas à cena para reduzir a distância entre a opacidade dos fatos e a atividade construtiva dos modelos. Uma consequência desta operação está em apagar a realidade da ciência como um processo de produção de conhecimento, um processo que não opõe a preexistência do real a entidades abstratas, mas fornece demonstrações internas a uma realidade material específica. Estas demonstrações podem ser, portanto, historicizadas.

Seria interessante investigar, em uma análise dos modelos econômicos no século XX, como a necessidade atemporal de um certo tipo de economia intervém na construção de modelos matemáticos.

Nos últimos anos, ao contrário da visão dominante de que a teoria domina a ciência, diversos historiadores e filósofos da ciência têm investigado o papel da experiência. O famoso livro de Peter Galison (1987) mostra que as práticas experimentais persistem e permanecem importantes mesmo após grandes mudanças na teoria. Há, portanto, uma espécie de continuidade experimental nas transformações conceituais; tradições experimentais que persistem às mudanças teóricas. Galison dá exemplos de alguns experimentos que tiveram este papel, com o objetivo de mostrar que a prática experimental possui uma vida própria. Logo, não podemos negligenciar uma investigação fina sobre o modo como a teoria interage com os experimentos. Os experimentos oferecem, deste ponto de vista, um campo de possibilidades que, de certo modo, molda a teoria que pode surgir de suas práticas. Analisar a influência desta nova concepção sobre a relação entre teoria e experiência no modo como os modelos são tematizados seria mais uma via promissora para a pesquisa histórica.

Como já deve ter ficado claro, o tom deste artigo é programático, e não conclusivo. Não temos respostas, mas pretendemos contribuir para o modo como as perguntas são feitas e para esclarecer os desafios que devemos enfrentar se quisermos fazer uma história da noção de modelo.

Referências Bibliográficas

- DARRIGOL, O. *Eletrodinamics from Ampère to Einstein*. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- DUHEM, P. *La théorie physique: son objet et sa structure*. Paris: Chevalier et Rivière, 1906.
- DUHEM, P. A Escola inglesa e as teorias físicas (tradução de Pablo Ruben Mariconda). *Ciência e Filosofia*, 4, p. 63-84, 1989.
- DYCK, W. *Katalog Mathematischer und Mathematisch Physikalischer Modelle, Apparate, und Instrumente*. C. Wolf & Sohn, 1892. Reedição: Hildesheim, Zürich, New York: George Olms Verlag, 1994.
- GALISON, P. *How Experiments End*. Chicago/London: The University of Chicago Press, 1987.
- HESSE, M. *Models and analogies in science*. Notre Dame: University of Notre Dame Press, 1966.
- ISRAEL, G. *La mathématisation du réel*. Paris: Éditions du Seuil, 1996.
- LEVY-LEBLOND, J.-M. Physique et mathématiques. In *Penser les mathématiques*, Paris: Seuil, 1982.
- LEVI-STRAUSS, C. *Anthropologie structurale*. Paris, Plon, 1958.
- VON NEUMANN, J. e MORGENSTERN, O. *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton: Princeton University Press, 1944.
- VOLTERRA, V. Les mathématiques dans les sciences biologiques et sociales. *La revue du mois*, I, p. 1-20, 1906.
- WARWICK, A. *Masters of Theory – Cambridge and the Rise of Mathematical Physics*. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2003.
- ZERNER, M. The mathematical model: epistemological tool or ideological notion? In E. Neuenschwander et L. Bouquiaux (dir.) *Science, Philosophy and Music*, Proceedings of the XXth International Congress of History of Science, volume XX, Turnhout, Brepols, p.9-14, 2002.

Tatiana Roque
Instituto de Matemática
Universidade Federal do Rio de Janeiro
IM-UFRJ
Brasil
E-mail: tati@im.ufrj.br