

Transformando o abstrato em concreto: As raízes históricas da modelagem econômica

Arthur Brackmann Netto¹

Resumo

O termo “modelo econômico” é corriqueiro no pensamento econômico contemporâneo. Usualmente se refere a uma analogia entre uma estrutura abstrata e a realidade. Entretanto, essa conotação nem sempre existiu. A inserção do termo em sua forma atual no pensamento econômico aconteceu apenas após 1930. Até esse período, um “modelo” precisava ter uma relação com um objeto concreto ou uma teoria física. Dessa forma, na economia, argumentações puramente matemáticas ou sem relação com teorias e objetos físicos eram esquemas, sistemas e/ou diagramas. Assim, sugere-se que a conotação atual do termo surgiu na década de 1930 de duas maneiras distintas: uma indutiva e outra dedutiva. A axiomatização de Hilbert encaixou-se com a dedução econômica do século XIX e encontrou nos avanços teóricos da estatística a base para desenvolver-se. Assim, em 1945 surge o modelo de Von Neumann, exemplar de modelo dedutivo. Já a matemática de Volterra se soma às ideias indutivas por meio de avanços institucionais e práticos da estatística. Com base nesses avanços, em 1935, Tinbergen pôde criar um modelo de ciclos econômicos, exemplar indutivo de modelo. Os dois modelos são histórica e metodologicamente distintos. Porém, guardam uma importante semelhança: ambos definem o período em que a economia se transforma em cientificamente concreta.

Palavras-Chave: modelo; indução; dedução; Tinbergen; Von Neumann

Classificação JEL: B10; B20; B23; B31

Transforming the abstract into concrete: The methodological roots of economic modeling

Abstract

The term “economic model” is common in modern economic thought. Usually it refers to an analogy between an abstract structure and reality. However, this connotation has not always existed. The term has been inserted in its current form only after 1930. Until this period, a “model” needed to have a relation with a concrete object or a physical theory. Therefore, in economic thought, pure mathematical arguments without these relations were schemes, systems and/or diagrams. Then, the present work suggests that the term’s modern connotation has emerged from two distinct ways: one inductive and another deductive. Hilbert’s axiomatization linked with nineteenth century’s economic deduction, and found in statistics’ theoretical advances base to develop. Hence, in 1945, emerged Von Neumann’s model - a deductive exemplar of economic modeling. On the other hand, Volterra’s mathematic linked to economic inductive ideas through institutional and practical advances in statistics. Based on this, in 1935, Tinbergen could create an economic cycle model - an inductive exemplar of economic modeling. As a result, both models are historically and methodologically distinct. However, they have an important similarity: both define the period when economy transforms itself into scientific concrete.

Palavras-Chave: model; induction; deduction; Tinbergen; Von Neumann

Classificação JEL: B10; B20; B23; B31

Área ANPEC: Área 1 - História do Pensamento Econômico e Metodologia

¹ Bolsista de mestrado CNPq no programa de pós-graduação em economia, ênfase em economia do desenvolvimento, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: arthurbnetto@gmail.com

1) Introdução

Modelos são, possivelmente, uma das únicas unanimidades no pensamento econômico. De marxistas à neoclássicos, de keynesianos à schumpeterianos, todos usam, já usaram, ou entendem o que é usar um modelo. De certo modo, entender um modelo é um pré-requisito do pensamento econômico contemporâneo. Entretanto, “modelos econômicos” nem sempre existiram. Aliás, modelos na economia são relativamente jovens em sua existência.

A inserção do termo em sua forma atual no pensamento econômico aconteceu apenas após 1930. Até esse período, modelos tinham uma estrita relação com a física. Com isso, um modelo precisava ter uma relação com um objeto concreto ou uma teoria física. Desse modo, nas ciências naturais, o termo era mais comum, mas, nas ciências sociais, não.

Na economia, argumentações puramente matemáticas ou sem relação com teorias e objetos físicos eram esquemas, sistemas e/ou diagramas. Dessa forma, modelos para que trabalhos econômicos recebessem a nomenclatura “modelo” deviam se relacionar de algum modo com a física. Assim, trabalho como o de Frisch (1933), que comparava os ciclos econômicos com o movimento do pêndulo; ou trabalhos como o de Williams (1934), que propunha a construção de um pequeno objeto de cartolina para representar uma função de produção, eram exceções entendidas como “modelos econômicos”.

Hoje não é necessário que uma função de utilidade seja construída com um pedaço de cartolina ou que a equação de investimento se comporte como um pêndulo para que receba o nome de modelo. Mas como um termo com o uso restrito para analogias com a física adquiriu seu formato atual no pensamento econômico?

Uma breve análise da história da inserção do termo na economia pode esclarecer essas questões. Deste modo, para encontrar algumas respostas, o presente artigo estrutura-se da seguinte maneira. Primeiro, observa-se a economia política um século antes do uso dos modelos abstratos com o objetivo de demonstrar as discussões metodológicas do período, e como essas serviram de base para a mudança metodológica em direção à modelagem atual. Na sequência, faz-se uma breve discussão sobre a crise da matemática nesse mesmo período e sua divisão em duas imagens distintas, as quais causam diversos impactos na evolução da metodologia do pensamento econômico. Após essas duas primeiras seções seguem mais duas com o objetivo de demonstrar como as imagens da matemática e as discussões metodológicas criam duas vertentes de modelos distintas. Desse modo, na quarta seção, observa-se o desenvolvimento da matematização do método indutivo até a cunhagem do termo modelo nas teorias dos ciclos econômicos. Já na seção cinco, analisa-se a evolução da matemática axiomática e sua relação com o método dedutivo até a conscientização da modelagem nos trabalhos de Von Neumann. Por fim, na sexta e última seção, algumas considerações finais são apresentadas.

2) A hegemonia dedutiva da economia política

O século XIX marca o início da profissionalização da economia, processo que ocorreu em meio a tensões metodológicas, destacadamente a tensão entre *indutivistas* e *dedutivistas*. Segundo Schabas (2005), o período demarca o início da *desnaturalização* da economia política. O pensamento econômico anterior a 1830 era comumente associado à natureza, e a economia se tratava apenas de mais um aspecto desta. O *homo economicus*, como os demais animais, era um ser de paixões, cujas motivações eram governadas pela natureza. As leis naturais eram as mesmas leis que regiam a economia e a racionalidade destas não residia nos indivíduos. “For the eighteenth century economists, economic regularity stemmed, not from the uniformity of individual reason, but from the cohesive nature of human groupings in conjunction with nature” (Schabas

2005). Deste modo, a economia seguia em boa parte o método indutivo das ciências naturais, como acontecia na avaliação de qualquer outro fenômeno natural. Assim, procurava se assemelhar metodologicamente à mecânica clássica de Newton.

John Stuart Mill tem papel importante no processo de transição de foco, que transfere a visão dos economistas dos fenômenos naturais para os indivíduos. A centralidade da natureza na economia começa a ser revista com a inserção do conceito de utilidade e com as defesas da individualidade e da liberdade. Com estes, Mill dá ênfase à ação humana e distingue os indivíduos dos demais animais. Assim, a liberdade e a individualidade deviam ser defendidas, dado que são “the only source of any real progress, and of most of the qualities which make the human race much superior to any herd of animals” (Mill 1871, p. 444). O controle humano sobre as forças da natureza estava na raiz desse progresso: “Of the features which characterize this progressive economical movement of civilized nations, that which first excites attention, through its intimate connexion with the phenomena of Production, is the perpetual, and so far as human foresight can extend, the unlimited, growth of man’s power over nature.” (Mill 1871, p 235)

Ainda assim, sua obra é apenas um ponto inicial na *desnaturalização* da economia. Como afirma Schabas (2005): “In many respects, Mill may be viewed as putting the capstone on the classical theory of political economy. But, in certain fundamental respects, he ushered in our current conception of a denaturalized economic realm”. Segundo Schabas (2005), o indivíduo ainda não se sobressaía totalmente devido à influência dos autores tradicionais no pensamento de Mill, que impediam uma “revolução” definitiva. De qualquer forma, o relevante é que a semente de um novo pensamento econômico estava plantada. A economia entrava em um novo domínio - o da mente humana -, deixando para trás a natureza e suas leis. “This was a Sharp contrast to political economy before 1830, where reason was subordinate to the passions. In the classical theory, the individual mind did not make choices that determined the pricing and distribution of economic goods.” (Schabas 2005, p. 140)

Do ponto de vista metodológico, deve-se observar que a conquista dos agentes econômicos de uma natureza própria e racional tornou-os mais complexos e, em certo sentido, levou a uma dificuldade de aplicação do método das ciências naturais na economia. Como identificado por Hausmann (1992), uma vez que o ambiente social se apresentou de forma mais complexa, os economistas políticos passaram a procurar pela existência de “genuine universal laws of human nature” como base para seus pensamentos econômicos. Estas leis eram afirmações psicológicas formuladas de forma introspectiva e serviam de fundamento para posteriores deduções. Para Blaug (1980), as leis apareciam em Mill da seguinte maneira: “we should not take the whole man as he is, staking our claim on correctly predicting how he will actually behave in economic affairs. [...] What Mill says is that we shall abstract certain economic motives, namely, those of maximizing wealth subject to the constraints of a subsistence income and the desire for leisure...” (Blaug 1980, p. 56).

Mill acreditava que as leis psicológicas eram leis fundamentais irredutíveis, o que as caracterizava como um conhecimento universal básico para qualquer afirmação econômica. Assim, as “genuine universal laws of human nature” eram fundamentos sólidos “a priori” que serviam como base para dedução de leis econômicas. Em razão disso, Mill, inclusive, nomeia seu método de “a priori”, como se partisse de conhecimentos verdadeiros independentes de qualquer evidência. Contrastava seu método com a visão “a posteriori”, que faz uso das observações. O exemplo do próprio Mill qualifica ambos os métodos:

“Suppose, for example, that the question were, whether absolute kings were likely to employ the powers of government for the welfare or for the oppression of their subjects. The practicals would endeavor to determine this question by a direct induction from the conduct of particular despotic monarchs, as testified by history. The theorists would refer the question to be decided by the test not solely of our experience of kings, but of our experience of men. They would contend that an observation of the tendencies which human nature has manifested in the variety of situations in which human beings have been placed, and especially observation of what passes in our own minds, warrants us in inferring that a human being in the situation of a despotic king Will make a bad use of power; and that this conclusion would lose nothing of its certainty even if absolute kings had never existed, or if history furnished us with no information of the manner in which they had conducted themselves. The first of these methods is a method of induction, merely; the last a mixed method of induction and ratiocination. The first may be called the method *à posteriori*; the latter, the method *à priori*.” (Mill 1844, p. 109)

Assim, “os práticos” viam nas observações a capacidade de fazer generalizações. Já “os teóricos” viam a necessidade de realizar abstração e introspecção, criando premissas, e, posteriormente, uma dedução. O método “*a posteriori*”, dessa forma, era descartado pelos teóricos devido ao entendimento complexo e psicológico da realidade social. “And here only it is that an element of uncertainty enters into the process— an uncertainty inherent in the nature of these complex phenomena, and arising from the impossibility of being quite sure that all the circumstances of the particular case are known to us sufficiently in detail, and that our attention is not unduly diverted from any of them” (Mill 1844, p. 115). Deste modo, observavam a existência de uma grande quantidade de causas presentes em um mesmo fenômeno, sendo necessário abstrair aquelas essenciais por meio de uma análise introspectiva das “genuine universal laws of human nature”, e não pela análise das evidências. Assim, o método *a priori*, nada mais é que um método dedutivo formulado com base em premissas *ceteris paribus*.

Desse modo, uma observação apenas pode demonstrar se as “genuine universal laws of human nature” se confirmam ou não, ou seja, se as condições *ceteris paribus* se verificam. Assim, quando a teoria não se confirma, a causa é a não verificação das premissas e não um erro de dedução. Elementos extras impedem que as premissas se verifiquem e, por conseguinte, impedem que a lei econômica se confirme. No mesmo sentido, pode-se entender que os elementos constantes das restrições *ceteris paribus* não se mantiveram constantes. Como coloca Reiss (2013), as leis determinadas com essas restrições são leis tendenciais, uma vez que descrever uma tendência é descrever um evento na ausência de efeitos perturbadores. Entretanto, na realidade é, geralmente, impossível que esses casos ideais - sem perturbações - existam, o que impossibilita qualquer refutação das deduções pela via da observação.

Nesse sentido, Hausmann (1992) afirma que as generalizações da economia política de Mill são inexatas. Suas afirmações são verdadeiras apenas no abstrato, ou nos casos concretos em que não se observam interferências. Para Blaug (1980), isto caracteriza uma ciência de caráter apenas “verificacionista” e não “falsificacionista”. As evidências não são relevantes para a reavaliação dos postulados. Deste modo, o método *a priori* de

Mill é defensivo e garante proteção contra todos os tipos de ataque. Então, Blaug (1980) coloca:

“Over and over again, in Senior, in Mill, in Cairnes, and even in Jevons, we have found the notion that “verification” is not a testing of economic theories to see whether they are true or false, but only a method of establishing the boundaries of application of theories deemed to be obviously true: one verifies in order to discover whether “disturbing causes” can account for the discrepancies between stubborn facts and theoretically valid reasons; if they do, the theory has been wrongly applied, but the theory itself is still true. The question of whether there is any way of showing a logically consistent theory to be false is never even contemplated.” (Blaug 1980, p. 71 - 72)

A dedução de Mill nas visões de Hausmann (1992) e Blaug (1980), portanto, era irrefutável, o que pode ser um fator que lhe garantia hegemonia metodológica dentro do pensamento econômico. Por outro lado, Hollander (1985) coloca em questão a centralidade da verificação para a reavaliação da teoria no método *a priori*. Em seu entendimento, a verificação tem um papel de destaque na reestruturação da teoria. Desse modo, a observação de dados distintos dos propostos *a priori* causaria uma revisão das afirmações teóricas para o autor. De Marchi (1972), porém, reconhece que existe na obra de Mill uma ampla discussão sobre o papel da verificação, entretanto essa não é sobre o “*business of science*” – a teoria realizada com método *a priori* –, mas, sim, somente sobre a aplicação da teoria. De Marchi (1972), assim, destaca que, para Mill, havia uma distinção entre a teoria e a prática, de forma que qualquer avaliação empírica realizada na segunda tinha pouca ou nenhuma probabilidade de alterar as leis gerais propostas pela primeira.

A partir deste debate, porém, é possível notar que a observação não era ignorada pelo método dedutivo, e que na pior das hipóteses apenas tinha caráter dispensável. Neste sentido, De Marchi (1974) afirma que a obra de Mill alcançou sucesso devido a sua capacidade de sintetizar e esclarecer certos aspectos relacionados ao método dedutivista, bem como devido a sua eficiência em apresentar um papel – prático - para os métodos *indutivistas*.

Além disso, é interessante notar, segundo Hausmann (1992), que para Mill “induction and deduction are *not* contraries. What is opposed to deduction is experimentation. Deductive justification is ultimately inductive! The evidence that supports (inductively) the premise of a deductive argument is the (inductive) basis for one’s belief in the argument’s conclusions” (Hausmann 1992, p. 143). O método *a priori* apenas afirma que as leis da economia devem ser obtidas por meio de dedução. Já as premissas são formuladas com base em introspecção, logo, podem ocorrer indutivamente. Os economistas políticos indutivistas, porém, viam na indução o caminho para descobrir as leis econômicas e não apenas as “genuine universal laws of human nature”.

Desse modo, na realidade, Mill ao distinguir entre leis teóricas e leis práticas, está apenas afirmando que as primeiras são formuladas com base na psicologia, diferentemente das demais. Como em sua visão o pensamento econômico não existe sem um embasamento psicológico, as leis práticas têm pouca importância como forma de explicação, ainda que possam existir. Assim, a nova economia desnaturalizada só pode existir na presença de um método dedutivo que tenha a psicologia como fundamento básico. Nesse sentido, o método indutivo presente nas ciências naturais do século XIX – especialmente na forma da mecânica clássica de Newton - não tem embasamento psicológico e não pode responder pelos problemas sociais da economia.

Dessa forma, o método dedutivo é hegemônico na economia como resultado: primeiro, de sua irrefutabilidade; segundo, da nova forma psicológica de entender a economia. A indução era vista como um método válido apenas para as ciências naturais. Desse modo, tanto Cairnes, quanto Mill, por exemplo, observavam qualidades em uma argumentação matemática e indutiva em outras ciências (Schabas 1985). Todavia, essas qualidades eram frequentemente ligadas ao entendimento da elevada qualificação dos dados presentes nas outras ciências. De acordo com Mill, devido ao caráter abstrato da psicologia, os dados das ciências sociais não eram igualmente aptos. Consequentemente, a indução era desqualificada.

3) A matemática nas ciências sociais e a ascensão de duas imagens da matemática

Segundo Weintraub (2002), utilizando a distinção entre imagem e corpo matemáticos proposta por Corry (1996), foram as mudanças nas imagens matemáticas que tiveram maior influência no método da economia política e, posteriormente, da economia. Neste sentido, não foram necessariamente as inovações de teoremas ou definições matemáticas que impactaram o pensamento econômico. Foram, na realidade, as alterações naquilo que a matemática entendia como provas cabíveis, como rigor e como a própria matemática deveria evoluir.

A matemática, em geral, sempre apresentou diversas imagens. Conforme Martins (2012), “since the modern age started there has been a tension between a Cartesian approach to mathematics, and a Newtonian approach to mathematics” (Martins 2012, p. 15). A primeira abordagem é baseada na geometria e a segunda na álgebra. Uma visão newtoniana vê na matemática um instrumento para mostrar a verdade, dado que a geometria se encaixaria melhor com a natureza observada e ambas se complementariam. Já do ponto de vista cartesiano, a matemática é uma ferramenta abstrata, a qual realiza funções imateriais, de forma que possibilita o avanço da matemática em direção aos infinitos e provas autocontidas. Para Martins (2012), a economia se desenvolve de acordo apenas com a visão cartesiana, tornando-se uma ciência matemático-dedutiva com provas compreendidas apenas matematicamente.

Essa tese, entretanto, é peculiar dado que a matemática se consolidou como forma de pensamento através do método newtoniano, pelo menos em parte das ciências sociais enquanto análogas a ciências naturais. Esse, por sua vez, está na gênese de uma crise de fundamentos matemáticos que irrompeu no século XIX e que dividiu a matemática em pelo menos duas correntes: uma cartesiana e outra indutivista. Assim, por mais que a dedução de Mill fosse essencialmente não matemática, isso não significa que não houve desenvolvimentos matemáticos no pensamento econômico. Dessa forma, é provável que qualquer desenvolvimento matemático dentro da economia tenha se aproveitado de ambas as imagens em detrimento de apenas uma.

Por essa perspectiva, é interessante retornar a Inglaterra da era vitoriana para observar como o método de Newton esteve ligado ao despertar de novas abordagens matemáticas e também como esteve conectado à disseminação da matemática às demais ciências. Assim, Warwick (1998) salienta a importância do “Cambridge Tripos” na formação universitária britânica deste período. O Tripos consistia na avaliação realizada pela Universidade de Cambridge com o intuito de determinar os alunos aptos a obterem uma educação de grau superior. Teve início no início do século XVIII, ganhando importância com o passar dos anos.

O tempo não alterou apenas o nível de importância da prova, como também modificou suas exigências. Durante o século XVIII, o Tripos era realizado de forma oral. A baixa quantidade de pretendentes facilitava tal formato de questão, além de que reclamações de imparcialidade eram infrequentes. Porém, com o aumento de

candidatos, a realização de provas orais começou a se tornar inviável. Assim, gradualmente o teste foi adquirindo um formato em papel. Essa ação puramente simplificadora do ponto de vista da avaliação dos estudantes teve importantes impactos na formação dos futuros alunos (Warwick 1998).

A transição de provas orais para provas apresentadas em papel permitiu que o foco destas se alterasse de questões de caráter filosófico para questões de conteúdo técnico. Desta forma, a matemática que já era parte da educação de Cambridge se tornou essencial no Tripos. “[...] the discipline was especially well suited to a system that sought to discriminate between the performance of large numbers of well prepared students” (Warwick 1998, p. 299). A matemática requerida, entretanto, não era cartesiana. Pelo contrário, no Tripos era solicitada a matemática Newtoniana da forma mais minuciosa possível (Weintraub 2002)

O grau de detalhe cobrado era tão alto que obrigou uma mudança nas habilidades necessárias para triunfar no exame, bem como nas habilidades ensinadas na universidade. Progressivamente, o estudo da matemática newtoniana se tornou essencial para qualquer aluno buscando conhecimentos de nível superior. Da mesma forma, o estudo desta em papéis ascendeu rapidamente. Por volta de 1830, a prática de estudar detalhadamente matemática com papéis era tão comum na Inglaterra do período quanto na atualidade mundial. Assim, a partir do exemplo do Tripos aplicado em Cambridge, pode-se assumir que a matemática conquistava significativo espaço. Além disso, sua relação com a bem sucedida mecânica de Newton do século XVIII lhe garantia a suposta capacidade de desvendar a realidade. Com isso, a matemática não se limitou ao campo das ciências naturais, tanto pela sua crescente utilização, quanto pelo espectro explicativo. Weintraub (2002), então, afirma que no final do século XIX já circulava a ideia de uma economia política matematizada durante um tempo significativo. Entretanto, como observado a hegemonia metodológica era do método dedutivo não matemático.

De qualquer forma, foi a mecânica newtoniana e não a dedução cartesiana, dada a influência de Cambridge, que gerou maiores impactos no pensamento econômico britânico. Entretanto, o método de Newton era primordialmente voltado para as ciências naturais. Qualquer hipótese realizada para a formulação de uma lei deveria ser formada por observações de fenômenos naturais. Deste modo, segundo Blum (1976), qualquer suposição metafísica, não fenomenológica ou que tivesse sido falsificada por dados empíricos deveria ser excluída. Como observado, as mudanças que vinham ocorrendo na economia política se deviam justamente a individualização dos agentes econômicos e sua *desnaturalização*. Então, as relações entre os fenômenos naturais e o método newtoniano o tornavam incapaz de explicar os fenômenos sociais. Por conseguinte, uma imagem matemática newtoniana era contrastante com a nova economia política em ascensão.

Essa incapacidade explicativa do método de Newton, porém, não se restringiu ao campo da economia. A própria matemática passava por mudanças e descobrimentos próprios que colocavam a mecânica clássica em dúvida. Assim, o século XIX marcou o início de uma crise de fundamentos matemáticos. Segundo Weintraub (2002) três dificuldades se destacavam em favor de uma crise pós-método newtoniano: “1) the foundations of geometry, specifically the failures of euclidean geometry to domesticate the non-Euclidean geometries; 2) the failures of set theory made manifest through Georg Cantor’s new ideas on “infinity” and 3) paradoxes in the foundations of arithmetic and logic...” (Weintraub 2002, p. 10). Assim, a hegemonia dedutiva é também resultante da crise matemática. Porém, a resposta à crise tem a capacidade de alterar a ligação da matemática com a economia. A crise transformou a compreensão da

própria matemática sobre o que é entendido por rigor e formalização, e modificou sua relação com as outras ciências.

Assim, pelo menos duas imagens matemáticas se formaram. No final do século XIX, formou-se uma imagem baseada na modelagem física e na importância da mensuração e, no início do século XX, formou-se uma imagem autocontida estruturada pelo desenvolvimento de axiomas. A primeira transcorre de acordo com a evolução da estatística e da probabilidade, e ainda guarda algumas relações com o método newtoniano. A segunda desenvolve-se de acordo com a “axiomatização” resultante dos trabalhos de Hilbert, seguindo uma linha Cartesiana. Cada imagem desenvolveu-se de uma maneira distinta na economia, porém ambas consumaram-se na modelagem.

Neste ponto já se tem em conta que a economia se dividia em duas vertentes metodológicas no século XIX, uma indutiva e outra dedutiva. A segunda dominava o pensamento dos economistas políticos, porém a primeira já alcançava lugar nas discussões. O flerte com a matemática era maior por parte dos *indutivistas*, ainda assim os *dedutivistas* eventualmente faziam referências a essa. Já pelo lado da matemática, o século XIX marcou o início de uma crise em seus fundamentos e a dividiu em imagens distintas. Estas serão aprofundadas nas próximas seções em conjunto com os métodos da economia para analisar como a matemática se inseriu na economia e culminou na conscientização da modelagem.

4) Da indução aos ciclos econômicos: superando a hegemonia dedutiva

No final do século XIX, a crise da física e a incapacidade da mecânica newtoniana de responder aos novos problemas implicaram na tentativa de reconsolidação da matemática pela sua extensão para outros campos de estudo. Essa é a primeira imagem proposta por Weintraub (2002), que corresponde a um desenvolvimento matemático com ênfase principalmente na aplicação. Segundo Weintraub (2002), Vito Volterra foi o principal expoente desta imagem. Sua intenção era reconsolidar os fundamentos matemáticos com base na prática científica, baseando-se no aspecto experimental e no aumento da precisão dos conceitos mensuráveis. Para Volterra, o rigor matemático - e por conseguinte sua imagem - era totalmente relacionado com a capacidade da teoria de ser experimentada.

Volterra, porém não estava sozinho nesta visão. Sua imagem possuía semelhanças tanto com a imagem de Francis Ysidro Edgeworth quanto com a de Felix Klein. Os três partilhavam a ideia da necessidade de assemelhar as demais ciências com a física. Assim, quanto maior a similitude com os métodos físicos, melhor. Deste modo, para que uma ciência se tornasse equivalente à física, seriam necessárias boas formas de mensurar os conceitos-chaves de cada teoria, como acontecia com os fenômenos da mecânica clássica. “For Volterra, as for Klein, the need in a field like economics was for measurement. For Volterra, as for Edgeworth, concepts had to be developed that would allow exact calculations, for that was the route to a mathematical science like the physics that was the paradigmatic mathematical science” (Weintraub 2002, p. 34).

É curioso, apenas, que a crise matemática tinha relação em parte com a incapacidade desta de mensurar a “nova” realidade. As teorias de Einstein e Planck que ascendiam indicavam que a física e sua matemática já não possuíam mais a capacidade de medir seus próprios conceitos essenciais. Ainda assim, talvez com o objetivo de esconder suas próprias falhas, por um breve período floresceu essa imagem matemática que via na própria experimentação newtoniana estendida para novas ciências o caminho para a redenção. Pelo lado da economia, como observado, havia uma hegemonia dedutiva, de forma que a indução tinha caráter secundário. Portanto, como foi possível que essa fugaz imagem matemática e a inferior indução econômica se sobressaíssem à hegemônica dedução não matemática?

Para que tal imagem se consolidasse na economia eram necessários dados confiáveis. A mensuração dos eventos sociais deveria se assemelhar a mensuração dos fenômenos físicos. Assim, o ponto de conexão entre a indução e a imagem de Volterra é a estatística. De fato, segundo Porter (2001), essa ascendeu rapidamente a partir do século XVIII com a formação e centralização dos estados. Durante esse período, a mensuração de populações e diversos tipos de riqueza se tornaram gradativamente mais comuns com a necessidade dos estados de obter dados sobre seus desempenhos. Além disso, os avanços da teoria de Newton durante o século XVIII eram acompanhados na prática pela melhora dos meios de mensuração dos fenômenos físicos. Com a chegada do século XIX, a estatística já era um campo razoavelmente consolidado.

Similarmente, do ponto de vista institucional, a estatística crescia rapidamente nos grandes centros urbanos. Na Inglaterra de Mill e Marshall, por exemplo, foram criadas entre 1830 e 1840 tanto a seção F da “British association for the advancement of science” – seção voltada exclusivamente para estatística e economia – quanto a “Statistical Society of London” (mais tarde conhecida como “Royal Statistical Society”) (Maas 2014). Entre os fundadores de ambas as organizações, William Whewell esteve em destaque. Assim, é uma figura importante no desenvolvimento estatístico da economia e se torna interessante observar um pouco de suas ideias para entender as relações entre economia, indução e matemática.

William Whewell, autor de *History of the inductive sciences* e *Philosophy of the inductive sciences*, pode ser considerado um dos principais antagonistas do método dedutivista de Mill. Obviamente, Whewell representava o método indutivo. Whewell ia além de uma indução newtoniana, pois entendia que as hipóteses podiam ser formuladas além da observação dos fenômenos naturais (Blum 1976). Isso acontece, pois entendia que os fatos eram formulados pelas observações em conjunto com a percepção e experiência e não eram dados apenas de forma divina – como Newton acreditava (Losee 2000). Johnson (2011) salienta que o método indutivo de Whewell consiste em quatro partes: “(i) the decomposition of facts, (ii) the explication of concepts, (iii) the colligation of facts, and (iv) the verification of the resulting proposition” (Johnson 2011, p. 400). Assim, uma teoria para Whewell estava relacionada com os fatos tanto no início quanto no final do processo.

Como observado, Mill entendia que suas hipóteses eram, ou pelo menos podiam ser, formuladas indutivamente. Porém, a partir destas, o método se tornava dedutivo e a realidade das leis econômicas tornava-se apenas uma questão lógica. A verificação correspondia apenas a parte prática e teria pouca ou nenhuma capacidade de alterar as leis. Para Whewell, as premissas são formadas da mesma forma, mas sua relação se dá via uma “conciliação indutiva” – e não por dedução. Essa conciliação acontece por meio da capacidade imaginativa do cientista e quando formulada corresponde a uma nova hipótese indutiva que deve ser confirmada pela observação. Ou seja, como a indução é realizada por meio da generalização a partir de observações, a conciliação deveria ser igualmente respaldada por suas respectivas observações. Whewell, portanto, via a soma de hipóteses indutivas como sendo uma nova indução. A observação, por esse ponto de vista, possuía caráter essencial na formulação das leis econômicas. A indução de Whewell estava em sintonia com a imagem matemática de Volterra, Edgeworth e Klein que ascendia no final século XIX, bem como com a consolidação da estatística como instrumento de mensuração de dados econômicos.

Assim, existia uma clara harmonia entre as propostas indutivistas do século XIX e a nova imagem da matemática que ascendia no final desse mesmo século. O elo que permitiu a ligação entre ambos foi a estatística que crescia institucional e praticamente. Porém, qual a relação entre matemática, estatística, indução e modelos econômicos?

Como coloca Boumans (2005) na física o termo modelo era recorrentemente utilizado para caracterizar analogias matemáticas com objetos físicos concretos. Não existiam modelos em sentido totalmente abstrato ou matemático. Portanto, não existiam modelos na economia, tanto no que diz respeito ao método dedutivo quanto no que diz respeito ao método indutivo.

Porém, a sintonia entre a nova imagem matemática e indução permitia que a experimentação da física representasse um ideal para as ciências sociais. Deste modo, reduzem-se as diferenças entre a física e as outras ciências, de forma que a ponte entre ciências sociais e naturais podia ser cruzada. Dessa forma, o termo modelo se aproximava da economia, mas ainda não era utilizado. Além disso, essa mesma harmonia permitia que cientistas das ciências naturais se sentissem atraídos pela economia.

Neste sentido, um caso classicamente citado é o de William Stanley Jevons. Esse teria tido seu treinamento por volta de 1850 em matemática e ciências naturais – mais especificamente química – e nos anos subsequentes se voltou para o estudo da economia política. Jevons é tido como um dos precursores do Marginalismo, ou até mesmo seu fundador. Tal título resulta de sua nova abordagem que surgiu em união com as mudanças de método da economia política. Para Jevons, a universalidade de uma linguagem matemática era vista como uma vantagem e permitia uma melhor fundamentação lógica.

Jevons é parte de uma geração de cientistas com treinamento newtoniano que conviveu com tensões da crise matemática. Assim, ainda que a crise tenha se consolidado apenas no século XX, no final do século XIX a mecânica clássica já demonstrava sinais de desgaste. Desse modo, Jevons teve a oportunidade de cruzar a fronteira das ciências naturais e sociais e desenvolver pensamentos na área da economia. Além disso, conviveu com a ascensão institucional, prática e teórica da estatística. Inclusive, é interessante salientar que Jevons participou ativamente em uma destas instituições: a “Manchester Statistical Society”.

Portanto, o pensamento de Jevons é, em alto grau, a consumação da união entre a nova imagem matemática, a indução e a estatística. Isto pode ser visto, por exemplo, em seu trabalho sobre a queda do valor do ouro, “*A serious fall in the Value of Gold*”. Neste, Jevons construiu e aplicou a ideia de um índice de preços, utilizando a média de variações de preços de diversos produtos. Sua argumentação foi bastante convincente e contou com a coleta de dados e sua manipulação gráfica como meio essencial de persuasão (Maas 2014; Peart 1993). Assim, uniu matemática e indução por meio da média estatística para formular sua argumentação.

Porém, quando Jevons apresentou seus trabalhos estatísticos estes não eram novidade. Klein (2001) ressalta que no início do século XIX William Playfair apresentou um extenso trabalho contando com apresentações gráficas. Os dados utilizados eram de fontes duvidosas posto que as instituições estatísticas viriam a se consolidar anos mais tarde. Ainda assim, a argumentação gráfica já circulava no meio acadêmico, e até mesmo como forma de persuasão popular, desde os primórdios do século XIX. Além disso, com a consolidação das instituições, a apresentação de gráficos e tabelas necessariamente se tornou mais comum (Klein 2001).

Clavin (2014) aponta que os desenvolvimentos gráficos estavam associados à intenção de facilitar o entendimento de argumentos matemáticos. A estatística permitia a mensuração de elementos cada vez mais abstratos e a apresentação gráfica permitia que estes fossem mais facilmente entendidos. Porém, indiferente da intenção por trás do surgimento das apresentações gráficas, Clavin (2014), chama atenção para um fato importante: o aumento na manipulação dos dados rapidamente se tornou um

instrumento de suposto poder de previsão. “If history could be visualized up to the present, the next step would be to ‘map’ a comparable future...” (Clavin 2014, p. 95).

Essa aspiração, também, se manifesta no pensamento de Jevons. Sua formação nas ciências naturais nunca foi totalmente esquecida. Jevons durante sua vida manteve interesse em diversos assuntos das ciências naturais, especialmente na meteorologia. No último quarto do século XIX, então, tentou unir seus interesses naturais com suas teorias sobre economia política. Para isso, tentou demonstrar que os ciclos econômicos eram causados pelo ciclo solar. Seu método foi essencialmente estatístico, contando com a análise diversos preços e sua relação com as alterações climáticas. Entretanto, sua proposta não foi muito bem sucedida por diversas razões mais profundamente abordadas por Morgan (1990). Contudo, cabe destacar que o caso de Jevons representa o crescente interesse nos ciclos e especialmente em sua previsão.

Morgan (1990) aponta ainda outras teorias de ciclos concomitantes ou subsequentes à de Jevons, tais como as de Juglar, Mitchell, Moore e Pearson. É interessante notar que essas ainda não eram modelos econômicos abstratos. O termo modelo ainda não era difundido e as teorias de ciclos geralmente eram referidas como esquemas. Desse modo, modelos continuavam sendo apenas analogias com objetos concretos. Porém, gradativamente a economia indutiva se assemelhava à física por meio da imagem de Volterra, Klein e Edgeworth e os novos instrumentos de mensuração.

Essa similitude culminou no estudo dos ciclos na forma que ficou conhecida como barômetros econômicos. Esses eram instrumentos que tinham como objetivo indicar as condições de produção e comércio assim como um barômetro indica a pressão do ar (Maas 2014). Desse modo, a economia finalmente era análoga à física, utilizando dados sociais da mesma forma que dados naturais eram usados. Assim, havia a esperança que o barômetro econômico tivesse a capacidade de prever os desenvolvimentos futuros da economia por meio das correlações temporais das diversas variáveis, como um barômetro auxiliava na previsão de pressões.

Jan Tinbergen foi responsável pelo andamento do projeto do barômetro holandês no segundo quarto do século XX. Assim como Jevons, Tinbergen teve sua formação nas ciências naturais. Foi discípulo de Paul Ehrenfest, com quem estudou física e mais tarde aplicou conceitos desta na economia. Tinbergen, porém, é de uma geração posterior à de Jevons e, portanto, não viveu apenas as tensões da matemática, mas a crise em si. Desse modo, seus desenvolvimentos recorreram fortemente à imagem matemática de Volterra e companheiros. Além disso, a estatística já era bastante desenvolvida quando Tinbergen se inseriu na prática econômica.

Como líder do projeto Holandês, Tinbergen notou que o barômetro não tinha fundamentação teórica e, como resultado, podia apenas apresentar correlações temporais sem nenhum significado causal. Com isso, Tinbergen obsejou a insensatez de tentar prever o futuro de seu país apenas com a estatística apresentada pelo instrumento. Portanto, o objetivo de Tinbergen foi transformar o barômetro em um instrumento apenas de registro de dados, tornando-o uma imagem que permitisse o estudo das leis econômicas e as relações de causalidade das variáveis. Com a versão do barômetro de Tinbergen “it was possible to follow precisely the causal connection that produced this effect (lag correlations), with the help of mathematical equations that had the same impact” (Mass 2014). Assim, o instrumento que antes tinha intenções preditivas se tornou um instrumento puramente descritivo que permitia encontrar explicações para os fenômenos econômicos.

Ainda assim, Tinbergen não perdeu de vista o objetivo de prever o futuro, apenas notou a incapacidade de um instrumento de mensuração realizar tal façanha. Então, “Tinbergen began to experiment with what he called ‘schemata’, ‘mathematical

machines' or 'models'" (Maas 2014, p. 49). Desta forma, finalmente, chega-se aos modelos econômicos. Em suas experimentações, segundo Boumans (2005), escreveu o artigo *Quantitative Fragen der Konjunkturpolitik* em 1935. "[This] was the first time an economist used the term model to denote a specific mathematical product of one's empirical research." Mas qual a diferença entre o trabalho de Tinbergen e as teorias de ciclos anteriores? Por que Tinbergen usou o termo modelo antes não utilizado?

Para Alberts (1994), a nova proposta de modelos matemáticos ia além das aplicações matemáticas anteriores, propondo mais que uma simples descrição das observações. De fato, a mera apresentação dos dados era realizada com sucesso pela estatística, porém existia uma falta de substância teórica e explicativa nesta. Com isso, a noção de modelagem matemática "not only conceptually superseded the notion of applied mathematics, but replaced it in many domains" (Alberts 1994, p. 300). Era uma nova forma de compreender a realidade social.

Nesse sentido, para Boumans (2005) existiu uma espécie de transição gradual das definições de modelos da matemática e da física para a economia. Na física do século XIX uma analogia abstrata estritamente matemática era chamado de esquema. Já o termo modelo era reservado para analogias matemáticas relacionadas com entidades materiais ou com teorias da física. Assim, Frisch (1933), por exemplo, utiliza a palavra modelo em um contexto econômico para comparar os ciclos com o movimento de um pêndulo, logo, realizando uma analogia com uma teoria física. Williams (1934), por sua vez, sugere a construção de um modelo de uma função de produção por meio da construção de um objeto de cartolina, de modo a realizar uma analogia matemática com uma entidade material.

Portanto, antes de Tinbergen, podia-se ter a relação entre economia e matemática com o nome de modelo, porém deveria existir uma conexão com uma entidade física nessas analogias. A falta de concretude e confiança nos dados econômicos implicava em uma necessidade de um objeto físico que estivesse relacionado com experimentação e mensurações confiáveis e que, assim, vinculasse a economia com uma ciência matematicamente válida. Com os avanços da estatística, a economia gradualmente adquire concretude suficiente para se desvincular desses objetos e ter suas próprias analogias matemáticas. Deste modo, a expressão modelo, como uma analogia somente entre matemática e economia, passa a ser utilizada à medida que se exclui a necessidade de uma entidade física no final das comparações, uma vez que as próprias evidências empíricas econômicas se tornam suficientemente confiáveis e concretas.

Por esse ângulo, a imagem matemática indutiva, proposta por Volterra e seus contemporâneos, bem como a crescente importância da estatística foram essenciais para a criação desses modelos econômicos. Mesmo desacreditadas, a indução econômica e a imagem indutiva da matemática foram capazes de suplantam a hegemonia da dedução. A nova imagem matemática implicava em sua aplicação em novos campos e a estatística criava uma base para essa aplicação na economia. A indução de Whewell foi o caminho mais natural para esse encontro. Deste modo, a economia alcançava status suficiente para se relacionar diretamente com a matemática através do uso da estatística.

Finalmente, então, tem-se a primeira versão de modelos econômicos abstratos. São modelos que seguem a tradição de Whewell e não existem sem a devida conexão com as evidências empíricas. Esses modelos matemáticos são testados à luz dos dados, sendo alterados de forma a se encaixar com a realidade observada. A verificação tem papel essencial e qualquer dedução deve ser afirmada pelos testes estatísticos, caso contrário, deve ser revista. Todavia, salienta-se que o uso da palavra modelo e a nova armadura matemática não diferem o método pós 1930 dos métodos indutivistas anteriores.

Aparentemente, era a falta de robustez das evidências econômicas que impedia uma conscientização da modelagem.

5) Da dedução aos axiomas: mantendo a hegemonia

A segunda imagem da matemática relevante para o surgimento dos modelos é a matemática dedutiva. Weintraub (2002) nomeia essa imagem de “formalista”, de forma que a visão indutivista recém abordada pode ser entendida como um contraponto “antiformalista”. A solução da crise pela qual passavam a matemática e a física estava longe de ocorrer pelas propostas indutivistas. Na realidade, a tentativa de direcionar os métodos físicos para outras ciências era uma forma de consolidar a matemática, escondendo seus defeitos. A intenção era fazer com que as preocupações se voltassem para as demais ciências e os problemas internos se tornassem secundários. Tendo em vista as imperfeições da própria matemática e inconsequência de repassar métodos duvidosos, surge uma vertente dentro da matemática que procura consolidá-la internamente.

Para esse objetivo, a possibilidade de separar a matemática da realidade e das observações torna-se uma necessidade. A matemática deveria tornar-se uma ferramenta totalmente independente. Porém, essa autonomia seria adquirida apenas com um entendimento de rigor distinto do proposto por uma visão indutiva. A matemática devia ela mesma prover a base de sustentação de suas provas. O rigor, portanto, resultaria de uma dedução lógica partida dos “axiomas” inerentes à matemática, sem nenhuma ligação com dados ou evidências, formando assim uma ciência lógica, autocontida, independente e dedutiva. O desenvolvimento da matemática nesta direção é em grande parte atribuído à David Hilbert.

A imagem dedutiva da matemática começa a se formar no início do século XX, com o progresso do que ficou conhecido como “axiomatização” ou “formalização”. Estes, por sua vez, são a tentativa de encontrar as bases primordiais ou fundamentais de uma teoria. Procura-se sucessivamente pelas derivações e provas de cada teorema até que não seja mais possível reduzi-las. Neste ponto, observa-se se os “axiomas” restantes são independentes e consistentes (Weintraub 2002). Segundo Weintraub (2002), independência “means that each axiom is neither derivable from, nor can be used to establish or prove, any other axiom” (Weintraub 2002, p. 87). Já consistência significa “that there is no contradiction to be produced in the theory by assuming the truth of the set of axioms, such that all members of the set are true under that interpretation or model, for if that case, then there is no logical contradiction that can arise, no theory based on those axioms Will contain an internal contradiction” (Weintraub 2002, p. 87).

Então, é interessante notar a diferenciação entre apresentação axiomática e método axiomático proposta por Mayer (2014). A primeira nada mais é que a apresentação de uma teoria por meio de colocações centrais, chamadas de axiomas. Já o método axiomático é a forma de melhorar a qualidade lógica de uma apresentação axiomática. Deste modo, teorias dedutivas são apresentadas com axiomas, porém estes axiomas precisam passar por uma verificação tanto de consistência quanto de independência.

Portanto, a “axiomatização” é a redução dos postulados as suas formas mais simples em busca de inconsistências lógicas na fundamentação das teorias. Esse método não é necessariamente realizado em linguagem matemática, ocorrendo também por linguagem lógica. O essencial é a intuição de reduzir a teoria a axiomas básicos. Logo, o processo possui características que lhe permitem ser estendido para outras ciências,

De acordo com essa concepção, Weintraub (2002) e Gloria-Palermo (2010) destacam que o programa de Hilbert se divide em dois principais caminhos. O primeiro era observar a consistência da aritmética, posto que essa era a base da geometria euclidiana. Entretanto, essa rota foi interrompida pelo prova de Godel (1931). Nesta foi

apresentada a impossibilidade de provar a consistência da aritmética, de forma que os esforços seriam em vão. Já o segundo caminho relacionava rigor e verdades científicas com o método axiomático. A prova de Godel (1931) não teve nenhum tipo de impacto nesta visão. Por conseguinte, esse era o percurso que deveria ser trilhado em outras ciências.

Assim, o primeiro objetivo foi abandonado, porém não o segundo. Deste modo, a maior parte dos esforços axiomáticos após 1930 foram no sentido de estender o método de Hilbert para outros ramos da matemática e de outras ciências. Contudo, essa dispersão para outros campos não tem a mesma fundamentação do método indutivo. A axiomatização deveria alcançar novos saberes para validar estes, enquanto o método indutivo matemático deveria atingir outros campos de pensamento para a própria validação da matemática. Do ponto de vista formalista, a matemática de Hilbert era a única ferramenta que permitia a descoberta da verdade.

Porém, na ordem temporal, aparentemente a indução se uniu à matemática de forma concreta – criando uma vertente de modelos - antes da dedução. Esse entendimento desponta por três principais motivos: (1) primeiro, pois a imagem axiomática se consolidou posteriormente a imagem de Volterra e seus companheiros. (2) Segundo, em resultado de o método dedutivo na economia ter pouco apreço pela matemática, o que gerava uma resistência a matematização. (3) Terceiro, pois o método de Newton era essencialmente indutivo e não dedutivo.

Entretanto, o segundo e o terceiro pontos são essencialmente peculiaridades inglesas. Relembrando a argumentação anterior, os dedutivistas apresentados eram essencialmente ingleses e o método de Newton teve destaque principalmente na Inglaterra através do Tripos. A Inglaterra era, sim, um grande – se não o principal e mais influente – centro de pensamento econômico no século XIX. Nesse sentido, a dedução era hegemônica. Entretanto, isso não significa que não existia economia ocorrendo em outros lugares. Assim como a mecânica de Newton foi relevante para os ingleses, a matemática cartesiana teve diversos desenvolvimentos no continente europeu. Esta, como observado, é uma linha dedutiva dentro da matemática.

Com isso, fora da Inglaterra também é possível encontrar alguma resistência aos métodos indutivo-estatísticos durante o século XIX. Esta ocorria de duas principais formas: ou descartava o raciocínio matemático totalmente - exatamente como nos casos de Mill e Cairnes; ou tentava desenvolver uma matemática cartesiana. Segundo Menard (1980), Say e Cournot representam estas duas atitudes perante a estatística, respectivamente. Say descartava a estatística, vendo-a como um simples instrumento de aquisição de dados e sem o mesmo poder explicativo da economia política e, portanto, representava no continente a vertente dedutivista não matemática. Já Cournot entendia a matemática como uma forma de explorar os casos extremos, porém ainda lhe faltavam elementos para que uma economia matemático-dedutiva florescesse definitivamente em seus trabalhos. (Menard 1980)

Ainda assim, observa-se que não havia uma incompatibilidade entre matemática e economia para Cournot. No mesmo sentido, Menard (1980) aponta a visão de Walras, para quem a argumentação matemática foi essencial. Interessantemente, a abordagem matemática de Walras não era totalmente incompatível com a dedução de Mill. Para Walras como para Mill existia uma clara distinção entre a economia pura e a economia aplicada. A primeira era dedutiva e lógica e não podia ser alterada por aplicações da segunda. Na visão de Walras, “the rationality of *homo economicus* had to do, not with the calculation of averages, but with behavioral psychology” (Menard 1980, p. 535). Dessa forma, tanto em Walras quanto em Mill, a economia era uma ciência dedutiva baseada em postulados psicológicos. A diferença entre as deduções dos autores

consistia no uso da matemática, de modo que Walras optava pelo uso de uma matemática cartesiana.

Entretanto, a matemática cartesiana dentro da economia e das ciências naturais era pouco relevante. Como observado, a matemática indutiva, baseada na mecânica clássica newtoniana, tinha maior importância nas ciências do século XIX e início do século XX. Além disso, a matemática cartesiana ainda não estava desenvolvida a ponto de permitir uma argumentação econômica puramente lógico-matemática, uma vez que não havia desenvolvido sua capacidade dedutiva totalmente, o que viria a acontecer com a matemática de Hilbert. Dessa forma, ainda não era possível apresentar os postulados psicológicos de forma persuasiva com a matemática.

Além disso, a apresentação da psicologia de modo matemático enfrentou ainda outro problema: faltava um elo que permitisse que os conceitos abstratos e introspectivos da psicologia pudessem ser tratados de forma matemática. Esse elo surgiria novamente em mudanças da estatística. Entretanto, diferente da melhora institucional e prática observada anteriormente, a conexão resultou nesse caso de uma inovação teórica. Até o final do século XIX existia apenas o conceito de mensuração de cardinal dentro da matemática. Uma visão cardinalista de mensuração vê a unidade de medida e a possibilidade de observar proporções entre os objetos mensuráveis como essenciais. Essa perspectiva está no âmago da indução, para a qual as variáveis quantitativas são centrais, assim como qualidade de suas medidas. Assim, sem romper totalmente com o entendimento cardinal, era inviável um desenvolvimento matemático-dedutivo completo da economia.

Desse modo, Moscati (2013) salienta que surgiu na matemática a ideia de mensuração ordinal no final do século XIX. Com essa, as proporções entre dois objetos não precisam ser quantitativamente identificadas. É preciso somente ordenar os objetos sem determinar valores específicos. Assim, a mensuração ordinal permite uma mensuração de objetos antes imensuráveis, especialmente objetos abstratos. Essa não torna estes objetos concretos de fato, mas possibilita tratá-los como se fossem. Desta forma, entre o final do século XIX e início do século XX, os trabalhos dedutivos começam a se embasar gradualmente neste novo conceito, mas eventualmente ainda recorriam a um entendimento cardinalista de mensuração. Assim, as abstrações psicológicas resultantes do processo de desnaturalização da economia - como as preferências, por exemplo - passam a poder ser representadas matematicamente.

A mensuração ordinal, na realidade, representa uma mudança na percepção dos conceitos psicológicos. Mesmo sem utilizar diretamente a inovação estatística, fica claro que esta permite uma nova forma de compreender as abstrações das ciências sociais. As introspecções psicológicas podem ser entendidas de forma lógico-matemática. Neste aspecto, o método axiomático de Hilbert encaixa-se perfeitamente com as aspirações psicológicas dos dedutivistas na economia. Os axiomas formulados pela matemática axiomática são completamente desprovidos de qualquer significado, são apenas representações abstratas na forma de símbolos e formas (Gloria-Palermo 2010). Deste modo, é possível tentar encaixar qualquer interpretação ao sistema formal. Ou seja, os axiomas são entidades lógicas neutras, que podem representar as características psicológicas matematizadas a partir da mensuração ordinal.

Então, sintetizando os principais fatores para o desenvolvimento do método matemático dedutivo na economia, tem-se pelo menos três fatores: o processo de *desnaturalização*, a ascensão do método axiomático e o surgimento da mensuração ordinal. A desnaturalização desencadeia argumentações psicológicas que encontram no surgimento da matemática de Hilbert e na inovação da mensuração ordinal uma forma de serem apresentadas matematicamente. Entretanto, diferente dos desenvolvimentos

indutivos, a relação com a física não é tão direta na evolução axiomática da economia. A intenção de Volterra era expandir o método de Newton para as demais ciências. Logo, criava uma relação direta entre as outras ciências e a física. Já a axiomatização era desvinculada da física e, portanto, não criava essa conexão direta. Desse modo, como os desenvolvimentos matemático-dedutivos adquirem uma consciência de modelo?

Neste sentido, ainda é necessário encontrar o elo entre modelagem e método dedutivo. Assim, Weintraub (2002) aponta como uma possível ligação os trabalhos de John Von Neumann. Von Neumann foi matemático e discípulo de Hilbert, de forma que seu trabalho era diretamente relacionado a axiomatização. Entre 1925 e 1932, por exemplo, enfrentou a difícil tarefa de aplicar o método axiomático à mecânica quântica. O conhecimento da matemática de Hilbert tido por Von Neumann era tanto que Weintraub o aponta como possível “herdeiro intelectual”. Em 1928, começou suas primeiras formulações da teoria dos jogos, que pode ser entendida como uma forma de estender o formalismo para outros ramos científicos.

Como matemático, Von Neumann abordava os problemas de uma forma distinta. O método axiomático permitia que criasse modelos puramente matemáticos a partir da redução à axiomas unicamente simbólicos desprovidos de significados. Com isso, era de certa forma simples inculcar interpretações distintas a um mesmo conjunto de axiomas. Assim, tendo em conta que suas formulações axiomáticas da mecânica quântica e de teoria dos jogos eram conjuntos de axiomas sem interpretações, é possível imaginar que um destes conjuntos tenha recebido em algum momento uma interpretação menos habitual: uma interpretação econômica. E realmente tal releitura aconteceu. Em 1945, uma nova interpretação do conjunto axiomático de sua teoria dos jogos ficou conhecido como “A Model of General Economic Equilibrium”, o primeiro modelo dedutivos e axiomático da economia (Von Neumann 1945).

Segundo Gloria-Palermo (2010), a história do modelo é mais extensa e complexa. Sua gênese se dá nos primeiros estudos de teoria dos jogos realizados por Von Neumann por volta de 1928. Porém, o artigo em si foi apresentado apenas no ano de 1931 em um seminário em Princeton sem alcançar muito sucesso. O maior interesse surgiu, então, em 1934 no seminário Karl Menger em Viena. A repercussão positiva fez com que em 1937 o artigo fosse publicado em alemão sob o título “Über Eines Okonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes”, ainda sem nenhuma alusão ao termo modelo. Por fim, apenas na sua tradução em 1945 para a revista *Review of Economics Studies* o artigo ganhou uma consciência e um nome de modelo econômico.

O modelo de Von Neumann teve que passar por um processo muito semelhante ao modelo de Tinbergen. A estrita relação entre analogias físicas e modelos era um empecilho para a utilização do termo em formulações puramente matemáticas tanto para os modelos indutivos quanto para os dedutivos. Com isso, foi necessário um passo adiante no sentido de aceitar a economia como concreta suficiente para que fosse realizada uma analogia puramente matemática. Nos modelos indutivos a concretização ocorreu pelos avanços institucionais e práticos da mensuração. Já na dedução, a inovação teórica da mensuração ordinal permitiu uma forma de apresentar matematicamente os postulados psicológicos dos dedutivistas.

Porém, isso não responde totalmente por que o trabalho de Von Neumann recebeu o título de modelo. Por mais que a mensuração ordinal torne os postulados psicológicos da economia matematicamente concretos, não há razão para utilizar o termo modelo, que no período era essencialmente usado na física. Ou seja, por que não manter em uso o termo esquema? Por que passar a utilizar o termo modelo? Duas razões podem ser apontadas para o uso do novo termo.

Um primeiro possível fator é apontado por Mirowski (1989). Segundo seu entendimento, a inserção de cientistas providos das ciências naturais na economia foi essencial para moldar o pensamento econômico. Seu argumento é extremo e propõe que a economia emula a física e tem pouca – ou nenhuma – autonomia metodológica. Dessa forma, seria natural que a economia utilizasse os mesmos termos da física. Porém, mesmo que a economia não seja apenas uma física social, é inegável que cientistas das ciências naturais se inseriram na economia. No caso dedutivista, por exemplo, é interessante notar que mesmo que a matemática de Hilbert não tivesse relação direta com física, Von Neumann estudou mecânica quântica e pode ter repassado aspectos da física para seus trabalhos de economia.

Porém, o modelo de Von Neumann se transforma em modelo apenas em 1945 no momento em que é traduzido e, portanto, não é exatamente Von Neumann quem propõe o termo, ainda que tenha aceitado-o. Assim, outro entendimento possível é que entre 1928 e 1945 transcorreu um tempo de maturação da conscientização da modelagem na economia. Neste período Marschak (1941) em uma discussão sobre metodologia da economia, por exemplo, refere-se aos trabalhos de Marshall e Walras como modelos estáticos. Tinbergen (1941), por sua vez, utiliza o termo modelo em um artigo intitulado “*Unstable and indifferent equilibria in economic systems*” (Tinbergen 1941). Logo, o termo já alcançava novas áreas do pensamento econômico, áreas inclusive correlatas com o trabalho de Von Neumann. Desse modo, em 1945 quando o trabalho de Von Neumann foi traduzido, o termo modelo já era mais usual no meio econômico, o que pode ter sido importante para que obtivesse uma consciência de sua modelagem.

O interessante é que, mesmo que ambos tenham adquirido uma consciência e forma de modelo, os dois trabalhos – Tinbergen (1935) e Von Neumann (1945) – são diametralmente distintos. Suas raízes metodológicas são completamente distintas. Enquanto Tinbergen (1935) tem sua base na indução e na imagem matemática de Volterra, Von Neumann (1945) tem seus fundamentos na dedução e na imagem matemática de Hilbert. Ainda assim, ambos merecem o uso da nomenclatura “modelo econômico” e ambos surgem nos anos 1930. Isso é resultado do fato de que os dois modelos guardam uma importante semelhança: surgem no período em que a economia se transforma em cientificamente concreta.

Além disso, os dois modelos apesar de utilizarem a matemática, seguem tradições que não necessariamente a utilizam. Desse modo, o que realmente são modelos econômicos? São modelos dedutivos ou indutivos? São concretos ou abstratos? São matemáticos ou não? As raízes históricas dos modelos demonstram que o termo é utilizado de modo mais complexo do que aparenta e pode ser fonte de diversas dificuldades de comunicação entre as escolas de pensamento econômico.

6) Considerações Finais

Modelos econômicos totalmente abstratos, embora sejam um método praticamente universal na economia contemporânea, surgiram apenas após 1930. Anteriormente, o termo modelo era utilizado apenas para analogias com objetos concretos ou teorias físicas. Desse modo, o abstrato precisou se tornar concreto para que o termo passasse a ser utilizado no sentido atual.

A economia do século XIX, tanto do ponto de vista dos dados quanto do ponto de vista da teoria, era pouco concreta. A estatística ainda não era institucional, prática ou teoricamente consolidada, de forma que somente os dados relacionados à fenômenos físicos eram confiáveis. Pelo lado da teoria, a economia estava se desnaturalizando e, por conseguinte, tornava-se um ramo de pensamento associado à psicologia, ramo essencialmente teórico e abstrato no século XIX. Desse modo, pouca concretude era encontrada no pensamento econômico que permitisse o uso do termo modelo.

Entretanto, uma crise na matemática do mesmo período teve importantes impactos metodológicos na economia. A matemática do fim do século XIX e início do século XX se dividiu em duas imagens: a imagem indutiva de Volterra e a imagem axiomática de Hilbert. Ambas as imagens implicavam em um avanço da matemática para novos campos de pensamento. A primeira buscava alcançar novas ciências em busca de consolidação da própria matemática, enquanto a segunda buscava novos ramos de pensamento para consolidá-los. Desse modo, ainda que por motivos e formas distintas, as duas imagens encontraram a economia.

A axiomatização de Hilbert encaixou-se com a dedução econômica do século XIX e encontrou nos avanços teóricos da estatística a base para se desenvolver. Assim, em 1945, surge o modelo de Von Neumann, totalmente embasado na matemática axiomática. Já a imagem de Volterra se soma às ideias indutivas - antes menos influentes na economia - por meio de avanços institucionais e práticos da estatística. Desse modo, em 1935, Tinbergen pôde criar um modelo de ciclos econômicos.

O modelo de Von Neumann, bem como o de Tinbergen, são totalmente abstratos, uma vez que não fazem analogia com objetos concretos ou teorias da física. Entretanto, por mais que sejam abstratos, é o tratamento dos problemas e dados econômicos de forma concreta que permite que obtenham a nomenclatura de modelos. Com isso, marcam uma separação com os modelos anteriores, como os de Frisch (1933) e Williams (1934), que tinham a necessidade de relacionar-se de algum modo com a física para alcançar concretude.

Porém, as duas maneiras distintas que marcam essa separação indicam que nem todos os modelos na economia se formam da mesma maneira. É possível que os modelos contemporâneos, assim como o modelo de Tinbergen e o de Von Neumann, tenham formações completamente distintas, ainda que recebam a mesma nomenclatura – modelo. Desse modo, quando membros de escolas diferentes se referem ao termo modelo podem estar se referindo a conceitos diferentes, dado as formas históricas que seus conceitos foram construídos. Logo, modelos econômicos são histórica e, portanto, metodologicamente distintos.

7) Referências Bibliográficas

ALBERTS, G. On Connecting Socialism and Mathematics: Dirk Struik, Jan Burgers, and Jan Tinbergen. **Historia mathematica** v. 21 p. 280 – 305, 1994.

BLAUG, M. The Methodology of Economics: **Or How Economists Explain**. Cambridge: Cambridge University Press. 1980.

BLAUG, M. Was There a Marginal Revolution?, **History of Political Economy**, v. 4, n. 2, p. 269-280, 1972.

BLUM, G. Hypothesis In British Methodological Thought: Newton To Whewell. **Transactions of the Nebraska Academy of Sciences**, v. 3, p. 96 -102, 1976.

BOUMANS, M. **How Economists Model the World into Numbers**. London: Routledge, 2005

CLAVIN, K. “The true logic of the future”: images of prediction from the Marginal Revolution. **Victorian Review**, v. 40, n. 2, p. 91 – 108, 2014

CORRY, L. **Modern Algebra and the Rise of Mathematical Structures**. Boston, Birkhauser, 1996.

DE MARCHI, N. B. Mill and Cairnes and the Emergence of Marginalism in England **History of Political Economy**, v. 4, n. 2, p. 344-363; 1972

DE MARCHI, N. B. The Success of Mill's Principles. **History of Political Economy**, v. 6, n. 2, p. 119-157; 1974

FRIEDMAN, M.. The Methodology of Positive Economics. In: **Essays in Positive Economics**. Chicago: University of Chicago Press, 3–44, 1953.

FRISCH, R. Propagation problems and impulse problems in dynamic economics. In: **Economic Essays in Honour of Gustav Cassel**, London: Allen and Unwin, 1933.

GLORIA-PALERMO, S 2010 Introducing formalism in economics: the growth model of John Von Neumann. **Panoeconomicus**, v. 2, p. 153 - 172

GODEL, K. Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme. **Monatshefte für Mathematik und Physik**, v. 38, n. 1, p. 173-198, 1931.

HAUSMAN, D. M.. **The Inexact and Separate Science of Economics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

HOLLANDER, S. **The Economics of John Stuart Mill**, 2 vols. Oxford: Blackwell, 1985

JOHNSON, K. Quantitative realizations of philosophy of science: William Whewell and statistical methods. **Studies in History and Philosophy of Science** v. 42, p. 399–409, 2011.

KLEIN, J. Reflections from the age of economic measurement. **History of Political Economy**, v. 33, Annual Supplement, p. 111-136, 2001.

LOSEE, J. **Introdução histórica a filosofia da ciência**. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 2000.

MAAS, H. Economic Methodology: **A Historical Introduction**. London, Routledge, 2014.

MAAS, H; MORGAN, M. Observation and Observing in Economics. **History of Political Economy**, v. 44, n.1, p. 1 – 24, 2012.

MARSCHAK, J. Methods in Economics: A Discussion. **Journal of Political Economy**, v. 49, n. 3, p. 441-448, 1941.

MARTINS, N. Mathematics, Science and the Cambridge Tradition. **Economic Thought**, v. 1, n. 2, 2012.

MAYER, U. The axiomatic method and its constitutive role in physics. **Perspectives on Science**, v. 22, n. 1, p. 56-79, 2014.

MENARD, C. Three Forms of Resistance to Statistics: Say, Cournot, Walras. **History of Political Economy** v. 12, n. 4, p. 524-541, 1980.

MILL, J. S. 1871. **Principles of Political Economy**. 7th edn., ed. W. Ashley (1909). Repr. New York: A. M. Kelley, 1976.

MILL, J. S. On the definition of political economy and the method of philosophical investigation proper to it. In: MILL, J. S. **Essays on Some Unsettled Questions of Political Economy** (First ed.), London: John W. Parker, 1844.

MIROWSKI, P. **More Heat Than Light**. New York: Cambridge University Press, 1989.

MORGAN, M. The History of Econometric Ideas. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

MORGAN, M. The world in the model: **how economists work and think**. Cambridge University Press, 2012

MOSCATI, I. Were Jevons, Menger, and Walras Really Cardinalists? On the Notion of Measurement in Utility Theory, Psychology, Mathematics, and Other Disciplines, 1870-1910 **History of Political Economy** v. 45, n. 3, p. 373-414, 2013

PEART, S. J. W. S. Jevons's Methodology of Economics: Some Implications of the Procedures for "Inductive Quantification". **History of Political Economy**, v. 25, n. 3, p. 435-460, 1993

PORTER, T. M. Economics and the History of Measurement. **History of Political Economy**, v. 33, n. 1, p. 4-22, 2001.

REISS, J. Philosophy of economics: a contemporary introduction. Routledge, 352 pag., 2013.

SCHABAS, M. Some Reactions to Jevons' Mathematical Program: The Case of Cairnes and Mill. **History of Political Economy**, v. 17, n. 3, p. 337-353, 1985.

SCHABAS, M. **The natural origins of economics**. Chicago: Chicago University Press, 2005.

TINBERGEN, J. Quantitative Fragen der Konjunkturpolitik. **Weltwirtschaftliches Archiv**, v. 42, p. 366-399, 1935.

TINBERGEN, J. Unstable and Indifferent Equilibria in Economic Systems. **Revue De L'Institut International De Statistique / Review of the International Statistical Institute**, v. 9, n. 1/2, p. 36-50, 1941.

VON NEUMANN, J. "Über Eines Ökonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes." Ergebnisse eines mathematischen Kolloquiums 8. Translated as "A Model of General Economic Equilibrium" in **Review of Economic Studies**, v. 13, n. 1-9, 1945.

WARWICK, A. A Mathematical World On Paper Written Examinations in Early 19th Century Cambridge. **Stud. Hist. Phil. Mod. Phys.**, v. 29, n. 3, p. 295 -319, 1998.

WEINTRAUB, E. R. **How Economics Became a Mathematical Science**. Durham, NC: Duke University Press, 2002.

WILLIAMS, O. Suggestions for Constructing a Model of a Production Function. **The Review of Economic Studies**, v. 1, n. 3, p. 231-235, 1934.