

POSSÍVEIS FONTES PARA A HISTÓRIA DA MATEMÁTICA: EXPLORANDO OS TRATADOS QUE VERSAM SOBRE CONSTRUÇÃO E USO DE INSTRUMENTOS “MATEMÁTICOS” DO SÉCULO XVI

FUMIKAZU SAITO*

INTRODUÇÃO

Em 2006, na seção “Focus: Mathematical Stories”, do periódico *Isis*, A. R. Alexander (2006: 682) afirmou em seu artigo que a História da Matemática, diferentemente da História da Ciência, não tinha renovado suas bases historiográficas nos últimos trinta anos. A História da Matemática teria permanecido à margem das grandes mudanças provocadas pelas novas tendências historiográficas, continuando a enfatizar, em sua maior parte, a exposição técnica do trabalho matemático em conexão com seu contexto histórico.

Tal aspecto apontado por Alexander é compreensível na medida em que a história da matemática, tradicionalmente, buscou delimitar seu campo de estudo tendo como base a coerência interna e lógica do discurso matemático. Em linhas gerais, a história da matemática foi durante muito tempo um campo de investigação privilegiado do matemático, tendendo, dessa maneira, a dar ênfase aos aspectos mais técnicos de sua área de conhecimento, deixando de lado outros aspectos extramatemáticos.

Mas a crítica de Alexander parece ir além, ao observar que é urgente aproximar a história da matemática da história da ciência uma vez que, historicamente, a matemática foi essencial para a atividade científica, assim como a ciência desempenhou um papel central no desenvolvimento da matemática.

Devemos concordar com Alexander que uma renovação nas propostas historiográficas da História da Matemática poderia contribuir para uma história da matemática crítica. O que é notório, por exemplo, nos estudos de história da matemática desenvolvidos por historiadores de ciência. Está no centro das preocupações do historiador da ciência compreender o processo da construção e da institucionalização do conhecimento matemático em diferentes épocas e locais. Para tanto, o historiador da ciência, com base em tendências historiográficas atualizadas (ALFONSO-GOLDFARB, 2008), busca não só investigar as diferentes técnicas e conteúdos matemáticos, mas também as circunstâncias que conduziram a sua elaboração,

* PEPG em História da Ciência/CESIMA/Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e PEPG em Educação Matemática/ Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

levando-se em consideração um amplo espectro de possibilidades devidamente contextualizadas. A história da matemática escrita por historiadores da ciência procura, dessa maneira, contextualizar o conhecimento matemático reformulando suas questões, ou seja, fazendo novos tipos de perguntas ao passado a partir de diferentes fontes. A reconstituição histórica, nessa perspectiva, busca privilegiar não o conteúdo matemático em si, mas os documentos que versam de alguma maneira a seu respeito.

Nesse sentido, talvez um dos grandes desafios para o historiador da matemática (ou mesmo para o historiador da ciência) seja a escolha das fontes e dos métodos, visto que diferentes fontes documentais podem oferecer novas perspectivas e deslocar a visão do historiador para outros aspectos ligados ao conhecimento matemático e científico de uma época. Entretanto, tais fontes podem também suscitar problemas se não forem devidamente contextualizadas e analisadas com critério. Assim, neste trabalho buscamos apresentar alguns pressupostos que tem norteado nossos estudos em História da Matemática, tendo por foco os tratados que versam sobre instrumentos matemáticos dos séculos XVI e XVII.

POSSÍVEIS FONTES PARA A HISTÓRIA DA MATEMÁTICA

Com o objetivo de suplementar os documentos comumente utilizados por historiadores da matemática, selecionamos para o estudo da matemática quinhentista e seiscentista um conjunto de tratados que versam sobre construção e uso de instrumentos matemáticos. A razão dessa escolha não foi arbitrária e esteve condicionada ao próprio contexto em que tais tratados foram publicados.

Entre os séculos XVI e XVII, novos instrumentos passaram a ser concebidos em virtude da demanda por novos métodos matemáticos e experimentais (WARNER, 1994; KUHN, 1989; BENNETT, 1986; VAN HELDEN, 1983). Estes instrumentos que iam desde um simples astrolábio, uma esfera armilar e um quadrante, utilizados por marinheiros e astrônomos, até outros mais sofisticados como régua de cálculos, além de outros aparatos utilizados por filósofos naturais, entrou em uso para facilitar a resolução de problemas matemáticos, observacionais e experimentais (TURNER, 1998; HACKMANN, 1989; DAUMAS, 1972).

Dentre esses instrumentos, encontramos aqueles denominados “matemáticos”, isto é, instrumentos que foram concebidos para medir aquilo que Aristóteles denominava “quantidades” (distâncias e ângulos) (BENNETT, 2003, 1998, 1991, 1986). Esses instrumentos, que já eram fabricados desde o século XIII (HACKMANN, 2003), passaram a ser confeccionados em grande quantidade a partir do século XVI em virtude, provavelmente,

do reconhecimento de que a matemática era essencial não só para resolver problemas de ordem prática, mas também para investigar os diferentes aspectos da natureza (SAITO, 2011; BENNETT, 1998).

Naquela época, aspectos práticos da geometria tornaram-se importantes para príncipes e governantes. Além do interesse renovado pela especulação matemática, devido à recuperação de textos da antiguidade tardia, a expansão do horizonte físico, proporcionada pelas descobertas de novas terras além-mar, e as mudanças que tiveram lugar nos métodos da arte militar, as aplicações da geometria passaram a chamar a atenção dos governantes (BRIOIST, 2009; ALEXANDER, 2002; DEBUS, 1996; VELTMAN, 1979). Assim, estudos sobre a relação entre a inclinação do ângulo de elevação de canhões e seu alcance, por exemplo, tiveram grande desenvolvimento no século XVI. Além disso, foram desenvolvidos instrumentos novos para medir alturas e distâncias, e novas técnicas foram propostas para mapear e planificar as cidades e para localizar-se no mar. É nesse contexto que vemos florescer muitas oficinas dedicadas à fabricação de instrumentos matemáticos e filosóficos em diversas regiões da Europa, notadamente, Louvain, Nuremberg, Florença, Londres (CONNER, 2005: 257).

Cabe observar que esses novos instrumentos foram elaborados não só por estudiosos da natureza, tais como astrônomos, ópticos e médicos, mas também por pintores, arquitetos, cartógrafos, agrimensores e outros “praticantes de matemáticas” (TAYLOR, 1954). A demanda por novos instrumentos matemáticos e filosóficos parece ter reforçado, dessa maneira, a associação entre filósofos naturais e outros artesãos, principalmente, aqueles que lidavam com cálculos matemáticos. Toda sorte de praticantes de matemáticas, além de arquitetos, pintores, cartógrafos, cosmógrafos, geógrafos, agrimensores, navegadores, astrônomos, entre muitos outros artesãos e estudiosos da natureza, dedicaram-se ao estudo da geometria prática (e num certo sentido, de aritmética prática) e a fabricação de novos instrumentos matemáticos (MARR, 2009; HIGTON, 2001; HEILBRON, 2001; CAMEROTA, 1998; BENNETT, 1998; TURNER, 1998).

A associação entre estudiosos da natureza e da matemática com artesãos sugere que o desenvolvimento do conhecimento científico e matemático não esteve desvinculado de outros segmentos teóricos e operacionais. O crescente aumento da procura por instrução em geometria e aritmética de ordem mais prática, conhecimentos necessários para o desenvolvimento de técnicas para a navegação, agrimensura, horografia, cartografia, artilharia e fortificação, parece ter conduzido os estudiosos da natureza e da matemática a considerar em suas investigações outros aspectos além daqueles teóricos legados pela tradição.

Podemos dizer que os praticantes de matemática, em geral, tinham uma orientação mais empirista, no sentido de que as técnicas matemáticas por eles desenvolvidas eram aplicadas ao mundo real. Muitos deles se denominavam “professores” de matemática, no sentido daquele que professava a arte matemática. A maioria deles, entretanto, não possuía formação universitária e estava associada a uma corporação de ofício, ou trabalhava em uma oficina que fabricava instrumentos. Desse modo, era muito comum que esse “profissional” desenvolvesse seu próprio instrumento e comunicasse a respeito de sua construção e uso apenas àqueles que procurassem a sua instrução em sua oficina ou numa escola de ábaco (CIOCCI, 2009: 59-71; BIAGIOLI, 1989).

Muitos tratados que versam sobre a construção e uso de instrumentos são compilações de instrumentos descritos em outros tratados ou de notas de aulas. Tais tratados comumente eram publicados não só por praticantes de matemática, mas também por estudiosos da natureza e de matemática. Além de estudiosos de astronomia, cartógrafos, cosmógrafos e geógrafos estavam mais diretamente envolvidos nessa empreitada. Todavia, encontramos também ao lado de artesãos pouco conhecidos, outros estudiosos de matemática tais como, Egnazio Danti (1536-1586), Cosimo Bartoli (1503-1572), Gemma Frisius (1508-1555), Oronce Finé (1494-1555) entre outros.

Esses tratados são apreciados pelos historiadores da ciência de diferentes maneiras. A relação entre as diferentes artes e a ciência nas origens da ciência moderna tem sido o foco das principais investigações históricas. Outros estudos dedicados a diferentes possibilidades de relação entre ciência e técnica, articulando aspectos teóricos e práticos e suas relações que conduziram a outras formas de interação no processo da formulação da ciência moderna também são comuns. Além disso, juntamente com outros, comumente conhecidos como “filosóficos”, historiadores da ciência têm procurado discuti-los na crescente interação entre dois domínios do conhecimento nos séculos XVI e XVII: “filosofia natural” e “matemáticas-mistas” (GABBEY, 1997; WARNER, 1994).

Esses instrumentos “matemáticos” não parecem ter recebido ainda total atenção da História da Matemática. Talvez não seja difícil entender a razão disso, pois tais instrumentos parecem apenas incorporar conhecimentos matemáticos já bem estabelecidos. Desse modo, vistos como neutros no empreendimento da construção do saber matemático e científico, comumente são examinados no nível de seus resultados pelos historiadores da matemática.

Mas estudos em história da ciência têm insistido na necessidade de reavaliar o papel desses instrumentos (TAUB, 2009; HANKINS; SILVERMAN, 1999; VAN HELDEN; HANKINS, 1994). As novas propostas historiográficas da história da ciência têm insistido na

necessidade de ampliar o foco de análise e contextualizar os instrumentos em seus devidos quadros conceituais, de modo a compreender a complexa trama da relação entre teoria, instrumento e experimento. Assim, um recente estudo revelou-nos que a compreensão do papel dos diferentes instrumentos anteriores ao século XVI requeria muito mais do que examiná-los no nível dos resultados (SAITO, 2011, 2009). Uma vez que incorporam diferentes conhecimentos, esses instrumentos deveriam ser examinados não só do ponto de vista técnico matemático, mas também à luz da concepção de ciência e matemática aceita numa época, evitando-se distorções que possam conduzir a anacronismos.

EXPLORANDO OS TRATADOS QUE VERSAM SOBRE CONSTRUÇÃO E USO DE INSTRUMENTOS MATEMÁTICOS NOS SÉCULOS XVI E XVII

Grande parte de estudos históricos sobre instrumentos matemáticos concentra-se num período que vai de meados do século XVII ao XVIII. Não é difícil entender a razão disso, visto que os “modernos” instrumentos começaram a fazer parte do cenário científico, com mais intensidade, no século XVII. Contudo, é preciso levar em conta que se analisarmos os instrumentos concebidos e fabricados no século XVI nessa perspectiva, perdemos de foco o seu real significado, visto que acabaremos atribuindo-lhes características que lhes eram estranhas.

Convém observar que o caráter “científico” que atribuímos a instrumentos no seu sentido funcional, ou seja, como instrumentos utilizados na ciência, é bastante recente (MAXWELL, 1876). A expressão “instrumento científico”, por exemplo, passou a constar do vocabulário especializado apenas no século XIX. Além disso, o próprio termo “instrumento” era controverso no século XVI (WARNER, 1990). Assim, devemos tomar o cuidado de não considerar os instrumentos descritos nesses tratados apenas em sua materialidade, como se fossem uma peça de antiquário. É necessário inserir tais instrumentos nos contextos em que foram gestados e flagrar no processo de construção do conhecimento o seu real significado, sem atribuir-lhes características notoriamente modernas.

Análises e estudos em História da Ciência têm revelado que esses instrumentos não são meros objetos, mas artefatos que incorporam conhecimentos matemáticos e que, portanto, não devem ser vistos como neutros, pois a sua construção e seu uso apontam para aspectos importantes do fazer matemático nos séculos XVI e XVII (SAITO; DIAS, 2011).

Isso significa que, num instrumento, não é bem a ciência que determina como os seus componentes devem ser arrançados e organizados, embora a sua função, enquanto instrumento, esteja vinculada aos propósitos para os quais foi concebido e enquadrada nos

moldes de uma teoria científica ou matemática em particular. A construção e o uso de um instrumento mobilizam vários tipos de conhecimento relativo não só a sua materialidade, mas também às diferentes formas de manipulação e adequação para ser utilizado na prática. Assim complexas redes de relações entre ciência, matemática, técnica e sociedade encontram-se embebidas nos projetos, na confecção e nos dados sobre as formas e propósitos de construção e utilização desses instrumentos. É por essa razão que investigamos esses tratados na interação entre ciência e arte (*techné*), visto que esses instrumentos comumente são resultados do rearranjo da manipulação de materiais e ideias (SAITO, 2011).

Os tratados que versam sobre esses instrumentos, em linhas gerais, apresentam as mesmas características. Trataremos aqui apenas dos instrumentos utilizado por agrimensores. Cabe observar que por “agrimensura” devemos entender um conjunto de práticas que envolvia não só técnicas de medida, mas também de agricultura.

No século XVI, o sistema de cultivo da terra, a posse de novas terras e o aumento significativo de seu valor, conduziu muitos proprietários a buscar novas regras para determinar a quantidade de terra, seus limites e localização, reorganizando, dessa maneira, o espaço (FISCHER, 1996: 65-91; RICHESON, 1966: 1-89). É nesse contexto, que vemos surgir novos tratados e instrumentos matemáticos para medir, calcular e contar.

No início do século XVI, os primeiros tratados geralmente traziam instruções para os administradores e superintendentes de terras (RICHENSON, 1966: 31-42). Mas, na medida em que avançamos no século XVI em direção ao XVIII, o número de tratados que buscam instruir sobre técnicas de medida e de mapeamento de terras aumentou significativamente. Esses tratados geralmente apresentam diferentes técnicas de medidas para diferentes situações. E, para cada situação, encontramos instruções para construção e uso de um instrumento específico. Alguns desses tratados apresentam ainda a validação matemática do instrumento, discorrendo sobre sua demonstração geométrica fundamentada nos axiomas, postulados e teoremas de *Elementos* de Euclides; outros, porém, apenas descrevem-no e apresentam seus possíveis usos.

Um desses tratados que teve ampla repercussão em território italiano foi *Del modo di misurare le distantie, le superficie, i corpi, le piante, le province, le prospettive & tutte le altre cose terrene, che possono occorrere agli homini, Secondo le vere regole d'Euclide, & de gli altri piu lodati scrittori* (BARTOLI, 1564), publicado por Cosimo Bartoli (1503-1572) em 1564. Dedicada a Cosimo de Medici, esta obra é, na realidade, uma compilação, como bem sugere o próprio autor no início de sua obra.

A obra foi dividida por Bartoli em seis livros, cada um deles dedicado, direta ou indiretamente, tal como sugere o título da obra, aos modos de medir: distâncias (largura, comprimento, altura e profundidade); superfícies ou planos; corpos (regulares e irregulares); e uma província de 400 ou 500 milhas em seu comprimento e largura “de tal modo a poder desenhá-la sobre um plano com sua capital, terras, castelo, portos, rios, e outras coisas notáveis” (BARTOLI, 1564: 1r).

O primeiro livro trata, seguindo a sequência proposta por Oronce Finé em *Geometria*, segunda parte de seu tratado intitulado *Protomathesis*, da medida da distância, isto é, comprimento, largura e profundidade. O segundo livro trata da medida da superfície e, o terceiro, dos corpos, isto é, do volume. O quarto livro, “seguindo, agora, a ordem dada por Gemma Frisius e outros autores”, Bartoli explica e ensina como mapear uma província sobre um plano. A esses quatro livros seguem dois outros, um quinto, dedicado às demonstrações geométricas de Euclides e, um sexto, que ensina a obter raízes quadradas e cúbicas. No quinto livro, Bartoli procura fornecer não só as questões, os conceitos e as proposições, apresentadas nos livros anteriores como demonstrações, mas também as proposições das quais derivavam aquelas demonstrações. Aqui Bartoli esclarece que decidiu acrescentar as demonstrações constantes em *Elementos* de Euclides por duas razões. Primeira por sugestão de Francesco de Medici e, segunda, por comodidade, ou seja, para deixar o leitor satisfeito e poupá-lo de se reportar ao livro de Euclides (BARTOLI, 1546: 1v). Mas cabe observar que os *Elementos* de Euclides não são aqui apresentados na íntegra. Bartoli apenas selecionou aqueles axiomas, postulados, definições e proposições que estariam diretamente ligados à medida da distância, área e volume. No sexto livro, Bartoli apresenta regras para obter raízes quadradas e cúbicas. O autor observa que lhe pareceu interessante juntar este livro porque, em muitos casos, pareceram necessários encontrar as raízes quadradas e cúbicas, ou ainda obter algumas medidas tratadas nos primeiros três primeiros livros (BARTOLI, 1546: 2r). Por último, ainda neste sexto livro, Bartoli fornece a regra de três.

Diferentemente de um manual prático “faça você mesmo”, esses tratados articulam dois aspectos que são indissociáveis nesse tipo de documento, a saber: a construção e o uso dos instrumentos. Analisando essas obras, podemos notar que elas estavam destinadas a um público que tinha conhecimentos não só da matemática incorporada nos instrumentos, mas também prático de seu ofício. Isso pode ser constatado nas instruções de construção em que o autor raramente fornece informações sobre os procedimentos matemáticos para dividir ângulos e segmentos, traçar mediatrizes e bissetrizes, ou mesmo das propriedades de diferentes figuras geométricas que devem ser conhecidas para se construir e utilizar os

instrumentos. O conhecimento matemático encontra-se, assim, implícito nos instrumentos, ou seja, na sua concepção, bem como no seu uso, apontando, dessa forma, para indissociabilidade entre o saber e o fazer.

Esses tratados nos permitem aproximar do fazer matemático e compreender as muitas “matemáticas” existentes de uma época. Além de problematizar as relações entre uma matemática teórica e a prática associada à aplicação da matemática, esses tratados proporcionam a compreensão da Matemática em seu aspecto multifacetado e abrem novas perspectivas que nos permitem discutir a realidade dos entes matemáticos e sua eficiência sobre o mundo da experiência, renovando as discussões sobre a relação da matemática com a realidade sensória e empírica.

Todavia, é importante que os instrumentos presentes nesses tratados não sejam vistos apenas como resultados de desenvolvimento matemáticos já conhecidos. Sem dúvidas, esses instrumentos incorporam conhecimentos matemáticos já bem estabelecidos. Entretanto, é na construção e no uso desses conhecimentos matemáticos que podemos flagrar alguns aspectos do movimento do processo da construção do conhecimento científico e matemático moderno. O traçado das escalas, o formato do instrumento, e as ações descritas (ou não) pelos autores para o seu uso, por exemplo, são informações que trazem indícios do fazer matemático e científico de uma época.

Tratados como os de Bartoli revelam que os instrumentos matemáticos são mais do que simples artefatos. Eles incorporam conhecimentos que revelam não só articulação entre o saber e fazer matemático, mas também apontam para a complexa trama em que o fazer matemático, técnico e científico se entrelaçam. O cruzamento de linhas nessa trama revela as nuances e as interfaces que o conhecimento matemático estabelece com outros ramos do conhecimento, propiciando ao historiador a compreensão dos modos como a Matemática apropriou-se desses conhecimentos. Esses tipos de tratados revelam assim a relação multifacetada do conhecimento matemático e científico e o amplo espectro de possibilidades de estudos que o contexto histórico pode fornecer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, A. R. Introduction: Mathematical Stories. *Isis*, Chicago, v. 97, p. 678-682, 2006.

_____. **Geometrical Landscape: The Voyages of Discovery and the Transformation of Mathematical Practice.** Stanford: Stanford University Press, 2002.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. Simão Mathias Centennial: Documents, Methods and Identity of History of Science. **Circumscribere**, São Paulo, v. 4, p. 1-4, 2008.

BARTOLI, C. **Cosimo Bartoli Gentil'huomo, et accademico Fiorentino, Del modo di misurare le distantie, le superficie, i corpi, le piante, le province, le prospettive, & tutte le altre cose terrene, che possono occorrere agli homini, Secondo le vere regole d'Euclide, & de gli altri piu lodati scrittori.** Veneza: Francesco Franceschi Sanese, 1564.

BENNET, J. A. The Mechanics' Philosophy and the Mechanical Philosophy. **History of Science**, Cambridge, v. 24, p. 1-28, 1986.

_____. The challenge of practical mathematics. In: PUMFREY, S.; ROSSI, P. L.; SLAWINSKI, M. (Orgs.). **Science, Culture and Popular Belief in Renaissance Europe.** Manchester/New York: Manchester University Press, 1991. p. 176-190.

_____. Practical Geometry and Operative Knowledge. **Configurations**, Baltimore, v. 6, p. 195-222, 1998.

_____. Knowing and doing in the sixteenth century: what were instruments for?. **British Journal for the History of Science**, Cambridge, v. 36, n. 2, p. 129-150, 2003.

BIAGIOLI, M. The Social Status of Italian Mathematicians. **History of Science**, Cambridge, v. 27, p. 41-95, 1989.

BLAGRAVE, J. **A booke of the making and use of a staff, newly invented by the author, called familiar staff. As well for that it may be made usually and familiarlie to wlake with, as for that it performeth the Geometrical mensurations of All Altitudes, Longitudes, Latitudes, Distances and Profundities: as many myles of, as the eye may well see and discern: most speedily, exactly and familiarly without any maner of Arithmetical calculation easily to be learned and practiced, even by the unlettered. Newlie compiled, and at this time in great Ordinance, and other millitarie services, and may as well be employed and by the ingenious, for measuring of land, and to a number of other good purposes, both Geometricall and Astronomicall.** Londres, Hugh Iackson, 1590.

BRIOIST, P. Oronce Fine's Practical Mathematics. In: MARR, A. (Org.). **The Worlds of Oronce Fine: Mathematics, Instruments and Print in Renaissance France.** Donnington: Shuan Tyas, 2009. p. 52-63.

CAMEROTA, F. Misurare “per perspectiva”: Geometria pratica e *Prospectiva pingendi*. In: SINISGALLI, R. (Org.). **La prospettiva: Fondamenti Teorici ed esperienze figurative dall’antichità al mondo moderno**. Firenze: Edizione Cadmo, 1998. p. 293-308.

CIOCCI, A. **Luca Pacioli tra Piero della Francesca e Leonardo**. Sansepolcro: Aboca Museum Edizioni, 2009.

CONNER, C. D. **A People’s History of Science: Miners, Midwives, and “Low Mechanics”**. New York: Nation Books, 2005.

DAUMAS, M. **Scientific Instruments of the 17th & 18th Centuries and their Makers**. London: Portman Books, 1972.

DEBUS, A. G. **El hombre y la naturaleza en el Renacimiento**. México, Fondo de Cultura Económica, 1996.

FISCHER, D. H. **The Great Wave: Price, Revolution and the Rhythm of History**. New York/Oxford: Oxford University Press, 1996.

FRISIUS, G. R. **Les principes d’Astronomie & Cosmographie avec l’usage du Globe. Le tout composé en Latin par Gemma Frizon, & mis en langage François para M. Claude de Boissiere, Dauphinois. Plus est adiousté l’usage de l’anneau Astronomic; par le dict Gemma Frizon: Et l’exposition de la Mappemonde, composée para le dict Boissiere**. Paris: Guillaume Cavellat, 1556.

FRISIUS, G. R. et al. **Annuli astronomici, instrumenti cum certissimi commodissimi, usus ex variis authoribus, Petro Beusardo, Gemma Frisio, Ioannes Dryandro, Boneto Hebraeo, Burchardo Mythobio, Orontio Finaeo, una cum Meteoroscopio per Ioannem Reiomontanum, & Annulo non universali M. T. authore**. Lutetia: Gulielmum Cavellat, 1557.

GABBEY, A. Between *ars* and *philosophia naturalis*: reflections on the historiography of early moderns mechanics. In: FIELD, J. V.; JAMES, F. A. J. L. (Orgs.). **Renaissance & Revolution: Humanists, Scholars & Natural Philosophers in Early Modern Europe**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p. 133-145.

HACKMANN, W. D. Scientific Instruments: Models of Brass and Aids to Discovery. In: GOODING, D.; PINCH, T.; SCHAFFER, S. (Orgs.). **The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences**. Cambridge/New York: Cambridge University Press, 1989. p. 39-43.

_____. Natural Philosophy and the Craft Techniques of Experimentation. **Bulletin of the Scientific Instrument Society**, London, v. 78, p. 35-37, 2003.

HANKINS, T. L.; SILVERMAN, R. J. **Instruments and the Imagination**. New Jersey/Princeton: Princeton University Press, 1999.

HEILBRON, J. L. **The Sun in the Church: Cathedrals as Solar Observatories**. Cambridge: Harvard University Press, 1999.

HIGTON, H. Does using an instrument make you mathematical? Mathematical practitioners of the 17th century. **Endeavour**, East Lansing, p. 18-22, v. 25, n. 1, 2001.

KUHN, T. S. Tradição matemática *versus* tradição experimental no desenvolvimento da ciência física. In: **Tensão Essencial**. Lisboa, Edições 70, 1989. p. 63-100

MARR, A. (Org.). **The Worlds of Oronce Fine: Mathematics, Instruments and Print in Renaissance France**. Donnington: Shuan Tyas, 2009.

MAXWELL, J. C. General Considerations Concerning Scientific Apparatus. In: SOUTH KENSINGTON MUSEUM. **Handbook to the Special Loan Collection of Scientific Apparatus**. London: South Kensington Museum, 1876. p. 1-21.

RICHESON, A. W. **English Land Measuring to 1800: Instruments and Practices**. Cambridge/London: The Society for the History of Technology/The MIT Press, 1966.

SAITO, F. **O telescópio na magia natural de Giambattista della Porta**. São Paulo: EDUC/Ed. Livraria da Física/FAPESP, 2011.

_____. Algumas considerações historiográficas para a história dos instrumentos e aparatos científicos: o telescópio na magia natural. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M. et al. **Centenário Simão Mathias: Documentos, Métodos e Identidade da História da Ciência**. São Paulo: PUCSP, 2009. p. 103-122.

SAITO, F.; DIAS, M. S. **Articulação de entes matemáticos na construção e utilização de instrumento de medida do século XVI**. Natal: Sociedade Brasileira de História da Matemática, 2011.

TAUB, L. On Scientific Instruments. **Studies in History and Philosophy of Science**, Elmsford, v. 40, p. 337-343, 2009.

TAYLOR, E. G. R. **The Mathematical Practitioners of Tudor & Stuart England**. Cambridge: Institute of Navigation/Cambridge University Press, 1954.

TURNER, G. L'E. **Scientific Instruments, 1500-1900: an Introduction**. Berkeley/Los Angeles/London: University of California Press, 1998.

VAN HELDEN, A. The Birth of the Modern Scientific Instrument, 1550-1770. In: BURKE, J. G. (Org.). **The Uses of Science in the Age of Newton**. Berkeley/Los Angeles/Londres: University of California Press, 1983. p. 49-84.

VAN HELDEN, A.; HANKINS, T. L. Introduction: Instruments in the History of Science. **Osiris**, Philadelphia, v. 9, p. 1-6, 1994.

VELTMAN, K. **Military surveying and topography: the practical dimension of Renaissance Linear Perspective**. Lisboa: Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1979 (Secção Coimbra, CXXIX).

WARNER, D. J. Terrestrial Magnetism: For the Glory of God and the Benefit of Mankind. **Osiris**, Philadelphia, v. 9, p. 67-84, 1994.

_____. What Is a Scientific Instrument, When Did It Become One, and Why?. **British Journal for the History of Science**, Cambridge, v. 23, p. 83-93, 1990.