

## REVOLUÇÃO CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E ENERGÉTICA: A INFLUÊNCIA SOBRE O PENSAMENTO ECONÔMICO DOS SÉCULOS XVI E XVII <sup>1</sup>

SINCLAIR MALLET GUY GUERRA\* / GUSTAVO DE CONTI MACEDO\*\*

TANIA MARÍA DE CASTRO CARVALHO NETO\*\*\* <sup>2</sup>

\* Instituto de Eletrotécnica e Energia  
Universidade de São Paulo (USP)

\*\* Departamento de Energia  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Universidade de Campinas (UNICAMP)

\*\*\* Centro de Ciências Sociais  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Recebido: 28 de julho de 2004

Aceitado: 25 de maio de 2005

---

**Resumo:** Este trabalho situa alguns dos escritos econômicos dos séculos XVI e XVII no contexto das revoluções científicas e tecnológicas do período e precedentes, fase de transição do feudalismo para o capitalismo. Discute, também, a mudança do foco de atenção dos autores de assuntos teológicos, lógicos e éticos para as "coisas práticas da vida" tal como ocorreu nos dois séculos estudados. Para tal dá relevo ao trabalho de William Petty. Segue discutindo o progresso na apropriação de sistemas energéticos e como isto transformou a realidade feudal em direção a uma economia mercantilista, alterando também as preocupações dos letrados para com as questões sociais, induzindo-os a perceber o comércio internacional como um dos fatores explicativos do enriquecimento de um Estado. Finalmente, o pensamento econômico do período foi esmiuçado procurando ressaltar a influência dos sistemas energéticos e da tecnologia nos escritos, bem como a visão dos autores ou das escolas de pensamento sobre estes temas.

**Palavras chave:** Avanço científico e tecnológico / Economia mercantilista / Pensamento econômico / William Petty / Energia.

### SCIENTIFIC, TECHNOLOGICAL AND ENERGY REVOLUTION: THE PRECEPTS OF THE ECONOMY THINKING OF THE XVI AND XVII CENTURIES

**Abstract:** This work places some of the economic writings of the XVI and XVII centuries in the context of the technological and scientific revolutions of the period and those preceding it, the transition phase from feudalism into capitalism. It also discusses the change in focus by the authors, from theological, logical and ethic subjects to the "basic facts of life", as occurred in the centuries studied. For this, relevance is given to William Petty's work. It goes on to discuss the progress in the adequacy of energy systems and how this transforms the feudal reality into the guidelines of a mercantilist economy, also altering the concerns of the knowledgeable into social issues, leading them to acknowledge international trade as one of the factors explaining the enrichment of a Nation. Finally, the economic thinking of the period is broken down, aiming to stress the influence of the energy systems and of technology on the writings, as well as the authors' view or that of the academy on those issues.

**Keywords:** Scientific and technological improvement / Mercantilist economy / Economic thinking / William Petty / Energy.

---

<sup>1</sup> Trata-se da primeira parte de três estudos que os autores estão elaborando visando relacionar o pensamento econômico e as transformações científicas e tecnológicas que contribuíram para a adequação e o uso de novas fontes e formas energéticas ocorridas nos períodos compreendidos pelos séculos XVI/XVII; XVII/primeira metade do XIX e, finalmente, segunda metade do XIX e o XX.

<sup>2</sup> Os autores agradecem a dois avaliadores anônimos por seus aportes crítico-analíticos. Agradecem, também, ao Prof. Dr. César Honorato, da UERJ, por seus comentários.

## 1. INTRODUÇÃO

A revolução científica ocorrida na Europa dos séculos XVI e XVII foi movida por um ideal de ruptura para com a rigidez institucional da Idade Média. Por um lado, o monopólio intelectual e o universalismo cultural da igreja católica e, por outro, o particularismo legislativo dos feudos foram desmontados com a lenta introdução de tecnologias energeticamente mais eficientes. Estas começaram a substituir máquinas movidas a energia humana e animal por outras movidas à água, a vento e a calor para a produção manufatureira, agrícola e para o transporte.

Foi exatamente no transporte, onde a introdução de tecnologias mais eficientes na utilização da energia eólica (como mastro principal, três mastros, vela redonda, bússola e capacidade de carga em grande escala) propiciou o alargamento comercial e a conseqüente transição verso economias mercantilistas.

A produção intelectual procurava, através das ciências naturais, romper com o inflexível sistema educacional impondo novos métodos de análise, novas preocupações, um novo conceito de acumulação de conhecimento e uma nova linguagem de entendimento: a matemática. Desta forma, primeiro a astronomia e a filosofia, e logo após outros campos do conhecimento, renderam-se a estes novos paradigmas. Na economia política, esta nova realidade trouxe preocupações diferentes dos ditames morais e regulatórios da Idade Média. Os avanços na tecnologia e na apropriação energética e material impuseram uma pauta de discussão onde o comércio e o acúmulo de moedas pareciam ser a pedra de toque do desenvolvimento de uma nação (ou melhor, do enriquecimento do Rei) e assim foi analisado pelos bullionistas e mercantilistas. A matemática é introduzida como linguagem científica nas análises econômicas por William Petty e a aritmética política, pertencentes a uma segunda geração de pensadores da revolução científica, já no século XVII, preocupados com temas mais práticos que acadêmicos.

O alargamento das fronteiras comerciais proporcionou maiores fluxos de mercadorias e o desenvolvimento de indústrias locais como a naval, a têxtil e a metalúrgica. As fontes energéticas eram a água, o vento e a lenha, ou seja, fontes renováveis. Quem dominava mais eficientemente estes recursos disponíveis, dado o estado da tecnologia, era a Holanda. Neste período embrionário, pré-revolução industrial, a Holanda surge, então, como paradigma de desenvolvimento à medida que supera em riqueza a França, e os fatores que levam a isto são individualizados pelos escritores econômicos da época. De fato, a discussão proposta por Petty procura enumerar os motivos pelos quais a Holanda, sendo um país pequeno e não populoso, pode ser mais rico do que a França. Especificidades geográficas e inserção no comércio internacional foram os fatores explicativos. A produção tecnológica e a eficiente apropriação energética (disponibilidade de ventos e conseqüentemente de moinhos) foram reconhecidos por Petty como uma das causas principais do domínio holandês sobre o comércio internacional.

O mercantilismo e a aritmética política, portanto, são contemporâneos: i) ao uso de sistemas energéticos renováveis como a lenha, a água e o vento; ii) à lenta tran-

sição feudalismo para o capitalismo; iii) à mudança da agricultura para o comércio como setor produtivo preponderante; iv) à disseminação do uso da linguagem matemática nas ciências naturais e sociais em contraposição à lógica escolástica. Não constituem escolas de pensamento estruturadas em teorias e hipóteses bem definidas. O momento é de competição no comércio internacional entre países (entre Reis), proporcionada pelos avanços tecnológicos na apropriação energética, e os argumentos econômicos são pautados por esta realidade. A ânsia em resolver os problemas práticos impossibilita uma construção analítica menos corporativista e coerente com a realidade. Todavia, trata-se da gestação do pensamento econômico e, como tal, apresenta-se de forma confusa e não bem definida, introduzindo temas e linguagens que serão definitivamente organizados a partir de Adam Smith.

A primeira parte deste trabalho procurará situar os escritos econômicos dos séculos XVI e XVII no contexto das revoluções científicas e tecnológicas do período e precedentes, que estão no âmago da lenta transição feudalismo-capitalismo.

A segunda parte discutirá a mudança do foco de atenção dos autores de assuntos teológicos, lógicos e éticos para as “coisas práticas da vida” tal como ocorreu nos dois séculos estudados.

Na terceira parte, será discutido o progresso na apropriação de sistemas energéticos e como isto transformou a realidade feudal verso uma economia mercantilista, alterando também as preocupações dos letrados preocupados com as questões sociais, induzindo-os a perceber o comércio internacional como o fator explicativo do enriquecimento de um Estado.

Na quarta e na quinta parte, os pensamentos econômicos do período serão esmiuçados, e procurar-se-á ressaltar a influência dos sistemas energéticos e da tecnologia nos escritos, bem como a visão sobre estes temas dos autores ou das escolas de pensamento.

## 2. A REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E CIENTÍFICA DOS SÉCULOS XVI E XVII

A aritmética política é uma divisão metodológica do pensamento econômico do século XVII, cuja fundação é comumente associada ao inglês William Petty (1623-1687). O nome aritmética política pode ser explicado por uma carta publicada em 1927-28 sob o título *The Petty-Southwell Correspondence* originalmente escrita em 1687: “[A álgebra] foi trazida pelos Mouros da Arábia à Espanha, e de lá ao nosso país, e William Petty a utilizou para assuntos outros que não aqueles puramente matemáticos, isto é, na política sob o nome de Aritmética Política, reduzindo muitos termos de reflexão em número, peso e medida, para permitir um tratamento matemático”<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> W. Petty (1927a, p. 15, carta a Southwell de 03-11-1687).

Os séculos XVI e XVII observam a afirmação da física quantitativa sobre a velha física entendida como a descrição das quantidades sensíveis dos objetos; em todos os campos da pesquisa científica as medidas de quantidade são utilizadas sobre o objeto de análise. A concepção matemático-mecânica do homem e do mundo é encontrada em vários autores deste século como Hobbes (1588-1679), professor de anatomia e astronomia de Petty em 1645-46 que estuda as razões matemáticas da anatomia humana, Descartes (1596-1650) criador da geometria analítica que no seu *Compendium musicae* indaga sobre as relações matemáticas na música, Francis Bacon (1516-1626) que desenvolve o método indutivo, Newton (1642-1727) que defendeu um universo regido por leis universais passíveis de expressão matemática, Giordano Bruno (1548-1600)<sup>4</sup>, Kepler (1571-1630), Copérnico (1473-1543), Galileu (1564-1642)<sup>5</sup> e tantos outros.

Sinteticamente, o estado de ânimo da revolução científica dos séculos XVI e XVII prega: 1) O apelo à “experiência”, o que implica a existência de “verdades científicas”, ou até, “neutralidade da ciência”; 2) a convicção de que o saber científico é cumulativo, o que implica desenvolvimento linear e permanentemente incompleto e, mais que isso, a democratização do conhecimento como condição para se alcançar a ‘verdade’; 3) há uma linguagem científica universal e esta é a matemática; 4) a libertação da limitada inteligência humana dos preconceitos e amarras institucionais que obstruem seu funcionamento normal; 5) a independência entre ciência e teologia<sup>6</sup>.

Esta percepção do mundo surge como contraponto à concepção estritamente religiosa dos séculos precedentes. A mudança, seja das preocupações seja do método de análise, é radical para os pensadores da época comparativamente à Idade Média. Agostinho d’Ippona (354-430) e Tommaso d’Aquino (1225-1274) foram os grandes autores da época medieval, e suas preocupações poderiam ser resumidas, em largas linhas, a questões éticas e de regras de conduta (ciências sociais) e adequação dos fenômenos naturais aos escritos bíblicos (ciências naturais). O método é o princípio da autoridade e da fé.

A exaltação aos valores espirituais e da tradição, constitui um elemento que freia a liberdade científica, a inovação tecnológica e a expropriação dos recursos naturais. Instituições como as corporações de artes e ofícios e a Igreja, estão em

---

<sup>4</sup> Giordano Bruno, em seus escritos do *Spaccio*, parece ter sido o primeiro defensor da idéia de “progresso”. Reivindica “plena dignidade da ação técnico-econômica, do esforço de transformação e produção em face da rigorosa e impropria natureza” (Rossi, 1989, p. 74).

<sup>5</sup> Para Galileu, “a filosofia está escrita neste grande livro que permanece sempre aberto diante de nossos olhos; mas não podemos entendê-la se não aprendermos primeiro a linguagem e os caracteres em que ela foi escrita. Esta linguagem é a matemática, e os caracteres são os triângulos, círculos e outras figuras geométricas” (Randall (1976, p. 237).

<sup>6</sup> O autor Hooykaas, em seu livro *A religião e o desenvolvimento da ciência moderna*, aprofunda a questão da ruptura entre teologia e ciência. Segundo o autor, “(...) os protestantes foram mais numerosos entre os cientistas do que seria de se esperar” em função da proporção católicos romanos/ protestantes para a população total. Em todos os países da Europa parece que o protestantismo serviu como ideologia de fundo para os estudiosos e cientistas do século XVII.

plena sintonia com a produção para o consumo local e com o modo de vida espiritual. Como afirma Weber (1864-1920) e seu famoso *A ética protestante e o espírito do capitalismo* a ruptura com as instituições feudais inicia-se com a reforma protestante de Martinho Lutero (1483-1546). Outros autores vêem no *Essays de théodicée* (1710) de Leibniz (-1716), onde critica maliciosamente a posição católica tradicional da metafísica newtoniana,<sup>7</sup> como a ruptura necessária entre pensamento científico e teologia, ou melhor, “*um passo em direção à exclusão definitiva de Deus do universo*” (Hall, 1980, p. 158).

A realidade feudal é lentamente transformada pela introdução de tecnologias cada vez mais eficientes energeticamente como os moinhos a vento e hidráulico, a prensa com caracteres móveis<sup>8</sup>, os navios à vela, os mecanismos de transmissão como a biela e o pistão, o arreo de quarto dianteiro e a pólvora que, aprimorados e difundidos a partir do século X, modificaram a estrutura institucional feudal, as relações sociais e econômicas e a produção científica.

A lenta transformação desta sociedade trouxe novos problemas aos pensadores econômicos. Conceitos como preço, mercadoria, mercado e riqueza nacional passaram a ser objeto de análise, e os primeiros a pensarem de forma consciente, seja por métodos normativos ou descritivos, foram os bulionistas, mercantilistas e os aritméticos políticos, e suas teorias serão discutidas mais adiante atentando para os contextos energéticos cada vez mais eficientes.

O contexto histórico é de afirmação dos Estados nacionais e a noção de equilíbrio de poder dentro da Europa (*raison d'état*), de expansão comercial europeia monopolista (colonização ultramarina) e da reforma protestante de Martinho Lutero (1483-1546). As reflexões dos pensadores econômicos adotam, em seus escritos, a ótica de “conselheiros do príncipe” preocupados em aumentar o poder econômico do Príncipe e, conseqüentemente, seu poder militar. A riqueza nacional é a principal preocupação das discussões econômicas.

### 3. SABER INTELECTUAL VERSUS SABER TÉCNICO

A literatura dos séculos XVI e XVII é extraordinariamente abundante quanto à discussão do contato, que então vinha se realizando, entre saber científico e saber técnico-artesanal (Rossi, 1989). O nascimento da cooperação entre escola e proce-

---

<sup>7</sup> A discussão sobre Deus e a extensão da lei da gravidade a todo o universo era recorrente no final do século XVII, e os autores escolásticos defendiam a posição newtoniana, assim como Galileu, Bacon e outros, de que Deus havia providencialmente guiado a evolução do cosmo para a criação, morte e redenção do homem. Leibniz era contrário tanto à generalização da lei da gravidade como à idéia da evolução do universo dirigida por Deus.

<sup>8</sup> O primeiro livro impresso na Europa por Gutenberg foi a Bíblia em 1445 e, em trinta anos, a nova técnica já havia se difundido por quase todo o continente. A prensa com caracteres móveis que proporcionou uma notável redução no custo dos livros, sem dúvida foi a que mais repercutiu neste florescimento científico. Spiegel (1971, p. 94) usa como indicador, certamente não ideal, o catálogo da Kress Library da Universidade de Havard, onde, no século XVI, havia cerca de 200 obras (livros e panfletos), no século XVII, 2000 e, entre 1700 e 1776, 5000.

dimentos técnicos ocorre a partir do século XV. Acusações polêmicas e apaixonadas de ambos os lados revelam a insatisfação com a antiga visão grega, presente nas obras de Aristóteles, Platão e outros, na qual o trabalho manual é tido como depreciativo das qualidades humanas.<sup>9</sup> À diferença da antiguidade clássica e da Idade Média, os técnicos-artesãos da idade moderna escreveram (mesmo que sem rigor e qualidade científica, metodológica e literária) e publicaram livros, expressando-se sobre artes, ciência e sociedade, polemizando contra a tradição escolástica praticada nas universidades.

Atentos a esta lacuna, grupos de intelectuais passaram a se preocupar cada vez mais com aspectos práticos para o desenvolvimento pleno do saber científico. Esta tendência à adaptação dos saberes intelectuais às novas exigências do mundo moderno através do programa educativo para nobres ingleses é traçado por Humphrey Gilbert em seu *Queen Elizabeth Academy*, escrito por volta de 1562 (Rossi, 1989, p. 47). Nele, “o ensino da lógica une-se ao da retórica, e tendem a dar condições ao aluno para proferir orações políticas e discursos militares. A filosofia política tem a tarefa de estudar a história dos vários estados, os sistemas de governo, os sistemas tributários, a administração da justiça. Mas é no estudo da filosofia natural e da matemática que predomina claramente a transformação do saber ‘físico’ num saber de caráter técnico relativo às fortificações, à estratégia, ao uso das artilharias. A geografia e a astronomia são ensinadas em função da navegação; a medicina, para o atendimento e medicação dos feridos. Os resultados dos estudos e experimentos ‘deverão ser apresentados sem frases enigmáticas e obscuras’. Uma nau armada e um jardim experimental estarão à disposição do estudante. O ensino do direito, das línguas modernas, da música, da esgrima e da dança completará a educação do jovem nobre”.

Os livros sobre máquinas publicados na Europa na segunda metade do século XVI e primeira metade do século XVII são dedicados à arte militar, à mineração, à metalurgia, à vidraria e à navegação. São estes os problemas apresentados às pessoas da época decorrentes das recentes descobertas geográficas e astronômicas, e da apropriação eficiente de sistemas energéticos, isto é, o vento para a navegação e moagem de grãos, e a energia térmica para a fundição. São preocupações com a cognição das coisas práticas e são escritas, na grande maioria das vezes, por pessoas estudadas e devotadas a resolverem problemas técnicos, não por artesãos sem estudo.<sup>10</sup> Em meados do século XVII, foram criadas as primeiras associações de pesquisa fundadas na cooperação entre pesquisadores e estado para o “avanço e o progresso das ciências e das artes através da colaboração”: Accademia Del Cimento (1657); Royal Society (1662); Academie des Sciences (1666).

---

<sup>9</sup> Para Aristóteles “alguns homens, por natureza superiores, são livres e outros, escravos e, para estes últimos, a escravidão é conveniente, adequada e certa”.

<sup>10</sup> Georg Bauer Agrícola é um bom exemplo disso. Nascido na Saxônia em 1494, estudou em Leipzig, Bologna e Veneza. Escreveu sobre geologia e mineralogia (entre as publicações o clássico *De Re Metallica*) enquanto ocupava funções de médico e diplomata.

A partir da segunda metade do século XVII, com a morte de F. Bacon, Descartes, Galileu, Kepler, surge uma segunda geração de pesquisadores reformadores: Samuel Hartlib, John Dury, William Petty, John Evelyn, Robert Boyle, que mostram-se interessados em aperfeiçoar as invenções e a sociedade. Influenciados pelos ideários e métodos da geração anterior são a expressão de uma sociedade que vê aumentar rapidamente o seu bem-estar, graças aos rápidos melhoramentos tecnológicos. Nas palavras de John Wilkins: “nas minhas pesquisas filosóficas e matemáticas, além da felicidade e do prazer que elas me proporcionam, há também a possibilidade de um efetivo benefício de caráter prático: especialmente para aqueles nobres que arriscam seu patrimônio naquelas onerosas e dispendiosas aventuras, como a extração do carvão mineral, a drenagem das minas (...) e também para aqueles artesãos que são hábeis na prática dessas artes”.

Em William Petty, encontramos elementos que caracterizam a filosofia experimental: a polêmica contra a cultura livresca; a utilidade prática da ciência; a indivisibilidade entre ciência, técnica e artes; e o otimismo do desenvolvimento das máquinas e da ciência.

O entusiasmo destes homens pela técnica e pelas artes mecânicas devia-se a um movimento de contra cultura, isto é, contra a cultura tradicional do escolástico erudito ligado ao sistema educacional universitário, e pró-cientista/experimentador. Para Boyler, “são a filosofia natural, as mecânicas e a agricultura, de acordo com o nosso novo colégio filosófico, que valoriza o conhecimento apenas se é útil à prática”<sup>11</sup>. Mais tarde, em 1671, em seu *Considerations Touching the Usefulness of Experimental Natural Philosophy*, Boyle reafirma o programa científico formulado por F. Bacon, agora para a esfera econômica: “que os bens da humanidade podem ser bastante aumentados em decorrência do interesse dos filósofos naturais pela indústria”.

#### 4. ENERGIA, COMÉRCIO E PRODUÇÃO

A grosso modo, do ano 1000 até o século XV, há um período de lentas transformações decorrentes de esforços deliberados de substituição da energia humana por outras energias observáveis na natureza. O domínio da tecnologia mecânica, neste sentido, substitui os sistemas energéticos de tração animal por máquinas movidas pelo vento e pela água, mais eficientes produtiva e energeticamente. Descartes, no seu *Discurso sobre o Método* (1637), afirma que “se conhecermos a força e as ações do fogo, da água, do ar, das estrelas, dos céus e de todos os demais corpos que nos rodeiam –com a mesma precisão com que conhecemos os diversos ofícios dos artesãos– poderíamos aplicar-las, de igual maneira, a todos os usos que

---

<sup>11</sup> Carta de Boyle a Marcomber de outubro de 1646 e publicada em 1744 por Bich em Londres sob o título *Works*, I, p. 20 (Rossi, 1989, p. 106).

*lhes são próprios e converter-nos, assim, em amos e posseiros da natureza*” (Descartes, 1637, pp. 61-62, citado em White (1962, p. 96)).

Em toda a Europa, por volta do século XV, encontravam-se cada vez mais instalações mecânicas, movidas por moinhos a água ou a vento, encarregadas de *“curtir ou lavar; serrar madeiras; triturar qualquer coisa, desde azeitonas até minerais; para acionar foles de alto-fornos, martelos de forjas ou molas destinadas a retocar e polir armas e armaduras; para reduzir os pigmentos que se usavam nas pinturas, ou na polpa para o papel, ou no malte para a cerveja. A revolução industrial da idade média, baseada na água e no vento, parece ter alcançado seu máximo refinamento em 1534, quando o italiano Matteo dal Nassaro instalou às margens do Sena uma polidora de pedras preciosas, apropriada pela Casa Real da moeda, em 1552, para a fabricação das primeiras moedas ‘cunhadas mecanicamente”* (White, 1962, p. 106).

A ansiedade geral em dominar a energia natural e aplicar-la em benefício humano é evidenciada pelas tentativas de gerar o “movimento perpétuo” a partir do século XII na Índia e do século XIII na Europa. O interesse por essas máquinas de movimento que podiam diversificar os meios de força e impulsão despertou a percepção do universo como uma “máquina em perpétuo movimento”. Os êxitos tecnológicos arejavam as mentes e rompiam com a rigidez intelectual e institucional da Idade Média. O crescente domínio da energia mecânica fazia aumentar a idéia e a fantasia de que o universo era um imenso depósito de energias controláveis pela vontade humana. Em 1260, Roger Bacon escreveu que *“é possível construir máquinas graças as quais os barcos maiores, com apenas um homem manejando, navegarão mais velozmente do que se estivessem repletos de remadores; é possível construir veículos que haverão de mover-se com velocidades incríveis e sem a ajuda de animais; é possível construir máquinas voadoras nas quais um homem... poderá vencer o ar com asas como se fosse um pássaro ... as máquinas permitirão chegar ao fundo dos mares e dos rios”* (White, 1962, p. 152).

Os limites à apropriação dos recursos naturais em grande escala, já iniciados com o domínio dos sistemas energéticos hidráulicos e eólicos (que fizeram aumentar a produção agrícola, o crescimento demográfico, a expansão das cidades e a produção metalúrgica) (Rich e Wilson, 1967, vol. IV, cap. I), foram definitivamente vencidos com a substituição da energia humana dos remos pela energia eólica na navegação. Os melhoramentos no transporte marítimo (principalmente o leme de popa por volta do século XIII) desencadearam o desenvolvimento comercial, a acumulação capitalista, a ruptura institucional com o feudalismo, as mudanças sociais e o surgimento dos economistas políticos denominados ‘mercantilistas’ (Cipolla, 1989).

Vale notar que *“a construção de navios, sua manutenção e seu aprestamento representam investimentos que favorecem o crescimento de um verdadeiro capitalismo financeiro”* (Hémery, Debeir e Deléage, 1993, p. 132). A expansão na construção de navios, grande consumidora de madeira, que tomou a Europa a partir do



século XV, se deu primeiramente na península Ibérica, estendendo-se para a Holanda no século XVI e Inglaterra no século XVII. Na Inglaterra, entre 1649 e 1688, foram construídos 209 novos navios quase todos de guerra. A indústria naval era a esta altura uma das maiores em cada país que a possuía, gerando empregos e renda (Oppenheim, 1896, citado em Church e Wrigley, 1994).

A transição do feudalismo para o capitalismo é marcada, como foi salientado, pela substituição dos sistemas energéticos renováveis (água, vento e lenha) pelas energias fósseis e o início desta substituição se deu nos séculos XVI e XVII como decorrência da escassez daqueles primeiros. O carvão mineral, substituto escolhido pela sua abundância e proximidade técnica com a lenha, passa a ser utilizado em diversos setores da manufatura. Um pedido de patente de 1610 em nome de Sir William Slingsby esclarece as dificuldades de se substituir a madeira pelo mineral. Em seu pedido, Slingsby divide as manufaturas em dois grupos: aquelas nas quais o carvão mineral foi utilizado com êxito, e outras em que esta substituição faliu. Segundo sua divisão, o primeiro grupo incluía as tecnologias de fervura: “cerveja, sal marinho, açúcar, tingimento”. No segundo grupo ele colocou o cozimento de “malte, pão, tijolos, telhas, cerâmica” e a fundição de “metal de sinos, cobre, latão, ferro, chumbo e vidro” (Nef, citado em Church e Wrigley, 1994). Em 1700, somente a produção de ferro ainda não havia sido adequada à utilização do carvão mineral.

São justamente essas novas linhas de produção utilizadoras de energia térmica que exigirão investimentos cada vez mais pesados em capital e a aproximação da ciência à técnica. “*A energia torna-se, desde então, um campo de trabalho para investidores, sábios e engenheiros (...) que desempenhará um papel decisivo da nova economia*” (Hémery, Debeir e Deléage, 1993, p. 139).

## 5. PENSAMENTO ECONÔMICO: BULLIONISTAS E MERCANTILISTAS

Como se acenou anteriormente, questões morais dominaram os debates sobre temas econômicos em toda a Idade Média. “*A doutrina econômica medieval consistia (...) de um corpo de definições e preceitos destinados a regular a conduta cristã nas esferas da produção, do consumo, da distribuição e da troca de bens*” (Pribram, 1998, citado em Roncaglia e Labini, 1995, p. 156). A intenção não era entender o funcionamento dos fenômenos naturais ou dos sistemas econômico-sociais, mas impor regras de conduta que não alterassem o *status quo* político-intelectual.

As inovações tecnológicas apropriadoras de energias não-humanas modificaram definitivamente a estrutura institucional da Idade Média através de melhoramentos nos transportes marítimos de longa distância. O comércio internacional era agora feito em grande escala e a distâncias cada vez maiores, permitindo o acúmulo de riquezas para os países que dominavam a tecnologia náutica. Simplificadamente, os

principais melhoramentos foram: após 1300, a adoção da vela redonda e do mastro principal; a transição dos navios de um mastro para o de três; a bússola; o aumento da capacidade de carga no século XV; e a introdução dos canhões para ataque e defesa dentro das embarcações no século XV<sup>12</sup>.

Neste contexto de domínio da tecnologia náutica, da energia eólica, da energia de explosão do canhão, que inutilizou as muralhas de proteção dos castelos, formam-se os Estados Nacionais. As reflexões sobre os fenômenos econômicos procuram explicar basicamente de onde provém a riqueza de uma nação face às novas formas de acumulação propiciadas pelas tecnologias agora disponíveis. Desta forma, o debate se dá primeiramente entre bulionistas e mercantilistas.<sup>13</sup> Os primeiros, da palavra inglesa *bullion* que significa ouro ou prata em lingotes, representados por autores como Thomas Gresham (1519-79), John Hales (morto em 1571), Bernardo Davanzati (1529-1606) associam a riqueza de uma nação ao estoque de moeda metálica em seu poder. É um tempo em que as informações estatísticas sobre produção são praticamente inexistentes, enquanto os dados sobre moeda são disponíveis quantitativa e qualitativamente. A atenção dos estudiosos se concentra sobre os movimentos do capital e seus determinantes e sobre a qualidade da moeda (pureza do metal). Procuram identificar níveis de taxa de juros atraentes de fluxos de capitais.

Os pensadores ditos mercantilistas enfatizam o papel do comércio internacional. Edward Coke (o idealizador da *Common Law*), Antonio Serra (autor de *Il breve trattato delle cause che possono far abbondare li regni d'oro e d'argento dove non sono miniere con applicazione al Regno di Napoli*, de 1613), Thomas Mun (1571-1641) que trabalhou na Cia das Índias e defendia a exportação de moedas em troca de mercadorias a serem reexportadas para outros países europeus, Colbert (o influente financista de Luís XIV), Laffemas (um dos escritores mercantilistas mais antigos da França), Axel Oxenstierna (embaixador da Suécia), defendem a expansão do comércio internacional, na qual este faria aumentar a riqueza da nação em maior medida do que a indústria e a agricultura. Em essência, tanto os bullionistas como os mercantilistas preocupam-se com a riqueza da nação e a forma de alcançá-la através do fluxo de moedas para dentro do território nacional.

Trata-se da tentativa de explicar dois fenômenos contemporâneos àqueles pensadores propiciados pelo domínio da tecnologia náutica e dos mares por dois países no século XVII: a Espanha, que em posse de todos os “tesouros” do mundo, teria

---

<sup>12</sup> Vale notar que o canhão é verdadeiramente o primeiro mecanismo de combustão interna inventado, constituindo uma apropriação eficiente da energia à explosão. Ver CIPOLLA, Carlo M. *Canhões e Velas na Primeira Fase da Expansão Européia (1400-1700)*. Gradiva, Lisboa, 1989; título original: “Guns, Sails and Empires”, 1965, pp. 73-75.

<sup>13</sup> Como sugere Magunsson, deve-se considerar que a divisão smithiana entre bulionistas e mercantilistas é simplista e generalizante, devido à dificuldade em situar os diversos autores em uma ou outra linha de pensamento. Contudo, este trabalho optou por não aprofundar esta questão específica, explorada em detalhe por MAGNUSSON (1993 e 1994), e manter a divisão tradicional (adotada por autores como RONCAGLIA, & LABINI), focando nos aspectos gerais que caracterizam os escritos econômicos da época.

sido levada à pobreza; e os Países Baixos, uma nação pequena e sem recursos naturais ou financeiros que teria se tornado rica. Estes acontecimentos levaram os mercantilistas a eleger o comércio como o grande fator explicativo da riqueza nacional. Historiadores do pensamento econômico como Heckscher (1931) e Schumpeter (1954), todavia, afirmam que não se pode falar de uma “escola de pensamento mercantilista”. Segundo eles, os autores deste período não chegam a um sistema interpretativo coerente da realidade econômica. Não desenvolvem conceitos nem análises sistemáticas donde possa surgir uma teoria. A utilização dos termos mercantilismo e bullionismo para se referir a doutrinas bem definidas não seria estritamente correta, mas é uma generalização útil para indicar os dogmas econômicos (geralmente relacionados à Inglaterra e França dos séculos XVI e XVII e em certa medida Holanda, Espanha e Itália) e as diferenças com a economia política clássica (Magnusson, 1993). Os diferentes autores não acordam sobre como dinheiro, juros, preços e comércio exterior relacionam-se. Os aspectos práticos dominam sobre as reflexões teóricas. As posições expressas sobre o papel do governo (protecionismo comercial, autoritarismo econômico e substituição de importações) são interessantes, mas a principal contribuição ao desenvolvimento do pensamento econômico da época refere-se à visão da economia como um sistema que deve ser desenvolvido através do método baconiano de argumentação lógica e demonstração dos fatos (Magnusson, 1993).

A literatura bullionista e mercantilista assume um papel importante de afirmação do Estado Nacional contra o universalismo da igreja católica e o particularismo da estrutura do poder feudal. O objetivo não é o bem estar individual (como será para Adam Smith), mas a afirmação político-militar do Estado (Heckscher, 1994, pp. 273-285). O apoio à concorrência refere-se apenas à concorrência entre nações, privilegiando sistemas de taxas às exportações de matérias primas e às importações de manufaturados. Todavia, há claramente a expressão de exigências tipicamente capitalistas e empresariais, já que o sistema comercial depende do desenvolvimento de mercados consumidores.

A concepção matemática e mecânica do mundo ainda não está plenamente inserida no discurso econômico. Alguns autores, entretanto, fazem referências físicas e metafísicas numa clara transição do mundo espiritual feudal para o mecanicista de mercado. Utilizam expressões metafóricas como “doença do corpo político”, mercadorias como o “corpo do comércio”, e o dinheiro e os títulos como a “alma do comércio” (Heckscher, 1994, pp. 273-285). Estas analogias procuram legitimar a liberdade institucional que começa a surgir com o comércio, comparando-as com o funcionamento do corpo humano e influenciadas pela teoria da circulação sanguínea desenvolvida pelo fisiologista e anatomista inglês William Harvey (1578-1657)<sup>14</sup>. Mesmo Thomas More (autor de *A utopia*, de 1516) defende a inocuidade

---

<sup>14</sup> Harvey anuncia a descoberta em 1616, mas a publica em 1628 sob o título *Eseritatio anatómica de motu cordis et sanguinis*.

legislativa se não respeitado o funcionamento sócio-econômico, ou seja, uma leitura não muito clara da conexão entre leis econômicas e motivações do agir humano. Este é o início da teorização de regras econômicas fixas e naturais que serão aprofundadas por Petty e os aritméticos políticos.

## 6. WILLIAM PETTY E A ARITMÉTICA POLÍTICA

A aritmética política é entendida não tanto como um ramo da estatística, mas sim como a extensão de uma nova ciência social, ou seja, a afirmação de métodos quantitativos na análise dos fenômenos sociais, em estreita sintonia com a revolução científica das ciências naturais. “Eram econométristas. Realmente, a obra que realizaram exemplifica com perfeição o que é a econometria e o que pretendem fazer os econométristas” (Schumpeter, 1954, p. 265).

William Petty e seus seguidores, como Gregory King (1648-1712) e Charles Davenant (1656-1714)<sup>15</sup>, procuram organizar dados quantitativos da sociedade tal qual uma rudimentar contabilidade nacional, inserindo definitivamente a instrumentalização matemática na economia. Não sistematizam eficientemente a relação entre estoque, insumos e produção do sistema econômico tanto para a sua totalidade quanto para a produção setorial. Todavia, suas estatísticas forneciam uma base importante (não obstante suas enormes deficiências) para as escolhas do Rei no campo fiscal e na política externa. O método é aquele baconiano indutivo, a fusão entre o método dedutivo aristotélico e o empirismo dos alquimistas e técnicos-artesãos. Desta forma, os dados quantitativos sobre os fenômenos sociais são racionalizados conforme a visão do autor.

Os autores Aritméticos Políticos eram administradores consultores com forte formação acadêmica. No que refere a Petty, sua formação é ampla. Marinheiro, médico do exército inglês, anatomista (formado em Paris sob a orientação de Hobbes), inventor (na década de 1640 tenta patentear uma máquina de cópias de manuscritos), catedrático de anatomia e música em Londres, fundador da Royal Society, topógrafo e proprietário de terras.

Tratou de problemas práticos de sua época e país como tributação, moeda, nível de emprego, política e comércio exterior. Não chegou a desenvolver uma teoria econômica consistente, mas teve a originalidade de utilizar os dados econômicos para deduzir conceitos como o da velocidade da moeda, da renda nacional e outros. Petty faz um levantamento sobre a atividade produtiva da época. São contabilizações verticais das atividades mineiras, manufactureiras, agrícolas, pastoris e de pesca, da matéria prima ao produto final.

A preocupação central dos seus escritos, tácita em todas as discussões secundárias, referem-se às causas que levam um Estado a ser rico. Todavia, trata a socieda-

---

<sup>15</sup> E outros como o alemão Herman Conring, Richard Cantillon e François Quesnay.

de como submissa a uma única autoridade política que é o Rei, o que o impede de desenvolver os conceitos de setores econômicos dentro do sistema produtivo e as relações tecnológicas daí decorrentes.

Afirma, então, que o Estado deve se encarregar da proteção militar, da educação (fornecimento de escolas e universidades, embora não descarte a educação privada) e da infra-estrutura de transportes e de irrigação como condição para produzir internamente e comercializar externamente até o ponto em que o país tiver “*mais dinheiro do que qualquer outro de nossos vizinhos (nunca menos), tanto em proporção aritmética quanto geométrica, isto é, quando tivermos provisões para um número maior de anos (...)*” (Petty, 1983, p. 102).

Aprofundando a questão dos motivos que levam um Estado à riqueza, no “Aritmética Política”, questiona, já no capítulo I, como um “*país pequeno, com pouca gente*” pode “*ser equivalente em riquezas e poderio a outro com território muito mais amplo e população muito maior, e particularmente como a navegação e o transporte marítimo, de maneira excelente e fundamental, conduzem a isso*”. Inicia então sua argumentação dizendo que “*graças a seu engenho um homem pode realizar tanto trabalho quanto muitos sem ele –por exemplo, com um moinho (...), um tipógrafo (...), um cavalo puxando um carro com rodas (...)*”. O autor segue, então, comparando a Holanda e a ‘Zelândia’ com a França (utilizando seus dados estatísticos agregados de contabilidade nacional ainda primitivos), para deduzir os motivos que levaram os dois primeiros (países muito menores em espaço e população) à possuírem riqueza comparável à da França. Chega a duas conclusões. A primeira de ordem geográfica, ou seja, num país pequeno e de terras férteis como a Holanda, os custos militares e de alimentação são menores. Além disso, os dois países estão localizados na embocadura de três rios caudalosos, facilitando o comércio internacional das manufaturas que produzem. A segunda refere-se à disponibilidade energética da Holanda, que sendo um “*país plano (...) em qualquer parte pode-se instalar um moinho de vento, e, como a terra é úmida e vaporosa, sempre há vento soprando, propiciando a economia de muitos milhares de braços (...)*”.

Ainda com relação à energia, afirma que a Holanda e a ‘Zelândia’ apropriam-se com mais eficiência da energia eólica para o transporte marítimo, traduzida em custos de transporte mais baixos. Estes dois países estariam na fronteira tecnológica na manipulação “*da madeira para construção de navios, botes, mastros e cascos; de cânhamo para cordas, velas e redes; de sal, de ferro, e também de piche, alcatrão, resina, cal, óleo e sebo (...)*” (Petty, 1983, pp. 115-122).

A importância que Petty dá à apropriação da energia é, portanto, grande. Trata-a como uma das precondições para o desenvolvimento econômico de um Estado. Refere-se à energia eólica e hidráulica reconhecendo-as como substitutas do trabalho humano. Escreve também sobre a importância da tecnologia em diversas partes de seus livros, concebendo-a como neutra e decorrente de especificidades geográficas. Embora não relacione explicitamente domínio da tecnologia com riqueza, assume

que novos inventos economizam o trabalho manual do ser humano que estaria destinado, depois de ter acumulado grande quantidade de bens, a se ocupar com o desenvolvimento da mente e da sua relação com Deus.

## 7. CONCLUSÕES

Os estudos econômicos, um dos ramos das ciências sociais, possuem particularidades que dificultam a atribuição do *status* “ciência” tal como ocorre nas “ciências naturais”. Pode-se enumerar facilmente duas destas particularidades: i) dificuldade de experimentação das teorias; ii) mutabilidade do objeto estudado, qual seja, o comportamento da sociedade e do ser humano. Estes dois fatores, muito mais do que nas ciências naturais, caracterizam a ciência econômica, e as ciências sociais analíticas em geral, como sendo socialmente construídas. Em outras palavras, os pensadores econômicos desenvolvem teorias econômicas fortemente contextualizadas, cujas motivações podem ser o interesse de classe, o estágio de desenvolvimento, a fundamentação de certa doutrina, etc. Mesmo quando fundamentada, como será a partir do século XIX, sobre bases conceituais psicológicas (mesmo que superficiais), nada pode assegurar a imutabilidade do objeto de análise (o modo de agir humano) através das gerações.

Assim, este trabalho procurou mostrar que as teorias econômicas desenvolvidas nos séculos XVI e XVII, o berço do pensamento econômico capitalista, foram fortemente influenciadas por três fatores: 1) a disponibilidade de energia não animal apropriada para a produção e o comércio de bens; 2) uma forte ojeriza ao controle institucional católico do feudalismo sobre a produção e a reprodução do pensamento, que se traduziu no desejo em se desenvolver verdades (ciência) universais ou neutras. Esta concepção levou à universalização do uso da linguagem matemática; 3) em contraposição ao ponto 2) e à concepção neutra da ciência, a construção das teorias econômicas do período preocupou-se com o enriquecimento do Rei e o fortalecimento do Estado<sup>16</sup>.

A apropriação de fontes energéticas não animais cumpre um papel decisivo ao tornar mais eficiente o transporte e permitir o enriquecimento pelo comércio. Os países que dominaram a energia eólica para o transporte marítimo, e a Holanda certamente foi quem desenvolveu navio mais velozes, obtiveram melhores resultados comerciais. Os autores econômicos, atentos a essas transformações técnicas, logo elegeram o transporte e o domínio do comércio internacional como os fatores a serem incessantemente perseguidos pelos Estados. Ademais, estes autores, na sua

---

<sup>16</sup> Mesmo quando argumentando sobre o nível de emprego ou o fim da mendicância a preocupação em tirar as pessoas do ócio é “proporcionar ao Rei os instrumentos mais apropriados para seus negócios de todas as espécies, estando tão firmemente obrigadas a serem seus servidores fiéis quanto seus próprios filhos naturais”. Em “Uma proposta de várias ocupações para os mendigos e para quem se encontra sem trabalho” em PETTY, W. *Tratado sobre Impostos e Contribuições*. Abril Cultural, São Paulo, 1983, p. 22.

grande maioria, estavam a serviço do Rei como consultores e administradores da sua riqueza. Sua visão, desta forma, reflete os interesses particulares do Rei. Não propõem hipóteses analíticas sobre o funcionamento econômico a serem testadas, não podendo ainda ser consideradas como um corpo teórico consistente e bem definido. Em outras palavras não constituem verdadeiramente uma ciência econômica.

## BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL, J.D. (1965): *Ciência na história*, vol. 1-7. Lisboa: Livros Horizonte. (Título original: *Science in History*).
- CIPOLLA, C.M. (1974): *The Economic History of Europe: The Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Fontana Books.
- CIPOLLA, C.M. (1989): *Canhões e velas na primeira fase da expansão europeia (1400-1700)*. Lisboa: Gradiva. (Título original: *Guns, Sails and Empires*, 1965).
- CHURCH, R.A.; WRIGLEY, E.A. [org.] (1994): *The Industrial Revolutions: The Coal and Iron Industries*. (The Economic History Series). Oxford / Cambridge: Blackwell.
- HALL, A.R. (1980) *Philosophers at War: The Quarrel between Newton and Leibniz*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HECKSCHER, E.F. (1994): *Mercantilism*. London/New York: Routledge. (Primeira publicação em sueco em 1931).
- HÉMERY, D.; DEBEIR, J.C.; DELÉAGE, J.P. (1993): *Uma história da energia*. Brasília. (Título original: *Lês servitudes de la puissance: une histoire de l'énergie*. Flammarion, 1986).
- HOOYKAAS, R. (1988): *A religião e o desenvolvimento da ciência moderna*. Brasília: Polis. (Título original: *Religion and the Rise of Modern Science*. Scottish Academic Press, 1972).
- MAGNUSSON, L. (1993): *Mercantilist Economics*. Kluwer Academic Publisher.
- MAGNUSSON, L. (1994): *Mercantilism: The Shaping of an Economic Language*. London/New York: Routledge.
- PETTY, W. (1927-1928): *The Petty-Southwell Correspondence*. (Carta publicada em 1927-28, originalmente escrita em 1687).
- PETTY, W. (1983): *Aritmética política*. São Paulo: Abril Cultural. (Título original: *Political Arithmetick*, escrita no ano 1676 e publicada no ano 1690).
- PETTY, W. (1983): *Tratado sobre impostos e contribuições*. São Paulo: Abril Cultural. (Título original: *A Treatise of Taxes and Contributions*, publicado por volta de 1662).
- PETTY, W. (1983): *Verbum sapienti*. São Paulo: Abril Cultural. (Escrito em 1665 e publicado em 1691).
- RANDALL, J.H. (1976): *The Making of the Modern Mind*. New York: Columbia University Press.
- RICH, E.E.; WILSON, C.H. (1967): *The Economy of Expanding Europe in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, vol. IV, cap. I. Cambridge: Cambridge Economic History of Europe.
- RONCAGLIA, A.; LABINI, P.S. (1995): *Pensiero economico: temi e protagonisti*. Roma/Bari: Laterza.

ROSSI, P. (1989): *I filosofi e le machine: 1400-1700*.

SCHUMPETER, J.A. (1954): *History of Economic Analysis*. New York: Oxford University Press.

WHITE, L. (1962): *Medieval Technology and Social Change*. Oxford University Press.

WEBER, M. (1983): *A ética protestante e o espírito do capitalismo*. São Paulo: Pioneira. (Título original: *Die protestantische ethik und der geits des kapitalismus*).