Actas do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica (Universidade de Évora e Universidade de Aveiro, 22 a 27 de Outubro de 2000), Cidade, Editora, 2000, pp ...-....

Ciência ou Técnica: Uma Colecção de Instrumentos Didácticos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Science or Technology: a Didactic Instruments Collection of the Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Manuel Vaz Guedes(1)

(1) **FEUP** – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
mvg@mail.telepac.pt

Science or Technology as a dichotomy for the selection and the teaching of a course of Kinematics by the Reuleaux system in 1877. Also the main character of the design and development of the didactic instruments for the demonstration of concepts and the visualisation of mechanisms. And the history of the didactic instruments…

1. INTRODUÇÃO

A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto possui no seu espólio museológico um conjunto vasto de instrumentos didácticos que formavam o Gabinete Cinemático da Academia Politécnica do Porto (1881), [1]. A posse destes instrumentos científicos e o estudo da sua história permitem reencontrar as antigas questões suscitadas pela pretensa dicotomia Ciência ou Técnica [2].

Ciência ou Técnica — como opção difícil na escolha do programa das disciplinas de formação de um engenheiro.

Ciência ou Técnica — como actividade marcante no projecto e no desenvolvimento de uma colecção de instrumentos didácticos.

No momento de criação dos cursos de Engenharia Civil (não militar) na cidade do Porto, em 1837 com a criação da Academia Politécnica do Porto, foi estabelecido o estudo da Mecânica como disciplina científica de base para a formação dos engenheiros. Mas, devido a problemas com o reduzido numero inicial de cadeiras com que a Academia Politécnica foi criada houve uma parte da Mecânica que ficou ligada ao ensino das Matemáticas, através da Geometria Descritiva. Apesar de já traduzirem o

[1] Albuquerque, J. A., "O Gabinete Cinemático da Academia Politécnica do Porto - sistema Reuleaux", Typografia Ocidental, Porto 1893

[2] Este texto teve como fonte o trabalho de investigação publicado com o mesmo título no livro "Memórias da FEUP — no ínicio do funcionamento das novas instalações", pp. 148–185, FEUPedições 2001

trabalho de *matematização* da Mecânica que vinha sendo realizado desde G. Monge e S. Carnot, os primeiros cursos (1838 a 1859) ainda tiveram a influência de um docente com experiência profissional. A partir de 1851 o ensino da Mecânica, no âmbito das Matemáticas, teve a influência racionalizante de um filósofo — Pedro Amorim Viana [3]. Outros docentes que se seguiram no ensino daquela cadeira procuraram acompanhar o trabalho realizado no estrangeiro, rumo à estruturação de uma Mecânica Racional, até que em 1877 chegou ao Porto um exemplar do tratado de Franz Reuleux, [4]. Nesse tratado era proposto, justificado e divulgado um novo método de ensino da Cinemática.

Joaquim d'Azevedo Albuquerque [5] adoptou, com o consentimento do Conselho Escolar, a ensino da Cinemática pelo método inventado por F. Reuleaux, mas logo (1880) veio a compreender a necessidade de adquirir os instrumentos do laboratório didáctico, que entretanto F. Reuleaux, com o auxílio de uma firma industrial, desenvolvera para o seu curso na Escola Superior Técnica de Berlim, [6].

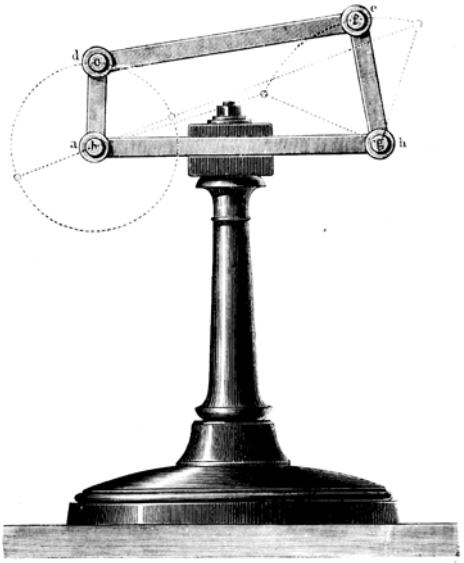

Figura 1 – **Modelo de Mecanismo (*mechanism model*)**

2. A CINEMÁTICA PELO SISTEMA REULEAUX

No estabelecimento da Cinemática como Ciência, vários autores deram o seu contributo. Quando Franz Reuleaux fez a sua análise crítica, como se encontra expressa na Introdução do seu tratado, tinham já ocorrido algumas tentativas significativas para o

[3] Silva, António C. Leal da (1993); *"Dados Sobre a Vida e Obra de Amorim Viana"*, INCM

[4] Reuleaux, Franz (1877); "Cinématique - Principes Fundamentaux d'une Théorie Générale des Machines", trad. de A. Debize, Lib. F. Savy, Paris

[5] Joaquim de Azevedo Albuquerque (1839–1912), engenheiro civil de pontes e estradas (1861) pela Academia Politécnica do Porto, lente após concurso em 1876

[6] Anais da Academia Politécnica do Porto (1881–82), pp. 115–120, Tip. Central, Porto

estabelecimento de uma ciência dos movimentos — G. Monge (1794), Lanz e Béthencourt (1808), R. Willis (1841), Ch. Laboulaye (1849), Poncelet (1867).

Franz Reuleaux (1829–1905) formou-se em engenharia nas novas escolas que surgiram na Alemanha no século dezanove, mas as suas qualidades pessoais levaram-no a ser um filósofo no mundo da engenharia. Em 1856 tornou-se professor de Desenho de Máquinas, e depois ocupou vários cargos docentes e administrativos em várias Escolas Técnicas Superiores de Berlim. Publicou um primeiro livro, que também foi traduzido em francês — "*Le Constructeur*" — em 1861, mas esse livro tinha um carácter geral, abrangendo a Resistência dos Materiais, A Estática Gráfica (Grafostática), a *Determinação* dos Orgãos de Máquinas, e Desenhos, num conjunto que hoje pode ser tomado como um mero livro técnico formando uma "colectânea de receitas". Em 1875 publicou o seu tratado científico e filosófico sobre Cinemática — "*Theoretische Kinematik: Grundzge einer Theorie des Machinenwesens*" — que foi apresentado como obra definitiva na evolução que vinha ocorrendo no domínio da Cinemática. O tratado de Cinemática foi traduzido para inglês em 1876 e para francês em 1877. Publicou ainda vários diários de viagens e uma tradução para o alemão de uma obra literária de Longfellow (*Hiawatha*). Como "pensador da técnica" pronunciou várias conferências, estando divulgada uma conferência de 1884 em Viena sobre a relação entre Técnica e Cultura (ou civilização).

Durante a preparação do seu tratado F. Reuleaux começou a desenvolver os modelos de mecanismos cinemáticos que iriam constituir a *Colecção Cinemática* da Escola Superior Técnica de Berlim. Nessa altura passou a participar como membro do júri em várias exposições mundiais, como em Filadélfia em 1876.

Figura 2 – **Franz Reuleaux (1829–1905)**

Apesar do tratado de F. Reuleaux, e da filosofia da ciência e da técnica subjacentes, terem tido uma aceitação notável, ainda em vida do autor começou a diminuição da importância dessa sua obra. O seu método não dava resposta completa ao projectista de máquinas porque se fixava apenas no movimento com abstracção de

problemas importantes de força, de atrito, de rolamento, etc... que estão sempre ligados ao movimento dos orgãos de uma máquina. De toda a obra de F. Reuleux hoje apenas está vulgarizado o traçado do *Triângulo de Reuleaux* — triângulo curvilíneo equilátero, figura geométrica que possui uma largura constante, e que pode ser envolvida por um quadrado, ou por um losango, durante a rotação.

3. A COLECÇÃO CINEMÁTICA DE REULEAUX

Uma análise efectuada ao tratado de Franz Reuleaux, adoptado oficialmente no ensino da 3ª Cadeira *(Mecânica Racional; Cinemática)* da Academia Politécnica do Porto desde 1881, permite constatar factos característicos do Sistema Reuleaux para estudo da Cinemática:

a) – é importante a correlação que se acaba por estabelecer entre mecanismos muito díspares através de operações de transformação dedutiva, acompanhada de manipulações simbólicas;

b) – é necessário um conhecimento prévio dos mecanismos e da sua efectiva aplicação, porque o Sistema Reuleaux não fornece elementos críticos valorativos da aplicação do Método nem fornece informação sobre o realismo dos resultados obtidos;

c) – *apesar do tratado estar ilustrado com desenhos esquemáticos, ou mesmo figurativos, o estudante deste método carece de qualidades especiais de imaginação, de capacidade de visão no espaço, e de conhecimento prévios dos diferentes aspectos de construção das máquinas industriais (habilidade técnica) para aplicar com proveito o Sistema de Franz Reuleaux.*

Este problema de ensino foi sentido por Franz Reuleaux durante o estabelecimento do seu Sistema, e por isso começou a desenvolver um conjunto de modelos dos mecanismos que agrupou no Gabinete Cinemático Reuleaux. No tratado não aparece uma referência directa à constituição ou à necessidade de existência desse Gabinete, mas é referida a existência de modelos dos mecanismos em análise e, quando é caso disso, são apresentadas as respectivas figuras.

Logo no início do século dezoito principiou a utilização dos instrumentos didácticos no ensino e no entretenimento ambulante. Foi em Oxford e em 1700 que se realizaram as primeiras aulas de exposição das ideias de Newton acompanhadas da realização de experiências com instrumentos científicos. A partir dessa época começou então a aplicar-se este novo método de ensino, ampliando o conjunto de fenómenos e de matérias cuja exposição era acompanhada com a realização de demonstrações realizadas com instrumentos apropriados.

O desenvolvimento deste novo método de ensino, durante a primeira metade do século dezoito, levou à criação de colecções de instrumentos próprios para demonstração de fenómenos científicos, pertença de instituições de ensino ou de particulares, e de uma indústria de construção destes tipo de instrumentos, que, existindo por toda a Europa, teve os seus expoentes em fabricantes instalados nas cidades de Leiden, Londres e Paris.

Os instrumentos didácticos — *instrumentos destinados a demonstrar vários efeitos físicos e a auxiliar a exposição de um assunto científico* — eram construídos com grande cuidado, com dimensões apreciáveis e utilizando bons materiais. O fim principal desses instrumentos era permitir uma interpretação, à luz da ciência, da ocorrência de um fenómeno — a acção do instrumento didáctico nem sempre seria uma prova para uma

asserção científica, mas podia ser somente a sua ilustração.

Durante o estabelecimento do seu Sistema Franz Reuleaux foi desenvolvendo modelos dos mecanismos, procurando tornar mais claras as aulas de exposição; foi uma tarefa que durou vários anos, mesmo para além da publicação do seu tratado. A Colecção de Modelos Cinemáticos original foi desenvolvida para a Escola Técnica Superior de Berlim (Technische Hochschule zu Berlin) e chegou a ter cerca de 800 modelos. Mas, para colocar a Colecção à disposição de todos os que se dedicavam ao ensino da Cinemática, Franz Releaux estabeleceu uma relação comercial com a empresa Gustav Voigt, Mechanische Werkstatt, de Berlim e dirigiu a construção dos modelos que foram vendidos por aquela empresa. Em 1888 existiam já 248 modelos cinemáticos no catálogo daquela empresa e em 1907 o catálogo apresentava 368 modelos cinemáticos.

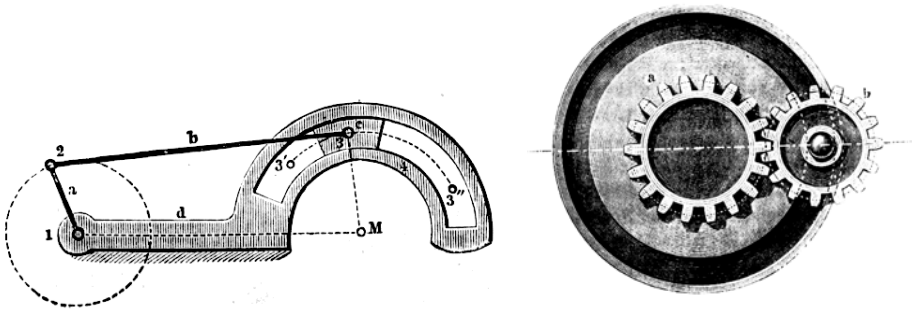

Figura 3 – **Modelos Cinemáticos (*kinematic models*)**

O Conselho Académico da Academia Politécnica do Porto votou em Julho de 1880, a aquisição de modelos de Cinemática, dentro do reduzido orçamento disponível. Com esses modelos, o ensino, na exposição e na demonstração, da Cinemática segundo o Sistema Reuleaux podia já ser realizado com um considerável apoio instrumental. Mas a aquisição dos instrumentos didácticos para o ensino da Cinemática continuou nos anos seguintes, e acabou por se realizar ao longo de catorze anos (de 1881 a 1895). No final existe o registo nas páginas do *"Anuário da Academia Politécnica do Porto"* — de 1881–82 a 1894–95 — da compra de cento e treze (113) modelos, que foram sendo integrados no Gabinete Cinemático.

É em 1888 que Azevedo de Albuquerque solicita ao Governo um subsídio para publicar um trabalho seu *"relativo à descrição científica e metódica dos modelos que"* o Gabinete de Cinemática possuía. O subsídio foi concedido em 1889, com a aprovação do Conselho Superior d'Instrução Pública, e o opúsculo ilustrado *"O Gabinete Cinemático da Academia Politécnica do Porto — sistema Reuleaux"* foi publicado no Porto em 1893. Este trabalho de Azevedo Albuquerque foi dedicado, na primeira página, a Franz Reuleaux, como *"creador da* Cinemática *moderna"* e *"como testemunho da introdução do seu admirável systema scientífico no ensino superior em Portugal"*.

O conjunto vasto de instrumentos didácticos que constitui a Colecção Cinemática de Reuleaux tem uma técnica construtiva comum: são essencialmente peças construídas em metal (vários metais), a que se deve, sem dúvida, a sua durabilidade, em alguns casos foi utilizado o vidro, e nas bases ou suportes foi utilizada a madeira. A escala utilizada

na construção dos modelos permite uma visão próxima cómoda, e as cores do conjunto são sóbrias, ou mesmo soturnas.

No seu Método Franz Reuleaux estabelece que as máquinas se compõem de corpos ligados dois a dois — *pares de elementos* [7] —, constituindo os elementos primeiros da mecânica.

Um par de elementos cinemáticos permite realizar um movimento determinado, desde que um dos elementos esteja fixo. No *par de elementos prismáticos (P)*, quando o prisma maciço está fixo e o prisma oco exterior está em movimento todos os seus pontos descrevem segmentos de linha recta com o mesmo comprimento.

No par de elementos *porca-parafuso (S)*, desde que o parafuso esteja fixo, quando a porca se move, todos os seus pontos descrevem hélices de uma forma determinada. Com pares de elementos é possível realizar um grande número de movimentos Mas esse número de movimentos aumenta se se reunirem, por uma ligação recíproca, pares de elementos, como na ligação recíproca de dois sistemas formados por dois pares *cilindro-corrediça*. A reunião de vários pares de elementos forma uma *cadeia cinemática (simples ou composta)*. Numa cadeia cinemática o corpo resultante da reunião de elementos de pares diferentes é um *membro* dessa cadeia cinemática.

Formando uma cadeia cinemática fechada, na qual um dos membros está fixo, cria-se um *mecanismo*.

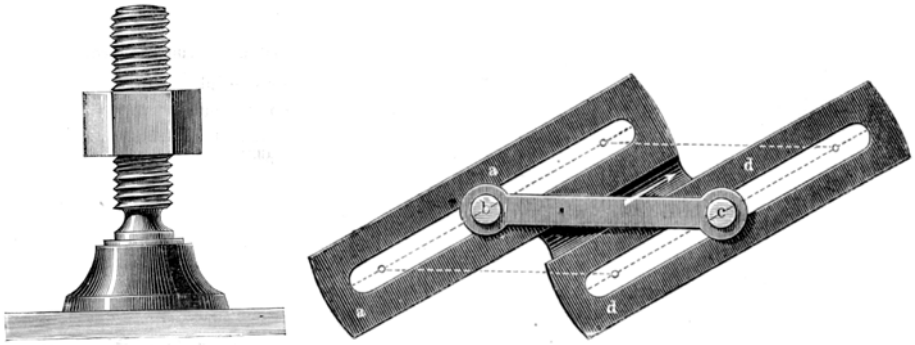

Figura 4 – **Cadeia cinemática (*kinematic chain*)**

Na opinião de Azevedo Albuquerque: "Este processo geral de formação dos mecanismos permite realizar indefinidamente movimento de leis complexas: o movimento relativo de dois membros consecutivos é o do binário (par de elementos) que os liga, mas o dos outros membros resulta de todos os outros binários (pares de elementos)."; "Aplicando uma força a um membro móvel d'um mecanismo, capaz de o pôr em movimento, a força opera um trabalho mecânico que se produz com movimentos determinados: é a *máquina*"; e "Tal é a análise da máquina, isto é a determinação do seu conteúdo cinemático em mecanismos, cadeias e binários (pares) de elementos." [8].

Partindo dos elementos cinemáticos torna-se possível não só fazer a Análise

---

[7] Azevedo Albuquerque adoptou a designação de *binário de elementos*, o que não seria confuso na sua época!

[8] ver Joaquim d'Azevedo Albuquerque; *"O Gabinete Cinemático da Academia Politécnica do Porto"* — Preâmbulo p. x

Cinemática, mas também a Síntese Cinemática, que agora se pode tornar metódica e abandonar o empirismo até aí seguido.

A análise do tratado de F. Reuleaux é uma tarefa interessante, mas árdua, dada a quantidade de assuntos tratados em torno do estabelecimento fundamentado de uma nova Teoria Geral das Máquinas. Mas logo na análise das primeiras partes constituintes do tratado de Franz Reuleaux se pode formar a ideia de que o estudioso de Cinemática por este novo método rapidamente perdia o sentido da realidade, porque se não conhecesse previamente os mecanismos utilizados na construção industrial das máquinas, através do estudo do tratado, e apesar das suas muitas figuras inseridas no texto e num atlas anexo, não conseguiria concretizar (ou realizar) a imagem, o funcionamento, e o aspecto construtivo do mecanismo em estudo!...

Como comentário global de análise ao tratado de Franz Reuleaux pode-se escrever que o trabalho nele publicado é notável devido à coerência interna que apresenta e por ter feito avançar a Cinemática no caminho definido por André Marie Ampére no momento da caracterização desta ciência.

Mas, o autor não atendeu às reais necessidades do projectista de máquinas, apenas fez avançar a cinemática na via do Racionalismo, essencialmente na aplicação do Método Dedutivo. No estabelecimento do seu Sistema, Franz Reuleaux estava, implicitamente, a considerar os vastos conhecimentos de Projecto de Máquinas, mesmo os que tinha adquirido na aplicação de métodos expeditos de projecto, como os que são utilizados no seu outro livro *"Le Constructeur"*. Por isso, depois de ter sido considerado como a concretização de uma esperança antiga no desenvolvimento de um método científico de projecto de orgãos de máquinas, o Sistema Reuleaux começou a ser abandonado no ensino, mas o tratado continuou sempre a ser considerado como uma obra fundamental no desenvolvimento da Cinemática, [9].

Mesmo com as características particulares do Sistema Reuleaux, bem patentes na análise do tratado, o aparecimento desta obra foi bem recebido no Porto, como o mostra o entusiasmo do lente Azevedo Albuquerque,", [10]. Logo no ano lectivo de 1878–79 em que regeu pela primeira vez a 3ª Cadeira, o lente Azevedo Albuquerque criou o Gabinete de Cinemática na Academia Politécnica do Porto.

Apesar da formação de engenheiros civis na Academia Politécnica do Porto ter um nível de ensino das ciências básicas elevado, a participação desses engenheiros na Indústria metalúrgica da cidade do Porto na segunda metade do século dezanove não foi significativa. Existiam várias fundições na cidade, mas as máquinas aí construídas eram de pequena potência (menor do que 15 kW) e eram cópias fieis de máquinas importadas; o processo industrial apoiava-se apenas numa mão de obra barata e com habilidade para o trabalho manual dos metais [11], e não na execução dos projectos de máquinas, para fins industriais específicos, concebidos por engenheiros portugueses.

Mas em 1873 na 13ª cadeira da Academia Politécnica do Porto passou a ser ensinada a Mecânica Aplicada à Resistência dos Sólidos e à estabilidade das

---

[9] ainda hoje se deve aconselhar a consulta do tratado de Franz Reuleaux a todos os que se dedicam à docência de áreas científicas como a Electromecânica, a Robótica ou a Mecatrónica

[10] ver *"Anuário da Academia Politécnica do Porto, ano lectivo de 1880–81"*, pp. 168 a 170.

[11] Santos, M. Morais "A Mecanização da Indústria e a Construção Mecânica Portuguesa", Colóquio *A Indústria Portuense em Perspectiva Histórica*, Porto 1997

Construções, especialmente a pontes, estradas e às máquinas a vapor.

A partir daqui a diferença de abordagem do ensino dos assuntos da Cinemática e da Mecânica Estrutural, levaram a um caminhar do ensino da Mecânica Racional apenas para aspectos teóricos, e da Mecânica Estrutural para as aplicações quotidianas. Nas sucessivas Escolas de Engenharia que sucederam à Academia Politécnica do Porto, quando esta se transformou na Universidade do Porto em 1911 — Escola de Engenharia Anexa à Faculdade de Ciências (1911–1915), Faculdade Técnica (1915–1926) e Faculdade de Engenharia (1926–...) — apesar do ensino da engenharia compreender os primeiros anos de formação em Ciências Básicas seguidos dos últimos anos com a formação em Ciências da Engenharia, foi diminuindo a importância do Gabinete Cinemático. Na teoria deixou-se de fazer o estudo da Cinemática pelo Sistema Reuleaux e foi-se adoptando uma abordagem comum às restantes partes da Mecânica Racional; a prática reduziu-se à resolução de refinados problemas, [12], e a simples visualização de uma demonstração com um instrumento didáctico desapareceu do ensino destas matérias científicas. Curiosamente, o Gabinete Cinemático acabou por ser cedido pela Secção de Matemática da Faculdade de Ciências às sucessivas Escolas de Engenharia, e cada vez mais se tornou um conjunto de peças que esporadicamente eram utilizadas na ilustração de um conceito da Mecânica ou na demonstração do funcionamento de um mecanismo.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada uma Colecção de Modelos Cinemáticos — Colecção Reuleaux — que adquirida pela Academia Politécnica do Porto desde 1881 foi conservada e foi pertença das sucessivas Escolas de Engenharia que lhe sucederam no âmbito da Universidade do Porto. No momento em que muda de instalações e revê o passado, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto como guardiã do Gabinete Cinemático Reuleaux sente-se compreensivelmente orgulhosa da sua herança científica e técnica.

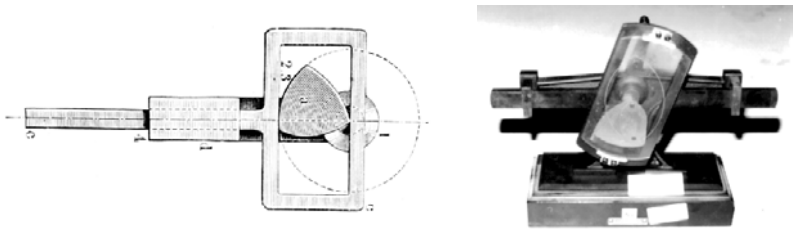

Figura 5 – **Desenho e modelo de mecanismo**
(*machanism drawing and model*)

[12] Beires, Rodrigo Sarmento (1974), "Uma Aula Prática de Mecânica Racional — dirigida aos alunos do curso de 1964/65"