

## **Engenheiros precursores da ergonomia e suas contribuições**

Adma Jussara Fonseca de Paula (UNESP) [fisiofonseca@gmail.com](mailto:fisiofonseca@gmail.com)  
Cassiana Brosque Semensato (UNESP) [cassianasemensato@hotmail.com](mailto:cassianasemensato@hotmail.com)  
Jose Carlos Plácido da Silva (UNESP) [placido@faac.unesp.br](mailto:placido@faac.unesp.br)  
Luciane do Prado Carneiro (UNESP) [luciane@unipar.br](mailto:luciane@unipar.br)  
Luis Carlos Paschoarelli (UNESP) [lcpascho@faac.unesp.br](mailto:lcpascho@faac.unesp.br)

*Resumo: A contribuição de engenheiros precursores para a ergonomia foi fator determinante na melhora e desempenho do homem no trabalho, dentre eles podemos citar Leonardo da Vinci, Bélidor, Vaucanson, Taylor e o casal Gilbreth. O artigo relata a contribuição significativa desses engenheiros para a construção da ergonomia.*

*Palavras-chave: Ergonomia; Engenheiros, História.*

### **1 INTRODUÇÃO**

O termo Ergonomia é uma ciência que busca adaptar o trabalho ao homem, oferecendo as melhores condições possíveis para desenvolvê-lo. A primeira sociedade de ergonomia, a Ergonomic Research Society, participavam: psicólogos, fisiologistas e engenheiros ingleses, interessados nos problemas da adaptação do trabalho ao homem. Neste artigo serão descritas contribuições de alguns engenheiros que buscaram melhorar o trabalho do ser humano com auxílio de máquinas e objetos, na perspectiva de um melhor rendimento do homem no trabalho.

### **2 ENGENHEIROS PRECURSORES**

Leonardo da Vinci foi um dos mais importantes pintores do Renascimento Cultural. Artista renascentista italiano, nasceu em 15/04/1452. É considerado um gênio, pois se mostrou um excelente anatomista, engenheiro, matemático músico, naturalista, arquiteto, inventor e escultor. O Homem Vitruviano é um desenho famoso que acompanhava as notas que Leonardo da Vinci fez ao redor do ano 1490 num dos seus diários. Descreve uma figura masculina desnuda separadamente e simultaneamente em duas posições sobrepostas com os braços inscritos num círculo e num quadrado (Figura 1). A cabeça é calculada como sendo um oitavo da altura total. Às vezes, o desenho e o texto são chamados de Cânone das Proporções. Ele estudou as dimensões e os movimentos dos segmentos corporais, é o começo da antropometria e da biomecânica. Da Vinci faleceu em 1519 na França.

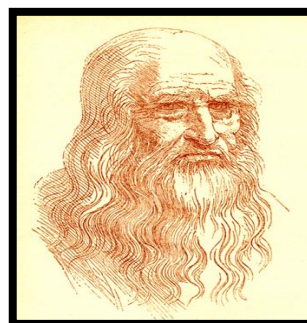


FIGURA 1 – Homem vitruviano/Leonardo da Vinci.  
Fonte: [www.museutec.org.br](http://www.museutec.org.br) (2009).

Podemos citar, também, Bélidor, (1698 - 1761), que tentou medir a carga do trabalho físico diário nos próprios locais de trabalho; sugeriu que uma carga demasiado elevada acarreta esgotamento e doenças, preconizando uma melhor organização das tarefas para elevar o rendimento. Bernard Forest de Bélidor foi engenheiro civil, militar e escritor hidráulico hispano-francês nascido na Catalunha, Espanha, escreveu manuais compreensivos sobre balística, fortificações e engenharia civil. Na juventude dedicou-se a carreira militar, porém, mais tarde dedicou-se às ciências e engenharia civil e tornou-se especialista em hidráulica e matemática, dedicando-se a projetos de rodas d'água, cujas cubas recebiam água por uma canaleta e que ainda hoje são encontradas na área rural. Publicou *La science des ingénieurs dans la conduite des travaux des fortifications et des bâtiments civils* (1729-1734) que, constantemente atualizada, transformou-se no breviário de várias gerações de engenheiros até ao século XIX. Morreu em Paris, França, ficando conhecido por ter publicado *Architecture hydraulique ou L'art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différents besoins de la vie* (1737-1753), uma obra em quatro volumes, que descreviam tudo o que era conhecido até então sobre engenharia hidráulica, um verdadeiro clássico e, onde empregou pioneiramente o cálculo para solucionar problemas técnicos.

Um pouco mais tarde, engenheiros como Vaucanson (1709-1782) e Jacquard (1752-1834), montariam os primeiros dispositivos automáticos para suprimir alguns postos particularmente penosos da época, os de tecelões nas tecelagens.

Jacques de Vaucanson foi um inventor e artista francês. Estudou com os jesuítas e sua intenção era seguir carreira religiosa, mas ele recuperou o seu interesse por dispositivos mecânicos após reunião com o cirurgião Le Cat, de quem teria aprendido detalhes da anatomia. Este novo conhecimento lhe permitiu desenvolver os primeiros dispositivos mecânicos que imitavam funções biológicas vitais como circulação, respiração e digestão.

Ele conseguiu criar o primeiro robô, bem como criar o primeiro tear totalmente automatizado. Seu famoso pato encantou os visitantes da exposição de Paris, em 1738. O animal mecânico de Vaucanson imitava todos os movimentos de um pato natural, incluindo a alimentação e apenas uma asa tinha mais de 400 peças articuladas. Além do pato, seu tocador de flautas era capaz de executar doze diferentes trechos musicais. O seu tear mecânico não foi bem recebido pelos artesãos da época que o apedrejaram na rua. Mais tarde, Joseph Marie Jacquard, implementou suas idéias, criando o tear Jacquard, que revolucionou o século XX. O sonho de Vaucanson era construir um robô com características humanas.

Em 1801, na França, durante a Revolução Industrial, Joseph Marie Jacquard, inventou um tear mecânico controlado por grandes cartões perfurados. Sua máquina era capaz de produzir tecidos com desenhos bonitos e intrincados. Foi tamanho o sucesso que Jacquard foi quase morto quando levou o tear para Lyon, pois as pessoas tinham medo de perder o emprego. Em sete anos, já havia 11 mil teares desse tipo operando na França.

Depois, viriam os organizadores do trabalho, como Taylor (1856 -1915), e o casal Gilbreth, que analisariam o trabalho, tendo em vista definir as melhores condições de rendimento. Frederick Winslow Taylor (figura 4), o pai do gerenciamento científico, nasceu no dia 20 de Março de 1856, em uma família liberal de classe superior da Filadélfia, e faleceu na Pensilvânia em 21 de Março de 1915. Foi um engenheiro mecânico, inicialmente técnico em mecânica e operário, formou-se engenheiro mecânico.

Taylor com doze anos de idade, inventou um colete na tentativa de impedi-lo de dormir, esperando evitar os pesadelos que o acometia. Aos 18 anos, começou a trabalhar com

aprendiz e operário de oficina mecânica. Com vinte e cinco anos de idade, Taylor graduou-se em engenharia no Instituto de Tecnologia Stevens de New Jersey mantendo um emprego de tempo integral. Projetou uma raquete de tênis em forma de concha e a patenteou.

O trabalho de Taylor realizava-se em uma época em que havia grandes modificações industriais acontecendo depois da Guerra Civil. As indústrias nacionais cresceram fora dos comércios locais - aço, vidro, tecidos, e sapatos e o que eram pequenas fábricas tornaram-se grandes indústrias. Os proprietários ficaram mais ricos com a produção em massa, e os funcionários recebiam pouco pelos seus esforços. Os problemas no emprego incluíam descuido, falta de segurança, ineficiência, etc. Na Companhia de Rolamentos Simonds ele aumentou a produtividade melhorando velocidade e exatidão. Foi muito criticado, porque o seu plano inovador causou a perda de empregos, redução de 120 funcionários para 35 apenas.

O legado principal de valores deixados por Taylor foi: a regra de razão, qualidade melhorada, custos menores, altos salários, alta produção, cooperação entre a gerência e os trabalhadores, experimentação, tarefas e metas, feedback, treinamento, redução de stress, e a seleção cuidadosa e desenvolvimento das pessoas. Ele foi o primeiro a apresentar um estudo sistemático de interações entre exigências de emprego, ferramentas, métodos, e a habilidade humana, para ajustar as pessoas às funções.

Taylor declarou que o principal objetivo da Administração Científica consistia em "assegurar a máxima prosperidade para o empregador junto com a máxima prosperidade para o empregado". Os princípios de Taylor apesar de criticados, ainda hoje servem como "critérios" gerais para o treinamento da supervisão.

Uma grande contribuição para a Ergonomia foi a do casal Lillian Moller Gilbreth (1878 - 1972) e Frank Gilbreth(1868 -1924), ilustrados na figura 5. Lillian veio a ser conhecida como 'a Mãe da gerência Moderna.' Pioneira da Ergonomia, nasceu em 1878 em Oakland, Califórnia. Superando os preconceitos contra as mulheres, obteve os títulos de Bacharel e Mestre. Casou (1904) com Frank Gilbreth e resolveu se dedicar a psicologia, ajudando seu marido nos estudos sobre fadiga.

Com o marido, fundou uma empresa de consultoria, a Frank B. Gilbreth, Inc. (1911) e juntos alcançaram grande prestígio internacional como engenheiros consultores para instalações industriais (1910-1924) privadas e públicas, especialmente por inovarem processos construtivos.

Em conjunto com seu marido, Lillian Gilbreth desenvolveu idéias como padronização de trabalho, planos de incentivos salariais, e estudos de movimento no lugar de trabalho. Suas invenções incluem o pedal de abertura de latas de lixo, um abridor de latas elétrico melhorado, o porta ovos e a bandeja para manteiga em refrigeradores e a mangueira de descarga para águas residuais nas máquinas de lavar.

Em 1924, ficou viúva. Em 1935 tornou-se a primeira professora na escola de engenharia em Purdue. Em 1966, ela recebeu a "Hoover Medal" da Sociedade Americana de Engenheiros Civis. Lillian Gilbreth morreu em 1972 (Phoenix, Arizona), com 94 anos de idade. Ela tinha 16 doutorados honorários, além dos dois que cursara e inúmeras condecorações.

Frank Bunker Gilbreth era um ex-pedreiro que, sem ter freqüentado uma universidade, foi um pioneiro da nova área do estudo de tempos e movimentos. Iniciou-se como aprendiz de ladrilheiro, trabalhou como engenheiro em New York City e tornou-se um construtor de sucesso em Boston (1895-1911). Ele começou a fazer observações sobre movimentos com 27 anos de idade, quando trabalhava como superintendente em uma empresa de construção.

Inventou dispositivos como andaimes móveis, misturador de concreto, correias transportadoras, barra de reforço, tudo com o objetivo de evitar o desperdício de movimento.

No início século XIX, Frank e sua esposa Lillian expandiram os métodos de Taylor para desenvolver "Estudos de Tempos e Movimentos" o que ajudou a melhorar a eficiência, eliminando passos e ações desnecessárias. Desenvolveram técnicas para evitar o desperdício de tempo e movimento e criaram padrões, racionalizando as tarefas de produção e, conseqüentemente, aumentando a produtividade. Preocupados também em minimizar a fadiga, propuseram o redesenho do ambiente de trabalho, a redução das horas diárias de trabalho e a implantação ou aumento de dias de descanso remunerado.

Frank Gilbreth morreu em Montclair, N.J. (1924), deixando Lillian viúva por muitos anos. A história da sua vida foi contada no filme Papai Batuta (*Cheaper by the Dozen*), de 1950. Juntos, Lillian e Frank escreveram vários livros e artigos como os livros *A Primer of Scientific Management* (1911) e *Fatigue Study* (1916) e, já viúva, Lillian escreveu o best seller *Cheaper by the Dozen* (1949).

Todavia, não é possível falar em ergonomia sem mencionar o trabalho seminal de Henry Ford (figura 6), que nasceu em Springwells em 30 de Julho de 1863 e faleceu em Dearborn em 7 de Abril de 1947. Foi um empreendedor, fundador da Ford Motor Company e o primeiro empresário a aplicar a montagem em série de forma a produzir em massa automóveis em menos tempo e a um menor custo. Ford foi um inventor prolífico e registrou 161 patentes nos EUA. Como único dono da Ford Company, ele se tornou um dos homens mais ricos e conhecidos do mundo.

Ford iniciou sua trajetória com motores, na fazenda de seu pai. Ele era responsável pelos reparos nas máquinas da fazenda, mostrando habilidades para inovar, e observava o funcionamento mecânico das máquinas e equipamentos. A vida na fazenda era difícil, exigia serviços pesados feitos à mão. Por causa disso, desde menino Ford já demonstrava o interesse em diminuir o trabalho manual com o uso de máquinas. No ano de 1875, com doze anos, o contato com um locomóvel a vapor o levou a estudar os carros automotores.

Em 1882, ele retornou a Dearborn para trabalhar na fazenda da família e se tornar experiente na operação dos motores a vapor portáteis da Westinghouse. Aos 19, Ford entrou para a Companhia Westinghouse, no conserto e na montagem de locomóveis a vapor. Em 1885, trabalhando como mecânico das oficinas da Eagle Motor Works, em Detroit, seu interesse se concentra nos motores a explosão. Dois anos depois, Ford construiu seu primeiro motor desse tipo, movido a gasolina.

A ele é atribuído o "fordismo", isto é, a produção em grande quantidade de automóveis a baixo custo, ele tinha condições de fabricar um carro a cada 98 minutos, além dos altos salários oferecidos a seus operários.

Henry Ford teve participações na mecanização do campo, na fabricação de motores aeronáuticos, chegando a construir um motor Liberty durante o período da primeira guerra mundial, e anos mais tarde um trimotor para aviões.

A Ford, assim como outras empresas automotivas, entrou no negócio da aviação durante a Primeira Guerra Mundial. Após a guerra, ele retornou à indústria automobilística até 1925, adquirindo a companhia de aviação Stout Metal Airplane Company. Sua fábrica em River Rouge tornou-se o maior complexo industrial do mundo, sendo até mesmo capaz de produzir o seu próprio aço. Ford tinha por objetivo produzir um veículo a partir do zero, sem dependência de comércio externo.

As idéias de Henry Ford modificaram todo o pensamento da época, foi através delas que se desenvolveu a mecanização do trabalho, produção em massa, padronização do maquinário e do equipamento, e por consequência dos produtos, forte segregação do trabalho manual em relação ao trabalho braçal, o operário não precisava pensar apenas fazer seu trabalho com o mínimo de movimentação possível.

Ele também implementou a política de metas, revolucionou o tratamento aos trabalhadores, melhorando o salário deles, segundo Ford, pelo pagamento de um salário substancial para aqueles que trabalhavam com a produção e a distribuição, o poder de compra aumentaria. Por esses motivos pode-se dizer que Henry Ford tornou-se um grande marco, sendo hoje muito estudado nas áreas de administração.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os preceitos ergonômicos são praticados desde o surgimento do homem e vários foram os pesquisadores que demonstraram sua preocupação com a relação homem-trabalho. Desta forma, pode-se dizer que a ergonomia passou por diversos estágios de acordo com a evolução dos processos de trabalho. Alguns engenheiros estudaram e implantaram alguns conceitos estudados, revisados e utilizados até os dias atuais.

#### **Referências**

- FREEDMAN, D.H. Is Management Still a Science? *Harvard Business Review*. N. 70 (06), p.26-28, 1992.
- GOODWIN, C. J. *História da Psicologia Moderna*. São Paulo: Editora Pensamento Cultrix. 572 p.
- GRANDJEAN, E. *Fitting the task to the man: an ergonomic approach*. London: Taylor and Francis, 1980.
- HELANDER, M.G. Forty years of the IEA: some reflections on the evolution of ergonomics. *Ergonomics*. N. 40 (10), p.952-961, 1997.
- KANIGEL, R. *Frederick Taylor's Apprenticeship*. Washington: The Wilson Quarterly Summer. 1996.
- MORAES, A; MONT'ALVÃO, C. *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.
- NELSON, D. *Frederick Taylor and the Rise of Scientific Management*. Madison: University of Wisconsin Press, 1980.
- WISNER, A. *Por dentro do trabalho*. Ergonomia: método e técnica. São Paulo: FTD/Oboré, 1987.
- WEISBORD, M. *Productive Workplaces*. San Francisco: Jossey-Bass Inc. Publishers, 1987.
- WREGE, C.; CHARLES D. Organization Theory and Frederick Taylor. *Public Administration Review*. N. May-June, p. 270-272, 1993.