

HISTÓRIA DA ENGENHARIA

Texto original:

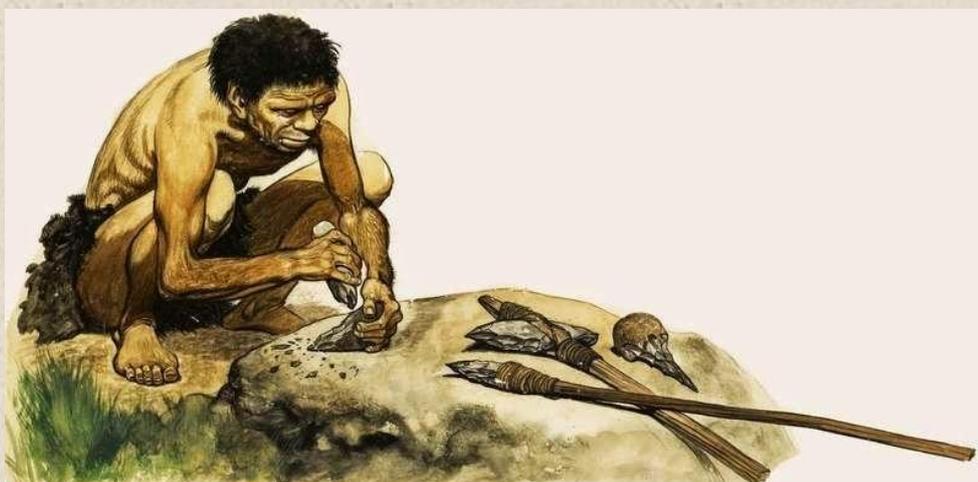
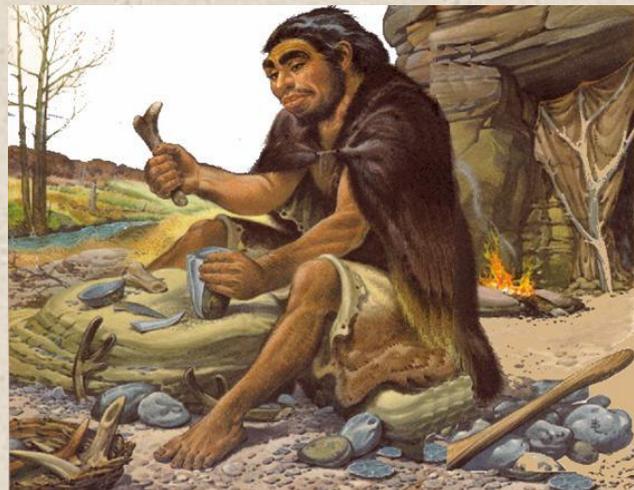
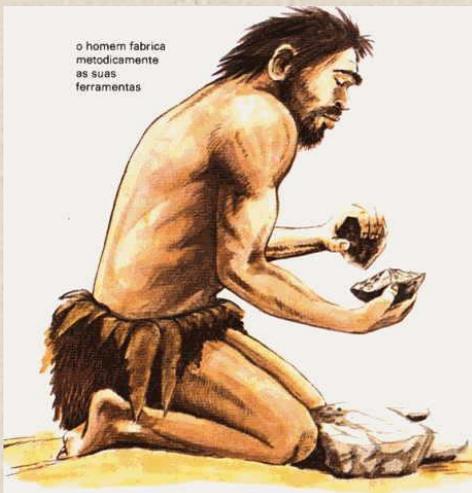
http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

Maio de 2016

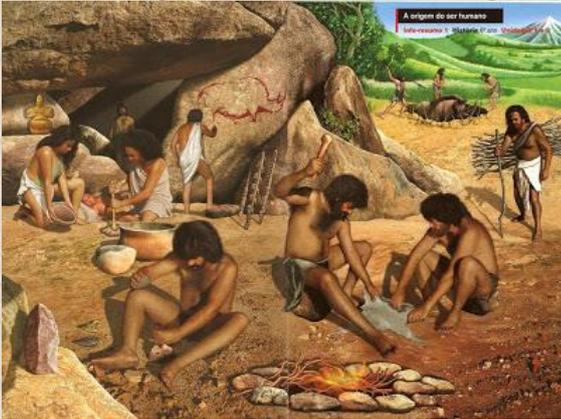
Tradução, ampliação e ilustrações: **Iran Carlos Stalliviere Corrêa-IG/UFRGS**

A história da civilização é de certo modo, a da engenharia: grande e árduo esforços para fazer com que as forças da natureza trabalhem em benefício do homem.

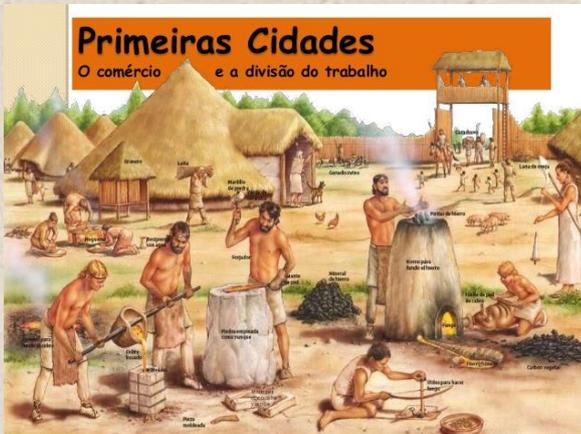
Os primeiros homens utilizaram alguns princípios da engenharia para conseguir seus alimentos, peles e construir armas de defesa como machado, pontas de lanças, martelos etc.



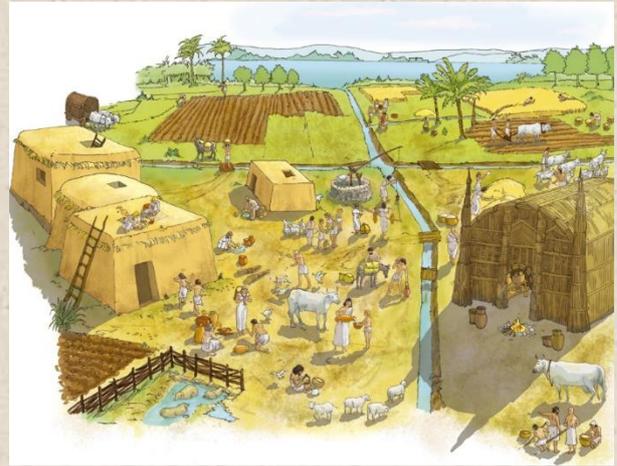
Porém o desenvolvimento da engenharia como tal, começou com a revolução agrícola (8000 AC), quando os homens deixaram de ser nômades, e viveram em local fixo onde podiam cultivar seus produtos e criar animais. Por volta do ano 4000 AC, com os assentamentos ao redor dos rios Nilo, Eufrates e Indo, houve a centralização da população e se iniciou as civilizações com escrita e governo. Com o passar do tempo, estas civilizações, desenvolveu a ciência.



Os primeiros engenheiros foram arquitetos, que construíram cercas ou muros para proteger as cidades, e construíram as primeiras habitações nas quais aplicaram algumas habilidades da engenharia.



Seguidos pelos especialistas em irrigação, os quais se encarregaram de facilitar a irrigação das culturas, mas devido que as melhores zonas para a cultura eram frequentemente atacadas, apareceram os engenheiros militares encarregados de defender as zonas de cultura e as cidades. Destaca-se a importância que a comunicação tinha no desenvolvimento dos povos. Desta maneira as populações estabelecidas ao longo de rotas comerciais, desde a China até a Espanha progrediram mais rapidamente devido que a estas chegavam mais rapidamente o conhecimento de inovações realizadas em outros locais.



Nos últimos três séculos a ciência e a engenharia têm avançado a passos largos, o que não acontecia antes do século XVIII onde o avanço era muito lento.

As áreas mais importantes da engenharia podem ser assim representadas: militar, civil, mecânica, elétrica, química, industrial, de produção e de sistemas, sendo a engenharia de sistema um dos campos mais novos.

Foi a necessidade quem criou os primeiros engenheiros. A primeira disciplina de engenharia foi a engenharia militar a qual se desenvolveu para satisfazer uma necessidade básica de sobrevivência. Cada período da história teve distintos climas sociais e econômicos, assim como pressões que influenciaram grandemente, tanto o sentido como o progresso da ciência e da engenharia.

A seguir apresenta-se a história da engenharia segundo as culturas: (Engenharia Egípcia, Engenharia Mesopotâmica, Engenharia Grega, Engenharia Romana, Engenharia Oriental e Engenharia Europeia).

ENGENHARIA EGIPCIA

Os egípcios realizaram algumas das obras mais grandiosas da engenharia de todos os tempos, como a muralha da cidade de Menfis. Esta antiga capital estava aproximadamente a 19 km ao norte de onde se localiza hoje a cidade do Cairo. Algum tempo após a construção da muralha, Kanofer, arquiteto real de Menfis, teve um filho ao qual chamou Imhotep, e que os historiadores consideram como o primeiro engenheiro conhecido. Foi mais famoso como arquiteto que como engenheiro, embora em suas realizações encontra-se mais elementos da engenharia.



O reinado do Rei José foi propício para as construções de Imhotep: a pirâmide. As habilidades técnicas requeridas para o desenho, organização e controle de um projeto desta magnitude a distingue como uma das proezas mais grandes e antigas de todos os tempos.

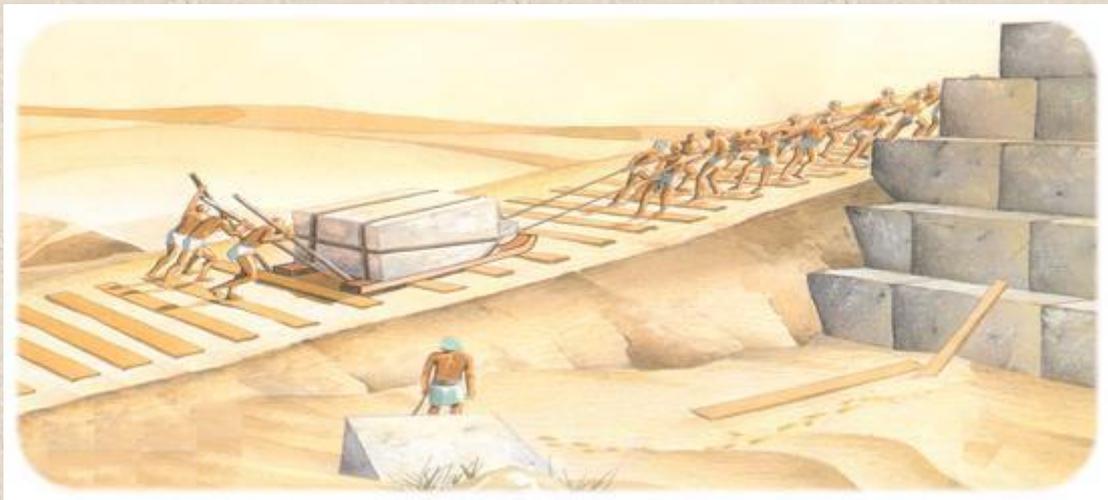
De todas as pirâmides, a do faraó Keops foi a maior. A Grande Pirâmide, como é conhecida atualmente, tinha 230,4 m de lado em uma base quadrada e originalmente media 146,3 m de altura. Continha uns 2.300.000 blocos de pedra, de cerca de 1,1 toneladas em média. Levando-se em conta o conhecimento limitado da geometria e a falta de instrumentos naquela época, foi uma proeza notável. No dia seguinte de sua morte, Imhotep foi honrado por sua obra, tendo seu nome escrito na lista de deuses egípcios.



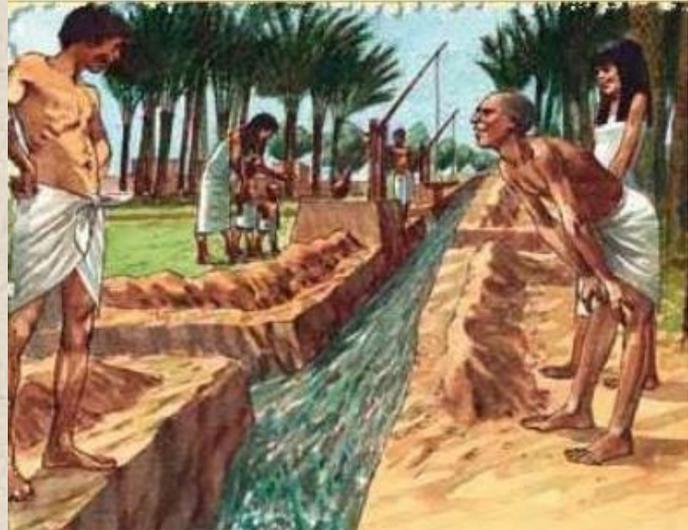
É interessante que a construção de pirâmides, que teve início ao redor de 3000 AC, durou somente uns 100 anos. Entretanto estas estruturas maciças de engenharia somente são superadas pela Grande Muralha da China, entre as obras da antiguidade.

A exatidão com que a base da pirâmide foi orientada em relação a direção norte/sul, leste/oeste foi de aproximadamente 6 minutos de arco como erro máximo, enquanto que a base diferenciava de ser um quadrado perfeito por menos de 17,78 cm.

A construção de pirâmides realmente era algo notável, se for considerado que não se conhecia nem o guindaste e nem a polia. Não havia outro mecanismo que a alavanca. Entretanto, se usava o plano inclinado, sendo esta uma das teorias predominantes de como se construíram as pirâmides. Estas rampas eram construídas até que se enterrasse a pirâmide. Ao chegar ao topo, seguia-se a tarefa de desenterrar a mesma, o que explica que com métodos simples, mais uma força de trabalho ilimitada, produziram resultados difíceis de crer. Embora que outras teorias afirmem que construir essas pirâmides com tal precisão atualmente, com os equipamentos avançados tecnologicamente, é impossível por isso acredita-se que nessa altura receberam ajuda de tecnologias mais avançadas que as que existem hoje. Embora tenham construído estruturas impressionantes, somente produziram poucas inovações significativas na construção com pedra; seu forte foi a força bruta e o tamanho.



Também construíram diques e canais, e contavam com sistemas complexos de irrigação. Quando a terra a ser irrigada era mais alta que o nível do rio, utilizavam um dispositivo denominado "*shaduf*" para elevar a água até o nível da terra a ser irrigada. O equipamento consiste em uma cuba unida por uma corda ao longo da extremidade de uma vara apoiada, com um contrapeso em seu extremo mais curto. O operador fazia força no contrapeso para levantar a cuba e balancear a vara sobre seu contrapeso. O que parece surpreendente hoje em dia é que muitos de esses antigos dispositivos seguem sendo usados cotidianamente no Egito.



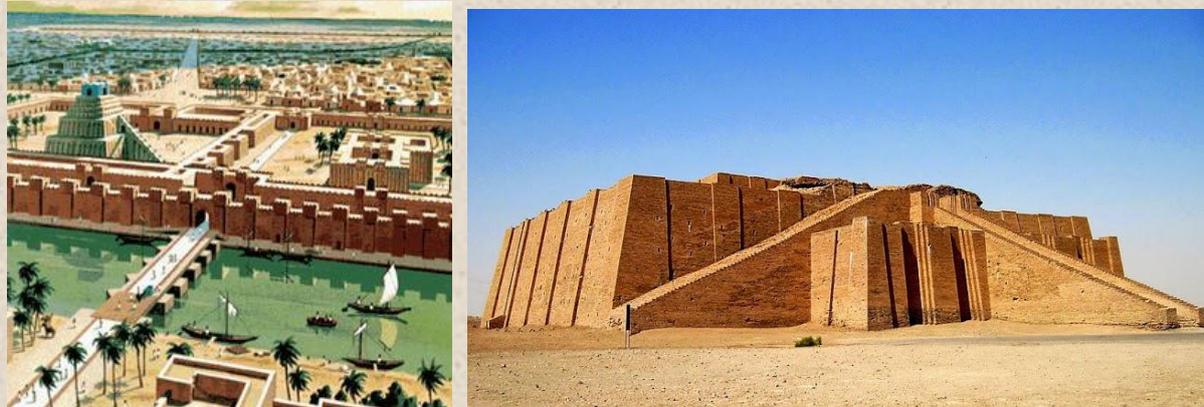
ENGENHARIA MESOPOTÂMICA

Outra grande cultura que floresceu junto à água e se desenvolveu no norte do Irã, entre o rio Tigre e o Eufrates, foi a mesopotâmica.

Os gregos chamaram a esta terra Mesopotâmia “a terra entre os rios”. Embora os egípcios tenham se destacado na arte de construir com pedra, grande parte da ciência, engenharia, religião e comércio atual provem tanto do Irã como do Egito. No início da história, um povo de origem desconhecida, os sumérios, construíram muralhas para proteger cidades e templos e escavaram valas de irrigação que podem ter sido as primeiras realizações de engenharia do mundo. Os sumérios foram gradualmente superados por consideráveis imigrações de nômades árabes, que passaram a ser agricultores e moradores das cidades. A cidade da Babilônia, que assim foi formada, foi a sede de uma quantidade de impérios de pouca duração, até ser conquistada posteriormente pelos assírios.

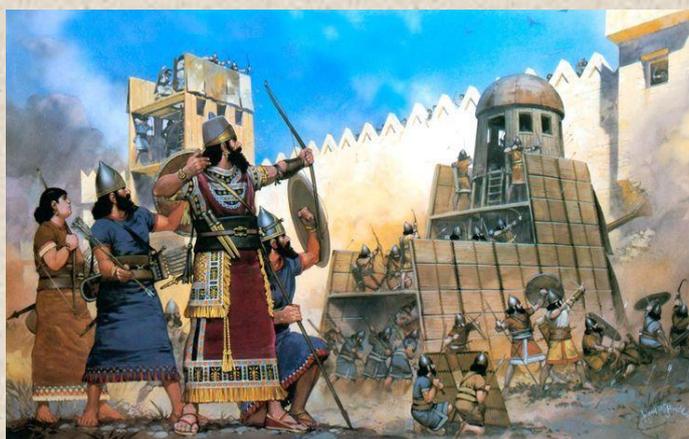


Como no Egito, a vigilância das margens dos canais era uma ocupação importante. Durante quatro mil anos, esses canais serviram a uma população mais densa da que se encontra ali hoje em dia. Quando os habitantes da Mesopotâmia aprenderam a irrigar suas terras e a emuralhar suas cidades, voltaram sua atenção à construção de templos.



Os historiadores afirmam que foi na Mesopotâmia que teve início a tradição de que um político inaugurasse a construção de um edifício público com uma pá de terra.

Os assírios eram um povo guerreiro, e então como atualmente, a guerra parecia ser um catalizador das invenções. Os assírios foram os primeiros em empregar armas de ferro. Já era conhecida a manufatura do ferro desde sete ou oito séculos antes, pois esta tinha sido descoberta pela tribo dos chalibas na Ásia Menor. Os assírios também inventaram a torre de assalto, que se converteu em uma peça primordial da equipe militar durante os dois mil anos seguintes, até que a invenção do canhão a fez obsoleta. Em distintas épocas, as torres de assalto, também foram denominadas de "castillete" ou "helépolis". Uma melhora assíria foi agregar a torre de assalto, o aríete. Em torno de 2000 AC, os assírios obtiveram um avanço significativo no transporte. Aprenderam que o cavalo podia ser domesticado e servia para cavalgar, o que ocasionou uma vantagem militar considerável: inventaram a cavalaria.



ENGENHARIA GREGA

Até 1400 AC, o centro do saber passou, primeiro pela ilha de Creta e posteriormente à antiga cidade de Mecnas, Grécia. Seu sistema de distribuição de água e irrigação seguiram o padrão dos egípcios, porém com melhorias nos materiais e nos métodos.

Os engenheiros deste período eram melhor conhecidos pelo uso e desenvolvimento de ideias de outros que por sua criatividade e invenção.

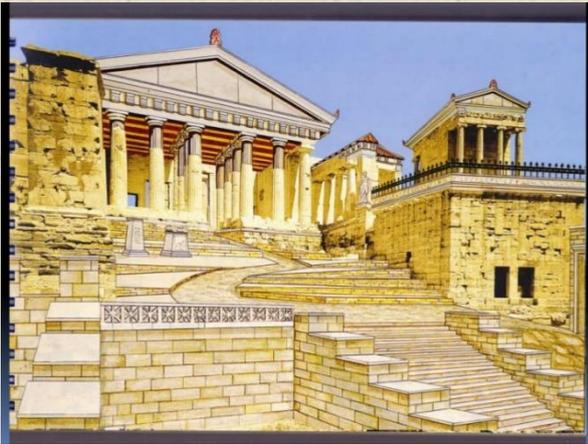
A história grega teve início no ano 700 AC, e o período entre, aproximadamente, 500 até 400 AC, teve a denominação de "Idade de Ouro da Grécia". Uma quantidade surpreendente de realizações significativas nas áreas de arte, filosofia, ciência, literatura e governo foi a razão para que esta pequena porção do tempo na história humana merecesse nome próprio.

Aproximadamente em 440 AC, Péricles contratou arquitetos para que construíssem templos na Acrópoles, monte rochoso que visualizava à cidade de Atenas. Um caminho pela ladeira ocidental levava, através de um imenso portal conhecido como "Os Propileus", até o topo da Acrópoles. As colunas de mármore de teto baixo desta estrutura estavam reforçadas com ferro forjado, no que constitui o primeiro uso conhecido do metal como componente no projeto de um edifício.



As escadarias de acesso ao Parthenon, outro dos edifícios clássicos da antiga Grécia, não são horizontais. Os degraus se curvam para cima, ao centro, para dar a ilusão óptica de serem horizontais. Na construção atual de pontes se leva em conta geralmente o fato de que essa curva

ascendente dá impressão de segurança, enquanto a horizontal parece se afundar no centro.



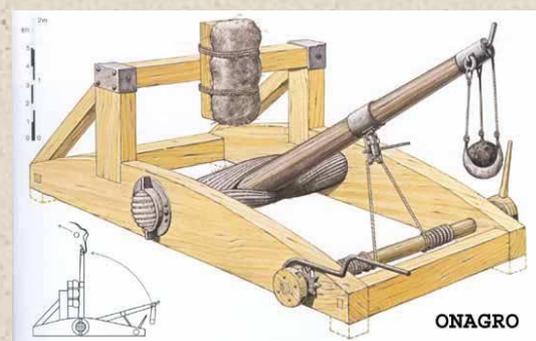
As pessoas encarregadas de dirigirem essas antigas construções não tinham um título o qual se pudesse traduzir como “engenheiro”. Eram chamados de “arquitekton”, que queria dizer aquele que havia cumprido um período como aprendiz dos métodos padrões de construção de edifícios públicos. Os arquitetos recebiam aproximadamente um terço a mais de remuneração que os pedreiros. Não cursavam classes, de maneira que seu aprendizado era efetuado na prática. Era integralmente um treinamento “prático”, como é denominado hoje este processo de aprendizagem.

Tem-se poucas dúvidas de que Aristóteles de Estagira tenha sido um dos grandes gênios da história da humanidade. Suas contribuições têm sido algumas das mais significativas na história da ciência. Entre os historiadores existe certa discrepância entorno de quem foi o autor de um breve artigo intitulado “Mecânica”; embora a maioria dos historiadores atribuem o crédito a Estratôn de Lampsakos, outros o atribuem a Aristóteles. Esta incerteza entorno de quem foi o autor é lamentável, devido que, em geral, se aceita que a Mecânica foi o primeiro texto conhecido de engenharia. Neste artigo se estudavam conceitos tão fundamentais da engenharia como a teoria da alavanca. Também continha um diagrama que ilustrava uma sequência de três engrenagens mostradas como círculos, o que constitui a primeira descrição conhecida de engrenagens. É bem provável que estas engrenagens não tiveram dentes, para o que teve que ocorrer vários deslizamentos antes de se conhecer a vantagem dos dentes em uma engrenagem e a maneira de os produzir.

A maior contribuição dos gregos à engenharia foi o descobrimento da própria ciência. Platão e seu aluno Aristóteles talvez sejam os mais conhecidos dos gregos por sua doutrina de que existe uma ordem

congruente na natureza que se pode conhecer. Para a existência da ciência é necessário acreditar em uma ordem consistente, repetível na natureza, na forma das leis naturais. Provavelmente Aristóteles foi o maior físico deste período da história; sua obra constituiu o embasamento da ciência durante os últimos 2000 anos. É provável que não tenha sido superado desde então o raciocínio abstrato de Platão, Aristóteles e Arquimedes. Entretanto, é necessário estabelecer uma distinção entre suas ideias na filosofia da ciência e a inovação na engenharia. Enquanto eles se destacam em raciocínio abstrato, pode-se dizer que suas contribuições à engenharia foram modestas. A busca filosófica pela verdade, especialmente em Platão e Aristóteles, era feita com desdém olímpico para a experimentação ou invenção, que por sua própria essência compreendia o trabalho manual. Aristóteles acreditava que esse tipo de trabalho devia ser efetuado pelos escravos, aos quais não devia ser outorgada a cidadania. A julgar por alguns professores de engenharia dos Estados Unidos, esta atitude esnobista parece existir também nas faculdades de matemática. Os matemáticos continuamente estavam demonstrando novamente verdades antigas e buscando novas verdades, no entanto os engenheiros estão ansiosos por aprender as matemáticas que existem, de maneira que as possam aplicar ao mundo habitual. Este duplo papel da ciência e engenharia aparece já na Grécia.

Os gregos, especificamente o tirano Dionísio, foram os primeiros, que se sabe, que contrataram pessoas para que criassem máquinas bélicas. Esta prática foi transmitida através do tempo até a atualidade, até em países como os Estados Unidos, em que boa parte dos impostos arrecadados, são designados anualmente à defesa. Todavia não se tem visto, desde o tempo de Dionísio, que uma nação tenha ignorado recursos para a defesa. Outra razão pela qual a Grécia não pode produzir estruturas de engenharia cujas magnitudes fossem comparáveis às das sociedades das bacias hidrográficas foi a diminuição no uso da força de trabalho escravo para lograr tais proezas. Os gregos desenvolveram um estudo chamado "hybris" (orgulho), que era uma crença na necessidade de leis morais e físicas restritivas na aplicação de uma técnica dominada.

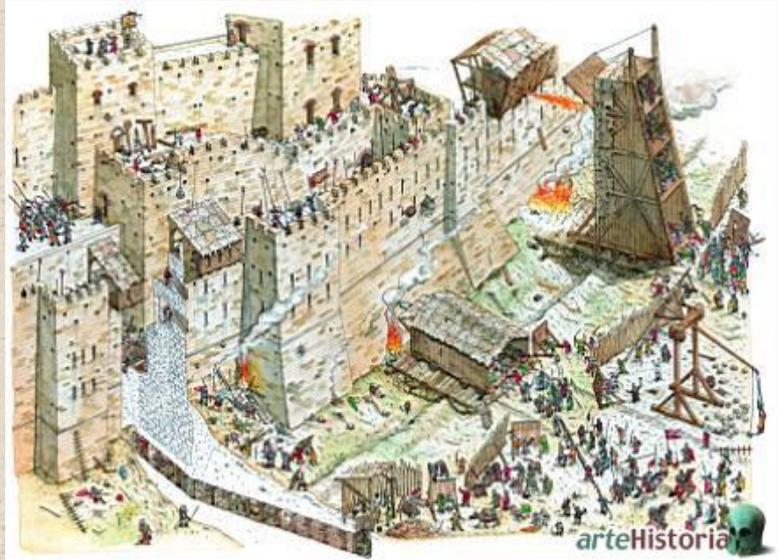
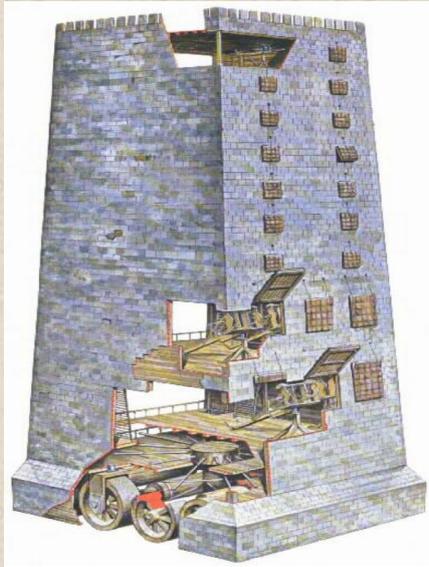


Chegaram a crer que forçar humanos e animais mais além do limite para reunir e transportar monolitos de várias toneladas era desumano e desnecessário. Esses métodos desumanos haviam chegado ao nível máximo no Egito, e aparecem em diversas épocas mais adiante na história, por exemplo em Stonehenge na Inglaterra, mil anos depois. Embora, o que os gregos não tiveram em realizações na área da engenharia, o compensaram amplamente nos campos da arte, literatura, filosofia, lógica e política. É interessante notar que a topografia, como a desenvolveram os gregos e depois os romanos, se considera como a primeira ciência aplicada na engenharia, e será praticamente a única como ciência aplicada durante os vinte séculos seguintes. Os gregos tentaram empregar a ordem disciplinar nas empresas militares. Seus exércitos marchavam para a guerra com todas suas tropas devidamente uniformizadas e levando o passo marcado por flautas. Estavam convencidos de que uma frente sólida de lanças e escudos era superior ao avanço de uma multidão. Na atualidade é difícil julgar se foi a ordem disciplinar ou o armamento de aço de seus soldados, pela primeira vez, o que os fez superiores nas batalhas. Obviamente, em comparação com as armas atuais de ferro forjado ou de bronze, as armas de aço ofereciam uma vantagem considerável. Em 305 AC, Demétrio havia produzido a máquina de guerra mais temível da época: a Torre de Ataque, projetado pelo engenheiro Eplmaco, de nove pisos, com uma base quadrada que media entre 15 e 22,5 m de lado e uma altura total entre os 30 e os 45 m. Todo o equipamento pesava cerca de 82 toneladas, tinha oito imensas rodas com aros de ferro e o empurravam 3.400 soldados (carregadores da Torre). Cada um dos nove pisos tinha um tanque de água e baldes para apagar o fogo em caso de incêndio.

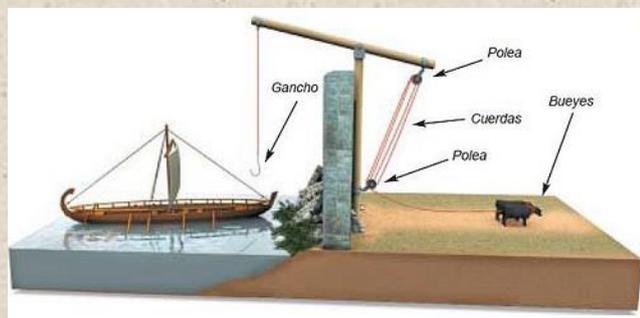
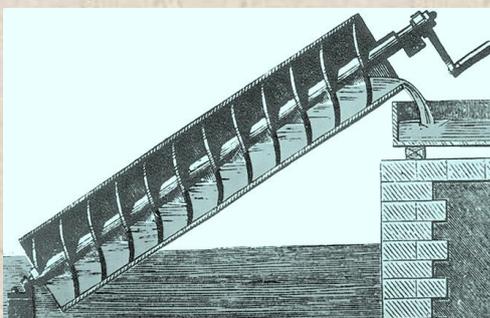
Estas Torres de Assalto eram monstruosas e pouco manobráveis, de tal maneira que se fosse jogado água suficiente e se desse tempo de a mesma penetrar na terra, a Torre atolava inevitavelmente. Este é um exemplo antigo da crença comum nos círculos militares contemporâneos de que para cada arma ofensiva existe ao menos uma arma defensiva potencialmente efetiva. A Torre de Ataque foi uma arma ofensiva muito usada durante anos, até que a invenção do canhão fez com que as muralhas perdessem sua efetividade como uma linha de defesa.

Ainda que Arquimedes seja conhecido pelo que agora chamamos o "princípio de Arquimedes", também era um matemático e hábil engenheiro. Realizou muitos descobrimentos importantes nas áreas da geometria plana e sólida, tal como uma estimativa mais exata de leis para encontrar os centros de gravidade das figuras planas. Também determinou a lei das alavancas e a demonstrou matematicamente. Enquanto esteve no Egito, inventou o que se conhece como «o parafuso

de Arquimedes», que consiste em uma hélice presa dentro de um tubo e que se faz girar para levantar água. Este dispositivo se usou extensamente séculos depois nos sistemas hidráulicos e na mineração.



Arquimedes também foi construtor de barcos e astrônomo. Uma de suas invenções foi uma grua que instalou em um de seus maiores barcos, com um gancho para levantar a proa de pequenos barcos de ataque até esvazia-los de seus conteúdos, para depois jogá-los a água de popa. Arquimedes foi uma das grandes mentes de todos os tempos.



ENGENHARIA ROMANA

Os engenheiros romanos tinham mais em comum com seus colegas das antigas sociedades das bacias hidrográficas do Egito e Mesopotâmia, que com os engenheiros gregos, seus predecessores. Os romanos utilizaram princípios simples, o trabalho dos escravos e tempo para produzir extensas melhorias práticas para o benefício do Império Romano. Em comparação com as dos gregos, as contribuições romanas à ciência foram limitadas; porém, abundaram em soldados, dirigentes, administradores e juristas notáveis. Os romanos aplicaram muito dos que os haviam precedido, e quem sabe podem ser considerados como os melhores engenheiros da antiguidade. O que lhes faltava em

originalidade o compensaram na vasta aplicação em todo um império em expansão.

Na sua maior parte, a engenharia romana era civil, especialmente no projeto e construção de obras permanentes tais como aquedutos, estradas, pontes e edifícios públicos. Uma exceção foi a engenharia militar, e outra menor, por exemplo, a galvanização. A profissão de "architectus" era respeitada e popular; sabe-se que, Druso, filho do imperador Tibério, era arquiteto.



Uma inovação interessante dos arquitetos dessa época foi a reinvenção da calefação doméstica central indireta, a qual havia sido usada originalmente cerca de 1200 AC, em Beycesultan, Turquia. A invenção original ocorreu quando devido à falta de comunicação e de proteção as patentes, as vezes tinha-se que reinventar os inventos importantes antes de que formassem parte permanente da tecnologia. Porém, é bastante estranho que depois da queda do Império Romano não tenha voltado a aparecer a calefação doméstica central indireta se não até os tempos modernos.

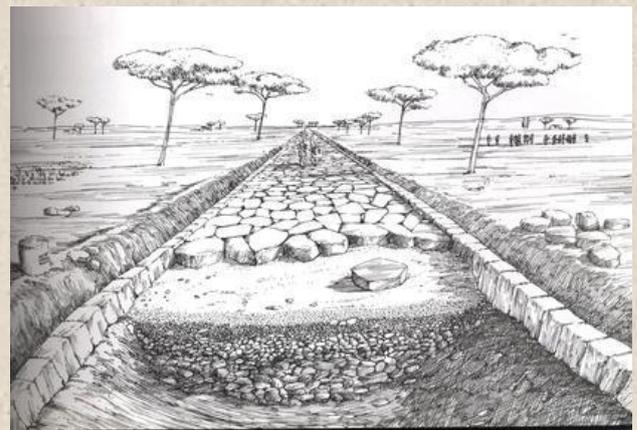
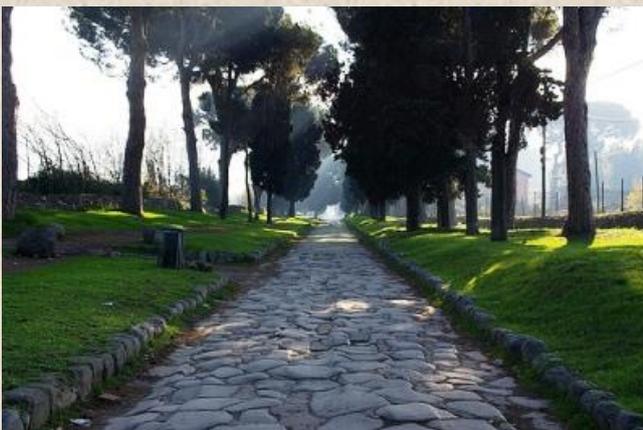


Um dos grandes triunfos da construção pública durante este período foi o Coliseu, que foi o maior lugar de reunião pública até a construção do Yale Bowl em 1914.



Os engenheiros romanos trouxeram melhorias significativas na construção de estradas, principalmente por duas razões: uma, que se acreditava que a comunicação era essencial para conservar um império em expansão, e a outra, porque se acreditava que uma estrada bem construída duraria muito tempo com um mínimo de manutenção. Se sabe que as estradas romanas duravam até cem anos antes de que necessitassem reparações maiores.

Talvez o triunfo mais conhecido na construção de estradas da antiguidade é a Via Ápia, que teve início em 312 AC, e foi a primeira estrada importante pavimentada da Europa. No início, a estrada media 260 km e ia de Roma até Cápua, porém em 244 AC, foi estendida até Brindisi, sendo então uma obra tão prestigiada, que ambos os lados do caminho na saída de Cápua estavam flanqueados pelos monumentos funerários dos aristocratas.



Em Roma havia tráfego pesado naquela época. Em uma ocasião, Júlio César ordenou que nenhum veículo de quatro rodas circulasse pelas ruas da cidade, com a esperança de proporcionar uma solução parcial aos problemas do trânsito. Nos melhores anos do Império Romano, o sistema de estradas tinha aproximadamente 29.000 km, entre o Vale do Eufrates e a Grã-Bretanha. Em comparação com os anteriores, os aquedutos romanos eram maiores e mais numerosos. Quase tudo o que

se sabe atualmente do sistema romano de distribuição de águas provem do livro "De Aquis Urb'is Romae" de Sexto Júlio Frontino, que foi Autor Aquarum de Roma, de 97 a 104 AC, Frontino tinha registros da utilização da água, que indicam que o imperador usava 17%, e 39% se usava em forma privada, e 44% em forma pública. Se calcula que em Roma diariamente se consumiam entre 380 e 1.100 milhões de litros de água. A fração de 44% para uso público estava subdividida adicionalmente em 3% para os quarteis, 24% para os edifícios públicos, incluindo onze banhos públicos, 4% para os teatros, e 13% para as fontes. Havia 856 banhos privados na data do informe. Em todo caso, a administração da água em Roma era uma tarefa considerável e importante. Grande parte da água que supostamente deveria entrar na cidade jamais o fez, devido aos desvios que existiam escondidos, dos usuários privados. Já na época de Roma, existiam os gatos de água.



Os aquedutos romanos foram construídos seguindo essencialmente o mesmo projeto, que usava arcos semicirculares de pedra montados sobre uma fileira de pilares. Quando um aqueduto cruzava um vale, com frequência necessitava múltiplos níveis de arcos. Um dos mais bem conservados da atualidade é o "Pont du Gard" em Nimes, França, que tem três níveis. O nível inferior também tinha uma estrada.



Os romanos usaram encanamentos de chumbo, mas logo suspeitaram que não eram saudáveis. Entretanto, o envenenamento por chumbo não foi diagnosticado especificamente se não até que Benjamin Franklin escreveu uma carta em 1768 relativa ao seu uso.

O imperador Claudio fez seus engenheiros tentarem, em 40 DC, drenar o lago Fascino através de um túnel, usando o desague para irrigação. Na segunda tentativa de esvaziar o lago, o fluxo de saída foi muito maior que o esperado, com o resultado desastrosos, o que irritou à esposa do imperador. Mais tarde, pensando em que o imperador poderia castiga-la por seu ataque de fúria, decidiu envenena-lo com excremento de sapo.



Um livro de Atenaios, intitulado Mecánikos, estuda as máquinas de cerco, pontes levadiças, aríetes, tartarugas, torres e outros dispositivos semelhantes. Eram as melhoras nos arsenais da época. Em 100 DC, um dos melhores autores técnicos de todos os tempos, Herón de Alexandria, produziu manuscritos de engenharia intitulados Mecânica, pneumática, arte de cerco, fabricação de automatatas, o transito do topógrafo, medição e espelhos. Foi um escritor técnico prolífico. Também desenvolveu uma máquina de vapor, ou «eolipila”, que funcionava com base ao princípio da reação, semelhante ao de um pulverizador giratório de jardim.



Aproximadamente em 200 DC, foi inventado um aríete denominado "ingenium" para atacar as muralhas. Muitos anos depois se chamou ao operador do ingenium, de "ingeniator", que muitos dos historiadores acreditam que foi a origem da palavra engenheiro. A engenharia romana declinou depois de 100 DC, e seus avanços foram modestos. Um fator que contribuiu à caída do Império Romano, aproximadamente em 476 DC, foi que tanto a ciência e a engenharia romanas haviam declinado durante este período, não acontecia igualmente com os bárbaros do Norte. Outro fator que atrasou o crescimento da ciência e da engenharia foram algumas leis postas em vigor entorno de 301 DC, e que Diocleciano pretendia que fossem reformas ao controle de preços e salários, e leis que obrigavam a todo homem do império a seguir o ofício de seu pai. Isso se fez, ao menos em parte, com a esperança de proporcionar estabilidade econômica.



Uma inovação durante este período foi a invenção da iluminação pública na cidade de Antióquia, aproximadamente no ano 30 DC.

A queda de Roma é sinônimo do fim dos tempos antigos. No tempo que se seguiu, o período medieval, a legislação de castas e a influência religiosa retardaram consideravelmente o desenvolvimento da engenharia. Muitos historiadores chamam "O Obscurantismo" ao período de 600 a 100 DC. Durante este lapso deixaram de existir a engenharia e arquitetura como profissões.

No século XIII, Santo Tomás de Aquino argumentou que ciência e religião eram compatíveis. Ghazzali, erudito em ciência e filosofia gregas, chegou à conclusão de que a ciência afastava as pessoas de Deus, porque era má. Os europeus seguiram a Santo Tomás, enquanto que o Islã seguiu a Ghazzali. Em parte, esta diferença de filosofia é o desenvolvimento técnico subjacente tão diferente nestas duas culturas. Na atualidade não se aceita universalmente que nenhum desses grandes

estudiosos tivessem razão. Entretanto, é indubitável que durante séculos a Europa tenha disfrutado de superioridade técnica no mundo, com os benefícios que isso implicara, no entanto, o desenvolvimento técnico na cultura do Islã foi limitado.

Nos anos seguintes a queda do Império Romano, a liderança técnica passou à capital bizantina de Istambul. Durante os dez séculos seguintes foi com elevadas muralhas de até 13 m de altura, que foi possível manter os bárbaros afastados.

ENGENHARIA ORIENTAL

Depois da queda do Império Romano, o desenvolvimento da engenharia se trasladou a Índia e China. Os antigos hindus eram hábeis no manejo do ferro e possuíam o segredo para fabricar bom aço, muito antes dos romanos. Áustria e Índia foram os dois centros siderúrgicos principais quando estava em seu apogeu o Império Romano. Mais tarde, os ferreiros sírios usaram lingotes de aço indiano em Damasco para forjar as lâminas das espadas damasquinas. Era um dos poucos aços verdadeiramente superiores da época. Durante uns dois séculos, a capital mundial da ciência foi Jundishapur, Índia. Aproximadamente em 700 DC, um monge da Mesopotâmia, chamado Severo Sebokht deu a conhecer à civilização ocidental o sistema numérico indiano, que desde então os chamamos de números arábicos.

Uma das maiores realizações de todos os tempos foi a Grande Muralha da China. A distância de um extremo ao outro da muralha é de aproximadamente 2.240 km; entretanto, há mais de 4.080 km de muro no total. Quase toda a muralha tem aproximadamente 10 m de altura, 8 m de espessura na base, e se reduz até, aproximadamente, 5 m na parte superior. Ao longo da parte superior corre um caminho pavimentado.



A muralha tem 25.000 torres em sua parte principal e outras 15.000 torres separadas da muralha principal. Sua altura não era suficiente para evitar que fosse escalada por invasores, porém tinham que deixas seus

cavalos frente a mesma. Sem cavalos, não podiam fazer frente aos guardas locais que iam montados.

A China teve canais a milhares de anos. A maioria deles tinham o tamanho adequado para a irrigação, porém não para a navegação, devido que nessa época ainda não eram conhecidas as eclusas. Depois de 3000 anos, o comprimento do sistema de irrigação chinês era de mais de 320.000 km. O canal mais extenso, o Yunho ou Grande Canal, tinha 1.920 km e corria desde Tientsin até Hangchow; sua construção levou mil anos. Este é um dos exemplos de determinação e paciência oriental, sem limite de tempo.



Os chineses foram os primeiros construtores de pontes, com características únicas. Algumas de suas pontes mais antigas foram de suspensão, com cabos feitos de fibra de bambu; lograram um dos inventos mais importante de todos os tempos, o papel.



Aproximadamente em 105 DC, Tsai Lun escreveu um informe a seu imperador sobre um procedimento para fazer papel, e lhe foi reconhecido o mérito. Blocos de gravação foi usado posteriormente no século X, no reinado de Shu, para produzir o primeiro papel moeda do mundo.

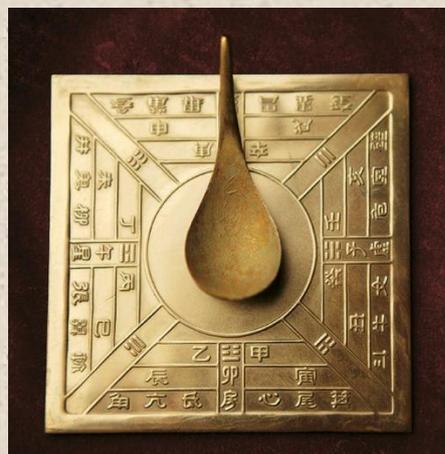


Acredita-se que os chineses inventaram a pólvora. É irônico que esta invenção chinesa, junto com o canhão, eliminaram as muralhas.

Os chineses desenvolveram maquinaria de engrenagem desde épocas muito antigas. Alguns historiadores acreditam que até o ano 400 AC, haviam engrenagens na China.

Os chineses foram os primeiros a inventar mecanismos de escape para os relógios. Só em 1500 DC, Peter Henlein de Nuremberg, Alemanha, inventou o relógio de corda.

Outro descobrimento importante dos chineses foi a bússola, que rapidamente se expandiu, para ser de uso comum ao redor de 1200 DC.



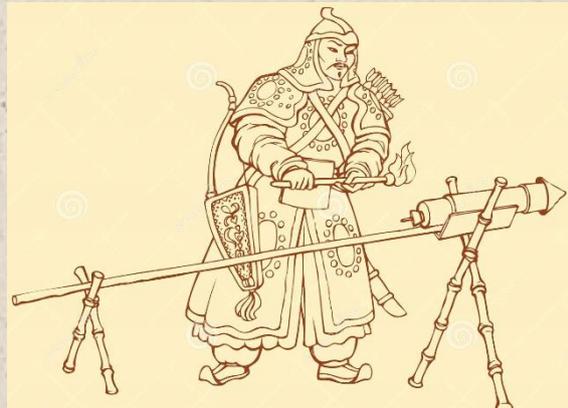
Logo os árabes aprenderam dos chineses o método de fabricação do papel, e o produziram em grande quantidade. A partir de então aumentou notavelmente a comunicação das ideias. A química progrediu muito como ciência na Arábia e também se difundiu com rapidez o processo para se fazer pólvora. O invento de Gutenberg dos tipos móveis para a impressão, na Alemanha, foi outro passo gigantesco na melhoria das comunicações. A partir de então, foi possível disseminar o conhecimento sem ter que fazer a cópia a mão. A extensão da disseminação do conhecimento permitida pela prensa foi uma condição necessária preliminar para os múltiplos avanços que se seguiram.



ENGENHARIA EUROPEA

A Idade Média, à que muitas vezes é denominada também de período medieval, desenvolveu-se entre o período de 500 até 1.500 DC, porém, em geral se denomina Obscurantismo ao período entre o ano 600 e o ano 1000 DC. Durante este período não existiram as profissões de engenheiro ou arquiteto, de maneira que essas atividades ficaram nas mãos dos artesões, tais como os mestres pedreiros. A literatura do Obscurantismo era predominantemente de natureza religiosa, e quem mantinha o poder não dava importância à ciência e a engenharia. Os governantes feudais eram conservadores, e sobre tudo tratavam de manter o estado das coisas. A maioria das pessoas deviam ter o mesmo ofício de seus pais. Entretanto, na década de 1500 ocorreu uma série de descobrimentos científicos importantes na engenharia e nas matemáticas, o que sugere que ainda que se tinha retido importância à ciência, estava ocorrendo uma revolução no raciocínio com relação à natureza e atividade da matéria. O movimento, força e gravidade receberam considerável atenção em plena Idade Média e mais adiante.

Um invento que contribuiu para o fim da forma de vida com castelos rodeados de muralhas foi o canhão, que apareceu na Alemanha no século XIV, e para o século XV os castelos já não podiam ser defendidos.



O Renascimento, que literalmente significa "voltar a nascer", começou na Itália durante o século XV. O redescobrimto dos clássicos e o ressurgimento na aprendizagem levaram a uma reavaliação dos conceitos científicos da antiguidade.

Um dos limites óbvios do desenvolvimento da engenharia foi a facilidade com que se podia comunicar e comparar os pensamentos. A invenção dos óculos em 1286, e o aumento considerável nas obras impressas na Europa no século XV, foram dois acontecimentos transcendentais na expansão do pensamento da engenharia. Desde então, outro fator importante em todo momento é a atitude de uma sociedade para uma profissão. Durante o Renascimento, os engenheiros novamente foram membros de uma profissão respeitada e inclusive alguns deles receberam bom pagamento. Filippo Brunelleschi foi um engenheiro bem conhecido nos princípios de 1400, e como a maioria dos engenheiros bem conhecidos do Renascimento, era engenheiro militar e civil, ao igual que arquiteto e artista. Uma de suas contribuições foi o projeto de perspectiva. A República de Veneza estabeleceu em 1474 a primeira lei de patentes, e em 1594 se deu a Galileu uma patente sobre um dispositivo para elevar água. Ainda que a antiga lei de patentes promulgada em Veneza necessitava muitas melhorias antes de que pudesse oferecer proteção efetiva, foi o primeiro intento para estimular as invenções ao proteger a comercialização dos inventos. Entretanto, o custo atual de adquirir uma patente e as demoras no funcionamento do sistema de patentes certamente limita sua efetividade como incentivo para a média dos cidadãos. Em 1514, o Papa Paulo III teve que resolver o problema de substituir o arquiteto Bramante, depois de sua morte, ocorrida durante a reconstrução da Basílica de São Pedro. Foi escolhido um artista e engenheiro chamado Miguel Ângelo Buonarroti, para concluir o projeto.



É bem conhecido seu trabalho na conclusão da dita basílica. Entretanto, é menos conhecido que tenha sido chamado em Florença, e novamente em Roma, para que se projetasse fortificações para essas cidades.

Um dos muitos inimigos de Miguel Ângelo foi Leonardo da Vinci. Igualmente que Miguel Ângelo, da Vinci é melhor conhecido por suas realizações artísticas. Porém, era um estudioso ativo, quase absorvido continuamente. Dominou a astronomia, anatomia, aeronáutica, botânica, geologia, geografia, genética e física. Seus estudos de física cobriram tudo o que se conhecia em seu tempo. Tinha uma curiosidade científica que alguma vez lhe causou problemas. O Papa Leão X o despediu quando soube que aprendia anatomia humana dissecando cadáveres. Desde o ponto de vista puramente científico, existe melhor maneira de aprender a anatomia humana?

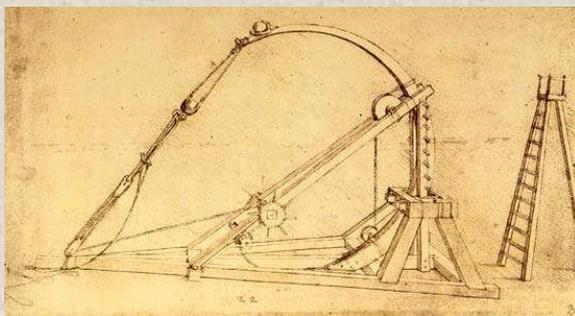
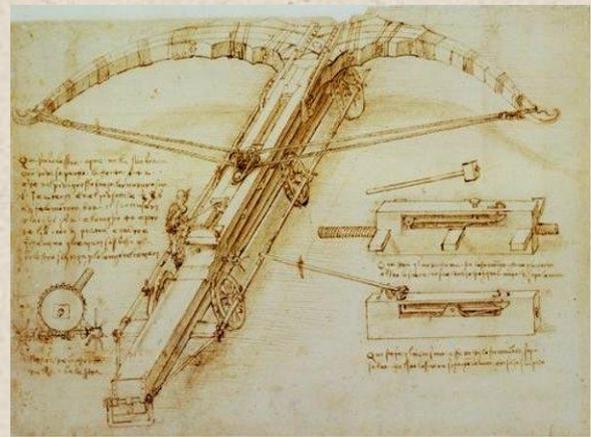
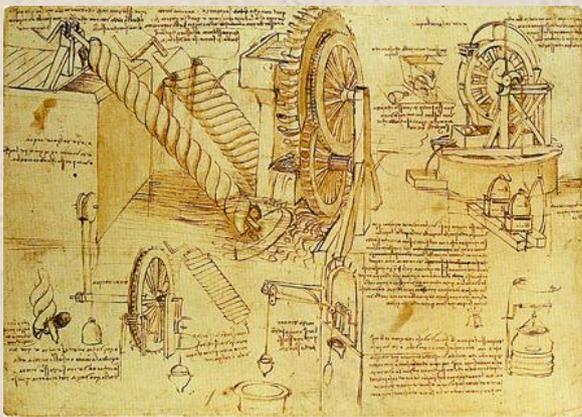
Em 1483, da Vinci se transferiu a Milão e apresentou o seguinte resumo ao Duque Ludovico Sforza, esperando conseguir emprego: "Depois de ver, meu Muito Ilustre Senhor, e havendo considerado agora suficientemente as provas de quem se tem por mestre e projetistas de instrumentos de guerra e de que o projeto e operação dos mesmos instrumentos não é distinto dos que se usa comumente, tratarei sem prejuízo de nada, fazer-me compreender por Vossa Excelência, revelando meus próprios segredos e oferecendo-os a seu prazer, e no momento apropriado, pôr em prática todas as coisas que por brevidade mencionarei parcialmente em seguida, e muitas mais, de acordo com a exigência dos distintos casos. Posso construir pontes e fortes rapidamente, que podem ser transportadas facilmente, e com eles perseguir, ou se for necessário, fugir do inimigo, e outras mais seguras e capazes de resistir ao fogo e ataque, e fáceis e práticas para utilizar e remover; tenho métodos de queimar e destruir a dos inimigos.

Em um local sitiado, sei como obter água dos fossos e como fazer infinitas pontes, treliças, escadas e outros instrumentos adequados a tais

propósitos. Além disso, se no cerco é impossível usar o bombardeio por causa da profundidade das trincheiras, ou da fortaleza em relação a sua posição e ou situação, posso destruir toda a fortaleza ou obra de qualquer outro tipo se não for feita de pedra. Também tenho os meios de possibilitar facilmente e convenientemente o transporte de canhões, e com eles lançar pedras semelhante a uma tempestade; e com a fumaça deles provocar grande temor ao inimigo, causando-lhe grandes danos e confusão. Se ocorrer no mar, tenho a maneira de construir muitos instrumentos capazes de ataque e defesa, e embarcações que ofereçam resistência ao ataque dos canhões maiores, pólvora e fumaça. Também tenho os meios, com túneis e passagens secretas e tortuosas, feitos sem ruídos, para chegar a determinado ponto, inclusive se for necessário passar por baixo de embarcações ou de algum rio. Também farei vagões cobertos, seguros e indestrutíveis, que ao penetrar com sua artilharia entre o inimigo, romperão o maior número de homens armados. Por detrás destes pode seguir a infantaria sem sofrer danos e sem encontrar oposição. Se tiver necessidade, farei canhões, morteiros e peças de campo de formas bonitas e úteis, distintas das de uso comum. Quando se puder usar o canhão, posso fabricar catapultas lanças cátaras e máquinas para lançar fogo. Ainda posso elaborar outros instrumentos de eficiência admirável, que não são usados comumente, de acordo como seja o caso, imaginarei diversos aparatos infinitos para o ataque e defesa. Em tempo de paz, creio que posso dar satisfação igual à de qualquer outro em arquitetura no projeto de edifícios públicos e privados e no transporte de água de um lugar a outro. Também posso realizar esculturas em mármore, bronze ou terracota; igual sucede com a pintura, a que posso fazer tão bem como qualquer outro, quem quer que seja. Mais ainda, será possível começar a trabalhar no cavalo de bronze, que servirá para recordar a glória imortal e honra eterno da feliz memória de vosso pai, Meu Senhor, e da ilustre Casa dos Sforza. E se tiver alguém a quem pareça impossível ou irrealizável qual quer das coisas antes mencionadas, me ofereço para fazer uma prova delas em seu parque ou no local que agrada a Vossa Excelência; a quem me recomendo o mais humildemente que posso."

Evidentemente, o Duque Ludovico Sforza não se impressionou e não contratou a da Vinci depois de ler seu resumo; no entanto, ela foi apropriada para da Vinci mais tarde, como resultado de uma associação deste com outro artista. O duque tinha o hábito de pagar em atraso, quando o fazia, o que obrigou a que da Vinci renunciasse uma vez; no entanto o reconsiderou mais tarde. Leonardo da Vinci foi um dos grandes gênios de todos os tempos. Antecipou muitos avanços do futuro; como: a máquina a vapor, a metralhadora, a câmara escura, o submarino e o helicóptero. Porém, é provável que tivera pouca influência no

pensamento da engenharia de seu tempo. Suas investigações eram uma miscelânea não publicada de pensamentos e ilustrações. Era um pesquisador impulsivo, e jamais resumia sua pesquisa para benefício de outros através da publicação da mesma. Em seus cadernos fazia a anotação de suas pesquisas da direita para a esquerda, possivelmente por comodidade, devido a que era canhoto.



Outro grande gênio desse tempo foi Galileu, que à idade de 25 anos foi nomeado professor de matemática na Universidade de Pisa. Estudou mecânica, descobriu a lei fundamental da queda dos corpos e estudou o comportamento do movimento harmônico do pêndulo. Proferiu conferências sobre astronomia em Pádua e Florença, e posteriormente foi acusado ante a Inquisição, em 1633, devido a sua crença de que o Sol e não a Terra, era o centro de nosso universo. Em 1638 publicou sua obra máxima de matemática, que pouco depois foi colocada no *Mdcx Expurgatorius*, ficando proibida a sua leitura em todos os países católicos. Nos últimos anos de sua vida, sob prisão domiciliar, se concentrou no tema menos controverso da mecânica.

No período medieval se empregava armações para suportar os tetos, porém eram grossas e com frequência aumentavam o peso do edifício, sem contribuir para a sua resistência. Nessa época não se compreendia bem o papel do projeto das armações. Devido ao uso de métodos empíricos no projeto de membros estruturais, os edifícios públicos, especialmente as igrejas, tinham fama de desmoronar sobre os visitantes. O teto da Catedral de Beauvais desmoronou duas vezes no

século XIII, e no século XVI foi agregado um campanário que pouco depois desmoronou também. Desde então, as catedrais eram e seguem sendo obras monumentais com grandes vãos que sempre tem exigido conhecimento de engenharia e arquitetura. Acredita-se que foi Andrea Palladio o primeiro engenheiro que compreendeu realmente as forças nas armações. Em 1570 projetou pontes para Veneza, em que toda as partes da ponte tinham um propósito útil. Em 1560, Giovanni Battista della Porta iniciou uma sociedade em Nápoles denominada de Academia dos Segredos da Natureza. Era semelhante a outras anteriores como a Academia de Platão, o Liceu de Aristóteles e o Museu de Alexandria. Durante este tempo havia muita comunicação entre os científicos europeus. No entanto, essa academia fechou devido a suspeitas do clero. Em 1603 foi fundada a Academia Lincea que existe até hoje. Galileu foi um de seus membros. Estes pretendiam fundar monastérios laicos em distintas partes do mundo. A Real Sociedade de Londres foi declarada legalmente pública em 1662, depois de una série de reuniões secretas. Boyle, Hooke e Newton estiveram entre seus membros. Em 1666 foi formada a Academia Francesa, e em 1700 teve início a Academia de Berlim.



Em 1540, Biringuccio escreveu um destacado tratado sobre metalurgia, e em 1912 foi traduzido ao inglês por Herbert e Lou Henry Hoover. Herbert Hoover era um jovem engenheiro nessa época; é o único engenheiro da história dos Estados Unidos que chegou a presidente de seu país.

Um dos descobrimentos mais importantes na história da engenharia mecânica foi realizado por Simão Stevin na Holanda, no final da década de 1500. Mediante o "triângulo de forças", permitiu aos engenheiros manejar forças resultantes que atuavam nos membros estruturais. Stevin escreveu um tratado sobre frações e também realizou trabalhos que levaram ao desenvolvimento do sistema métrico.

Na mesma época teve lugar uma diversidade de descobrimentos matemáticos de consideração. Ao redor de 1640, Fermat e Descartes descobriram independentemente a geometria analítica. Um sacerdote inglês chamado William Oughtred, aproximadamente em 1622, projetou a primeira régua de cálculo baseado na soma de logaritmos para obter o produto de dois números.



Já antes da Idade Média havia ocorrido uma mudança importante no enfoque da ciência. Foi o conceito de que uma hipótese se devia rejeitar ou aceitar com base ao resultado de um experimento. Havia começado o "método científico".

Descartes e Leibniz descobriram em forma independente o cálculo diferencial. Newton descobriu o cálculo integral, e logo descreveu a relação recíproca entre os cálculos diferencial e integral. Seus descobrimentos ocorreram em Woolsthorpe, aproximadamente em 1665, devido a que Cambridge estava fechada devido a uma epidemia.

Jean Baptiste Colbert foi ministro de Luís XIV e estabeleceu a primeira escola formal de engenharia em 1675. O Corpo de Gênios, como eram conhecidos, eram engenheiros militares treinados por Sebastian le Prestre de Vauban, engenheiro militar francês muito conhecido.

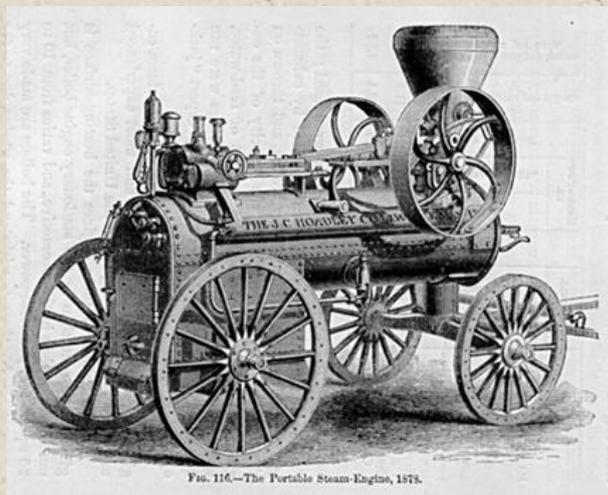
Em 1771 um pequeno grupo de engenheiros, aos que eram chamados frequentemente para dar seu testemunho sobre projetos de portos e canais, formou a Sociedade de Engenheiros. John Smeaton, diretor do grupo, foi o primeiro a dar-se o título de engenheiro "civil" para assinalar que sua incumbência não era militar. Esta sociedade se constituiu na Instituição Civil de Engenharia em 1828, iniciando com ela uma especialização dentro da engenharia.

Em 1795, Napoleão autorizou o estabelecimento da Escola Politécnica, que foi a primeira desse tipo de escolas que apareceram na Europa durante o século XIX. Outras se seguiram, tais como o Eidgenössisches Polytechnicum em Zurich em 1855, as escolas politécnicas em

Delft em 1864, e outras em Chemnitz, Turim e Karlsruhe. Em 1865 foi fundado o Massachusetts Institute of Technology, o primeiro de seu tipo nos Estados Unidos.

Durante o período medieval, as principais fontes de energia eram a água, o vento e os animais. O Standerd foi inventada no século XVIII. Mediante engrenagens mantinham orientadas as pás principais dos moinhos de vento sendo um dos primeiros dispositivos autorregulados conhecidos na história da engenharia.

Thomas Savery teve o grande mérito de idealizar a máquina a vapor, ainda que outros tenham contribuíram com avanços menores nesse campo. Em 1698 recebeu uma patente por um dispositivo operado por vapor para drenar minas; o anunciou em um livro que escreveu mais tarde, e que intitulou "Tire Mines Friend". Em 1712, Thomas Newcomen melhorou muito a máquina a vapor, a que também era usada para bombear água de minas. Estas primeiras máquinas eram muito deficientes, ainda que representassem o desenvolvimento inicial da energia a partir de máquinas térmicas. É difícil imaginar o ponto em que estaria nossa civilização, na atualidade, sem estas máquinas.



Antes da máquina a vapor houve toda uma série de avanços científicos no século XVII. Robert Boyle estudou a elasticidade do ar e descobriu a lei que relaciona a temperatura, pressão e volume, que hoje em dia leva seu nome. Robert Hooke experimentou com a elasticidade dos metais e descobriu a lei da elasticidade que também leva seu nome. Christian Huygens determinou as relações da força centrípeta e Sir Isaac Newton estabeleceu as três leis básicas do movimento.

Seguindo a Newcomen, James Watt fez tais melhoras significativas à máquina a vapor, que com frequência se lhe atribui parcialmente a invenção inicial, junto com Savery e Newcomen. Durante um

experimento em 1782, encontrou que um "cavalo de cervejaria" desenvolve 33.000 pés libra (uns 44.700 joules) por minuto, iguais a 1 cavalo de força.

Em 1804, Richard Trevithick foi o primeiro a estabelecer que uma locomotiva a vapor correria sobre trilhos. Mais tarde demonstrou que as rodas lisas podiam correr sobre trilhos lisos se as declividades não fossem demasiadamente excessivas. Uma das locomotivas de Trevithick foi apresentada em uma via circular em Londres em 1808, porém descarrilhou e tombou.

George Stephenson, depois de ter sido empregado como vaqueiro, vaqueiro, serviu como foguista de uma máquina a vapor e logo como cuidador de uma máquina de bomba. Aos trinta e dois anos, construiu sua primeira locomotiva a vapor, e logo defendeu insistentemente por uma emenda a uma acta, aprovada em 1821, para que se empregasse a locomoção a vapor em vez de cavalos em uma ferrovia que iria desde Stockton até a mina de carvão de Willow Park. Utilizou o trilho de 1,42 m que havia sido usado anteriormente para vagões puxados por cavalos. Todavia, esta bitola de via é a de uso mais comum em todo o mundo. Como sabemos, depois do desenvolvimento do sistema ferroviário na Europa e América, os avanços da engenharia se sucederam a uma velocidade cada vez maior. A primeira metade do século XX produziu um número quase incrível de avanços na engenharia, e grande parte se deve as duas guerras mundiais.

A invenção dos automóveis e aeronaves nos Estados Unidos foram fatores significativos no desenvolvimento da engenharia do século XX. Os inventos de Tomás Edison, que iniciaram a indústria da energia, e o invento de Lee De Forest da "válvula eletrônica" (tubo a vácuo), que deram considerável ímpeto à indústria das comunicações também foram acontecimentos muito significativos.



Até 1880, a engenharia foi civil ou militar, enquanto que até essa data haviam sido ambas coisas simultâneas. Em 1880 foi fundada a American Society of Mechanical Engineers, seguida da American Society of Electrical Engineers em 1884 e o American Institute of Chemical Engineers em 1908. O American Institute of Industrial Engineers foi fundado em 1948 e foi o último campo importante da engenharia em organizar-se.

