

SEL0406 - Automação

Da era pré-industrial até a primeira revolução industrial

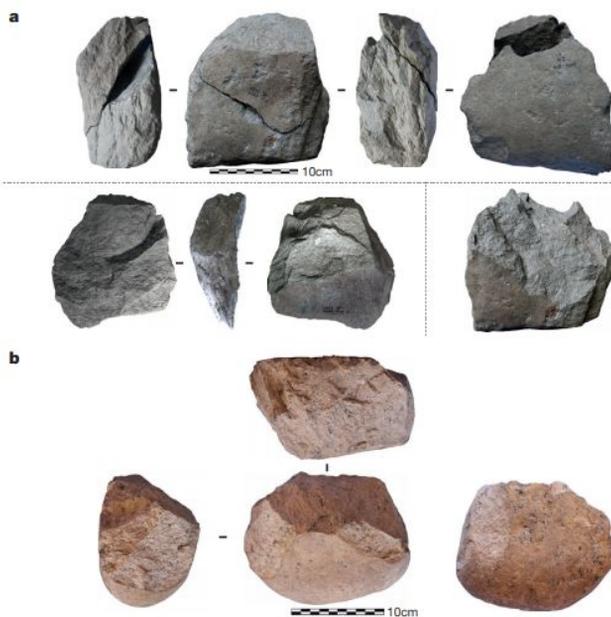
A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas



A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Descobertas no Kenia em 2011 indicam que as primeiras ferramentas criadas datam de 3.3 milhões de anos atrás. Época Piloceno.

700 mil anos antes do surgimento dos primeiros indivíduos do gênero “homo”!



Artigo “3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya”, disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature14464>>

3

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Ao final da idade da pedra, a 12.000 anos atrás, o homem (homo sapiens) possuía machados com os quais preparava o solo para lavouras.

A técnica já incluía o polimento das ferramentas quando ficavam “cegas”



Ashmolean Museum/Heritage Images/Getty Images, disponível em <<https://www.history.com/news/hunter-gatherer-tools-breakthroughs>>

4

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas



Pesse Dugout Canoe
~ 8,000 BCE
Found in Holland

http://www.iro.umontreal.ca/~vaucher/History/Ships/Prehistoric_Craft/ 5
<https://www.britannica.com/technology/ship/History-of-ships>

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

A 5000 anos atrás os homens dominam a tecnologia da mineração, extração e fundição para produção de ligas de cobre, estanho e outros metais de baixo ponto de fusão ($\geq 1000^{\circ}\text{C}$).

Nessa época surgem também as primeiras formas de escrita e o agrupamento em aldeias fixas.



<https://alchetron.com/Bronze-Age>

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Uso da roda, aprox. 4000 AC. Mesopotâmia.



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/06/Chariot_Dipylon_Master_Louvre_A554.jpg

7

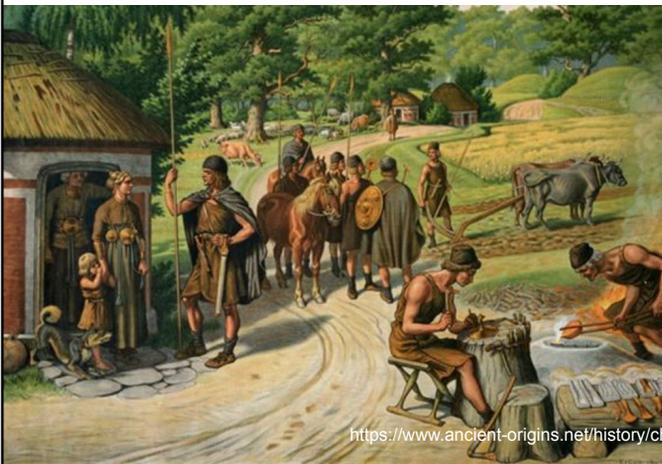
A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Em 3400 AC - registros de canoas em pinturas. Egito



8

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

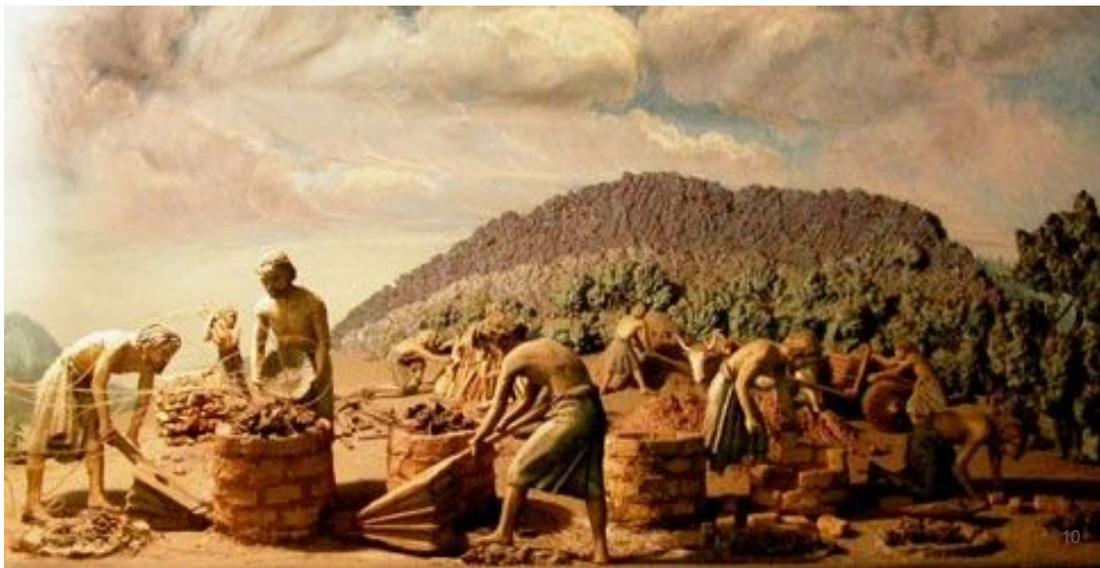


<https://www.ancient-origins.net/history/child-miners-mother-goddesses-and-one-greatest-powers-bronze-age-006272>

9

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Por volta de 1000 AC já se dominavam técnicas metalurgia para produção do ferro e de ligas para o aço (forjado a quente).

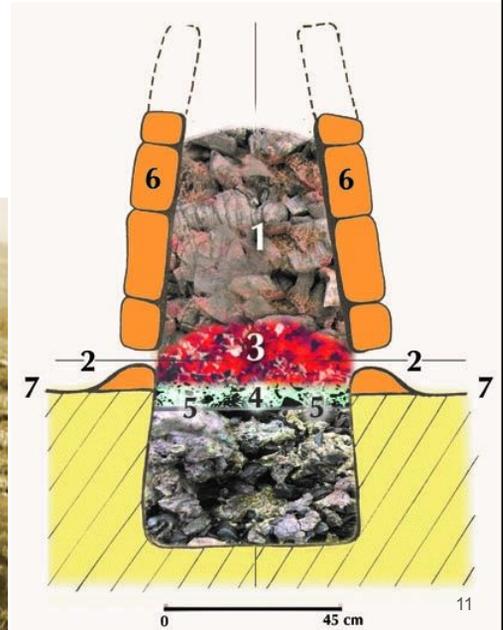


10

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Sítios arqueológicos de campos de fundição na Polônia

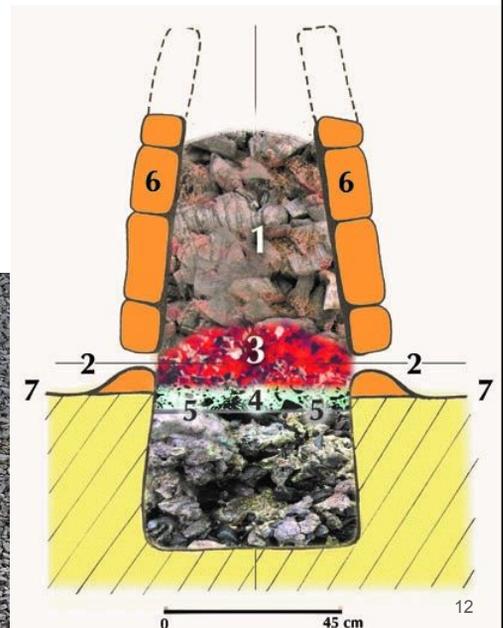
1. Minério de ferro e carvão vegetal.
2. Orifícios para sopro de ar.
3. Zona de redução.
4. Base (esponjosa) de ferro do poço de escória.



A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Sítios arqueológicos de campos de fundição na Polônia

1. Minério de ferro e carvão vegetal.
2. Orifícios para sopro de ar.
3. Zona de redução.
4. Base (esponjosa) de ferro do poço de escória.



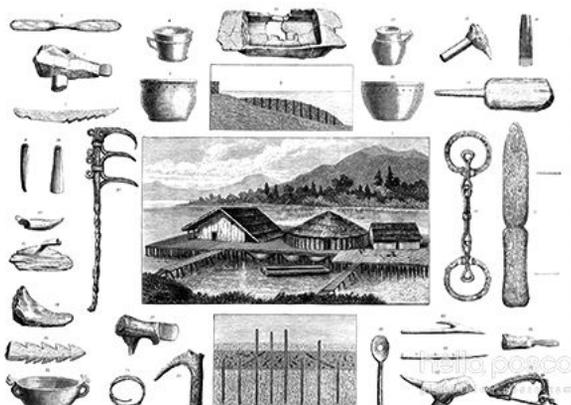
A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

650 AC: moinhos de vento persas.
Irã e Afeganistão.

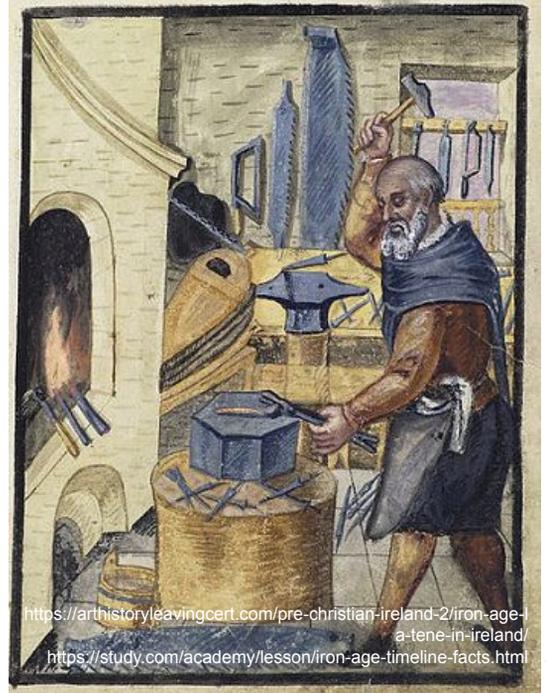


13

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

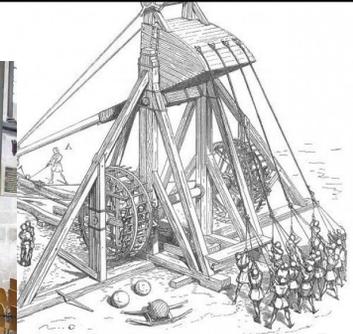
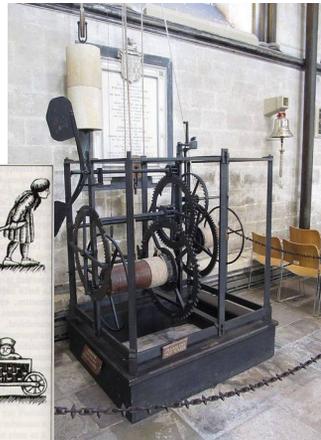
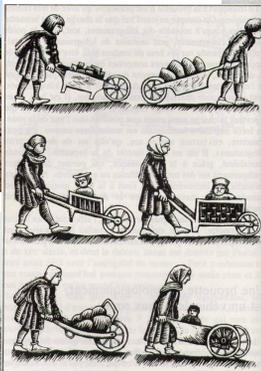


14

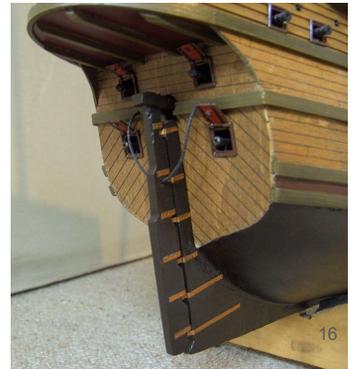


<https://arthistoryleavingcert.com/pre-christian-ireland-2/iron-age-a-tene-in-ireland/>
<https://study.com/academy/lesson/iron-age-timeline-facts.html>

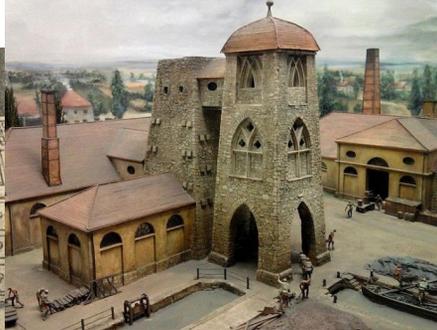
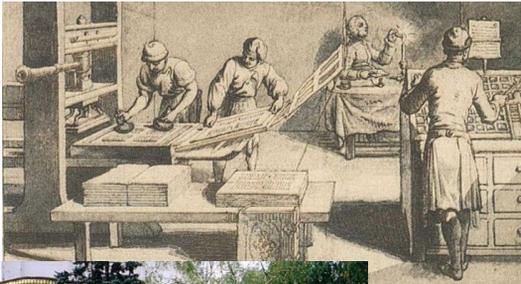
Invenções na Idade Média: a partir de ferramentas



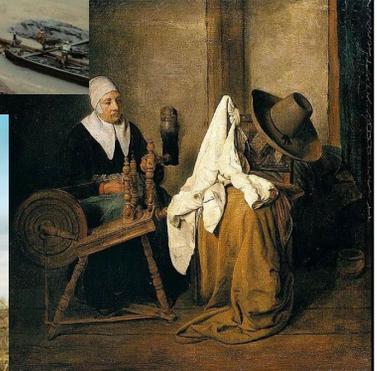
<https://interestingengineering.com/mechanical-engineering-in-the-middle-ages-the-catapult-mechanical-clocks-and-many-more-we-never-knew-about>



Invenções na Idade Média



<https://interestingengineering.com/18-inventions-of-the-middle-ages-that-changed-the-world>



17

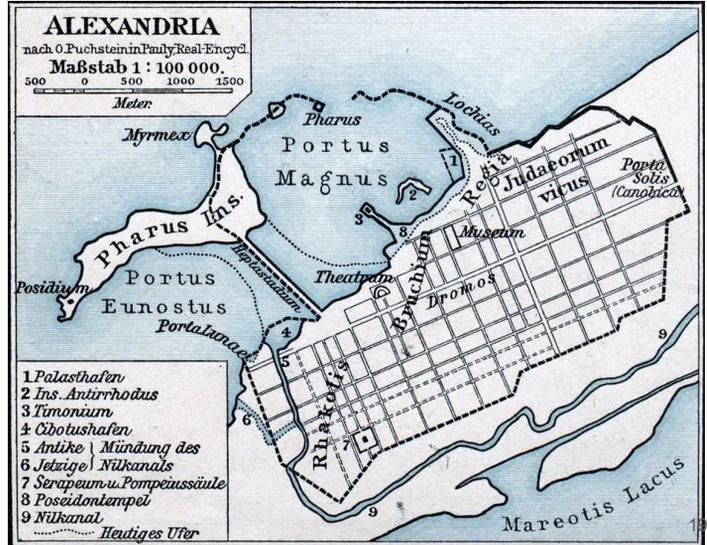
Qual foi a invenção que permitiu o passo seguinte às ferramentas manuais?

18

Templo das Musas em Alexandria, o *Musaeum Alexandriae* Séc. 3 AC



Musas dançando com Apolo - Baldassarre Peruzzi



Karte der antiken ägyptischen Stadt Alexandria. 1901 F. W. Putzgers Historischer Schul-Atlas. Friedrich Wilhelm Putzger, nach O. Puchstein in Pauly, Real-Encycl.

Musaeum Alexandriae

Ctesibius de Alexandria (270 BC). Elasticidade do ar, catapultas a ar, órgão hidráulico, bombas d'água. (De architectura, Vitruvius)

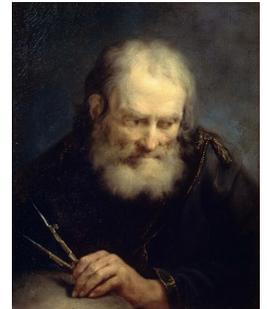
Arquimedes de Siracusa (287-212 AC) "Sobre os corpos flutuantes", empuxo, bomba de parafuso.

Heron de Alexandria (10-75)

É dele a fórmula para calcular a área de triângulos a partir da medida dos lados:

$$p = \frac{a+b+c}{2}$$

$$A = \sqrt{p(p-a)*(p-b)*(p-c)}$$

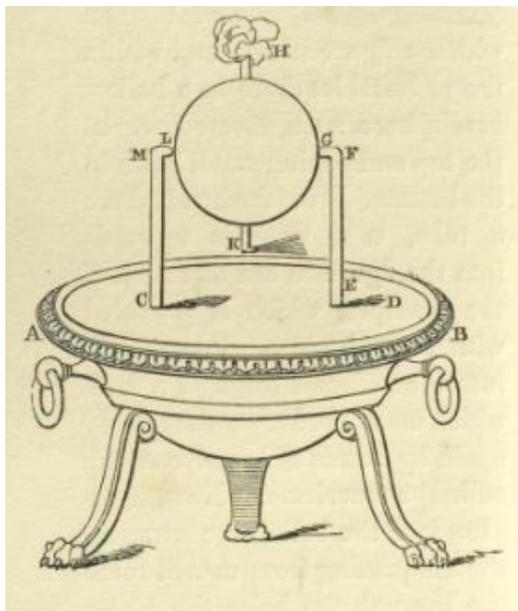


https://pt.wikipedia.org/wiki/Heron_de_Alexandria
<https://www.britannica.com/biography/Ctesibius-of-Alexandria>
<https://cdn.britannica.com/58/187758-050-09C50136/Archimedes-c-anvas-Giuseppe-Nogari-Pushkin-Fine-Arts.jpg>

Eolípila: A máquina a vapor de Heron de Alexandria
(do livro "Tratado de Pneumática")

Considerada a primeira máquina (motor) a vapor documentada!

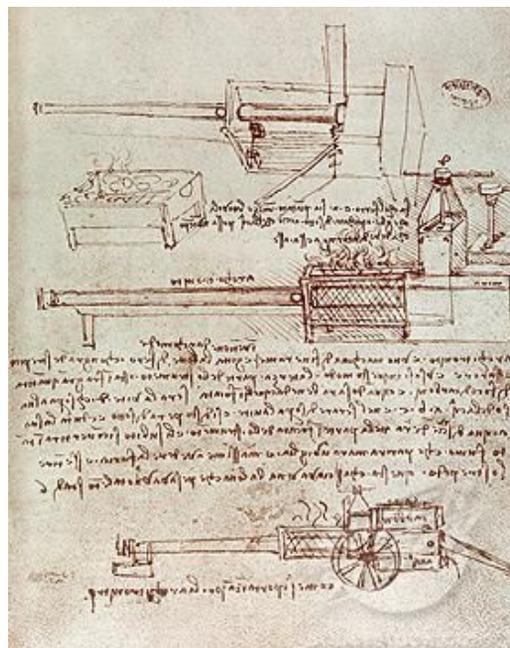
Transforma energia térmica em trabalho mecânico, embora fosse somente para se apreciar.



<https://www.loc.gov/resource/rbc0001.2009gen41532/?sp=7&st=pdf&pdfPage=97>

Architonnerre (Architronito): canhão à vapor de Leonardo da Vinci - final século XV

Leonardo atribui os créditos deste invento a Arquimedes

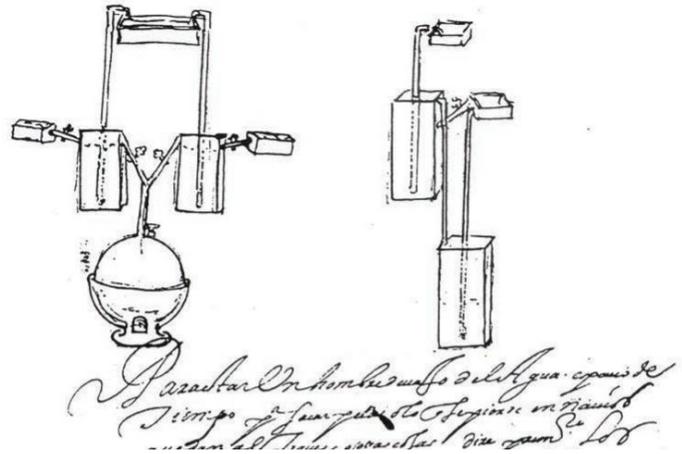


<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Architonnerre.jpg>

**Máquina à vapor de Jerónimo de Ayanz y
Beaumont, 1606**

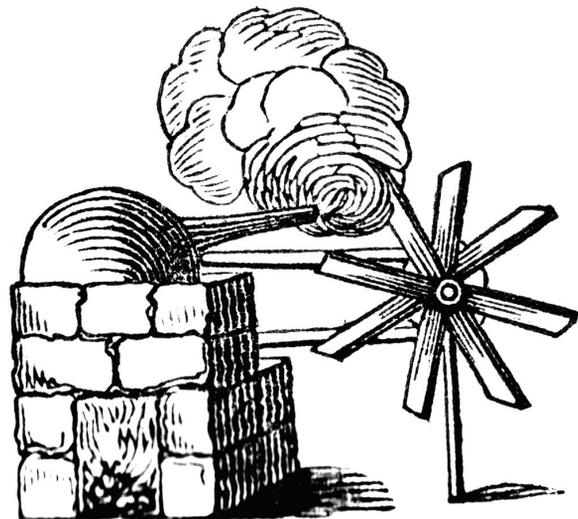
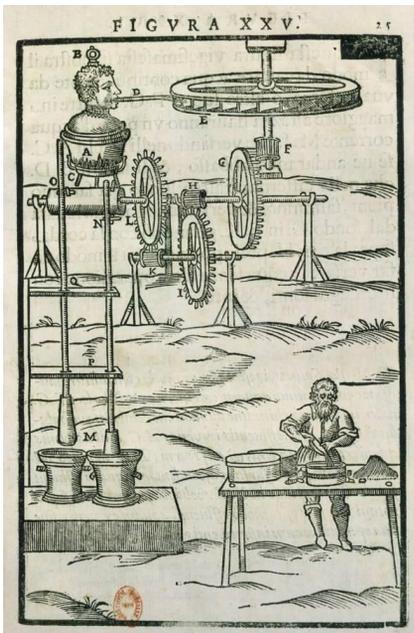
Inventor e administrador de minas espanhol.

Máquina (patenteada!) para ventilar e
drenar minas.



<https://www.um.es/documents/1073494/11136170/Centum-5.pdf/445b6205-cf25-4885-b80a-ec4bcc8e8576>

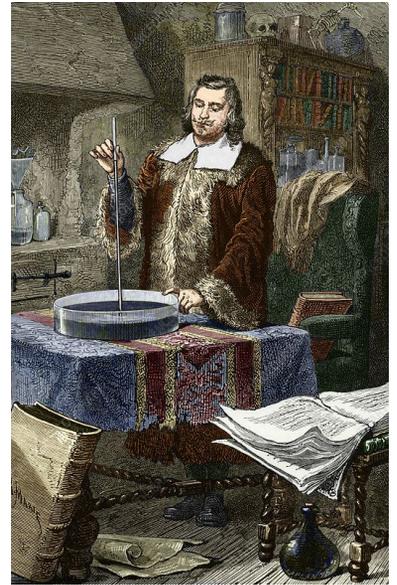
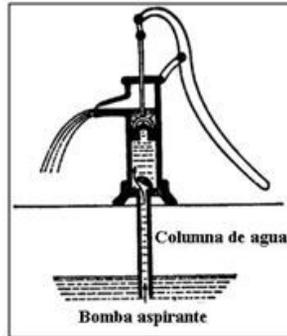
A turbina a vapor de Giovanni Branca - Le Machine (1629)



https://etc.usf.edu/clipart/28200/28277/brancas_engi_28277.htm
<https://www.art.com/products/p56422884418-sa-i9657147/steam-turbine-1629-figure-from-le-machine-by-giovanni-branca-1571-1645.htm>

A compreensão do vácuo

Desde Aristóteles (384-322 a.C.): postulado *horror vacui*

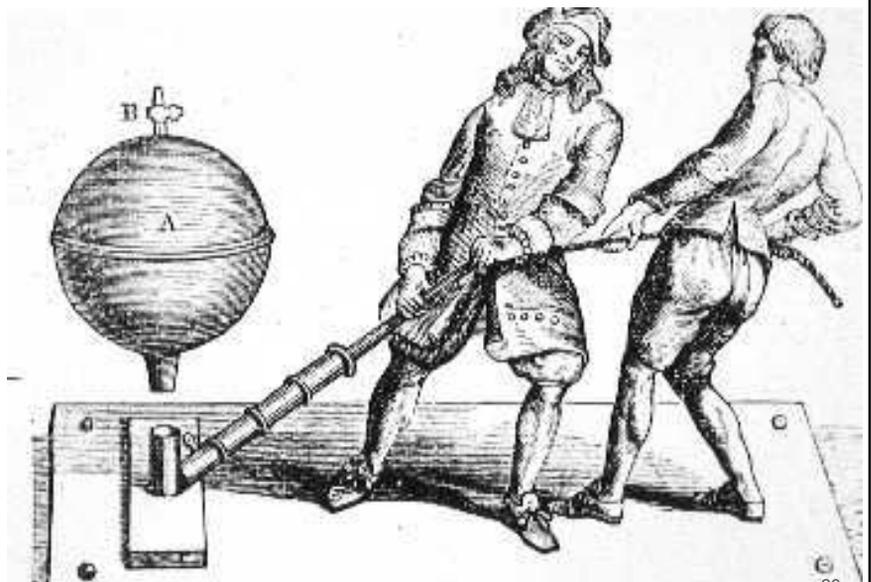


Nos anos 1600 Galileu Galilei (1638), Evangelista Torricelli (1644) e Blaise Pascal (1647): desenvolveram estudos sobre a existência do vácuo, a pressão da atmosfera e o peso do ar.

<https://www.sciencephoto.com/media/228914/view>

Otto von Guericke (1602-1686) e o vácuo no Renascimento

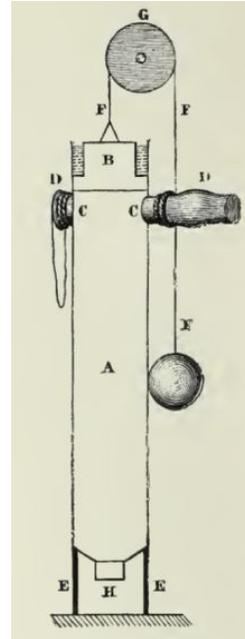
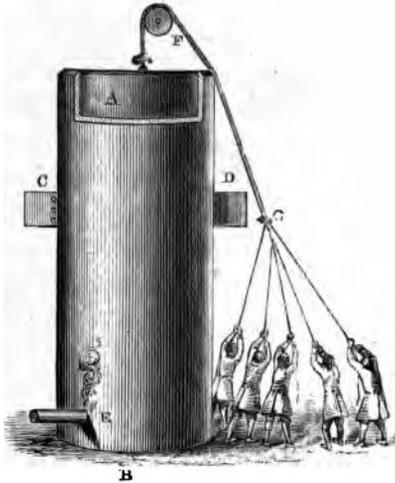
Invenção da bomba de vácuo: os hemisférios de Magdeburgo



http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Pneumatics/Vacuum_Pump/Vacuum_Pump.html

Máquinas pioneiras de Christiaan Huygens e Denis Papin

1671: Bomba de ar de Huygens -
acionamento com pólvora

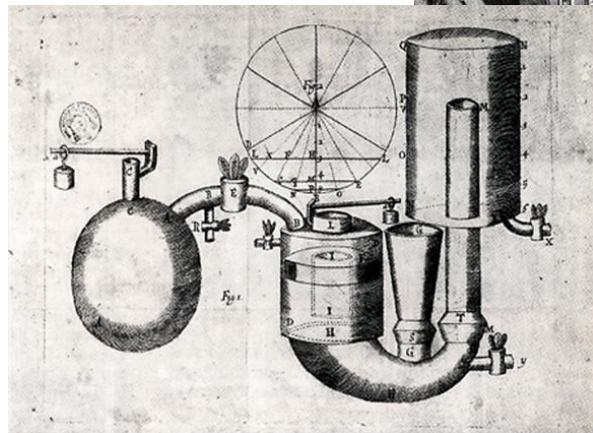
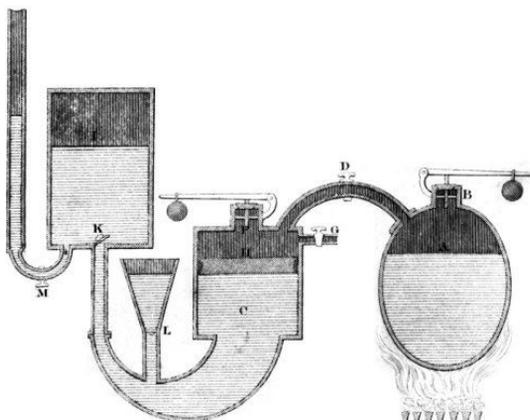


<https://technicshistory.com/2021/05/05/the-pumping-engine/>
https://en.wikipedia.org/wiki/Gunpowder_engine#/media/File:Huyghens_Engine.png

Máquinas pioneiras de Christiaan Huygens e Denis Papin

1679: Denis Papin inventa seu “digestor a vapor
para amolecer os ossos”

1690 - 1705: Conceito de uma máquina a vapor



<https://uh.edu/engines/CD-RainSteamSpeed/track8.html>
<https://museeprotestant.org/en/notice/denis-papin-1647-about-1712/>

Máquinas modernas

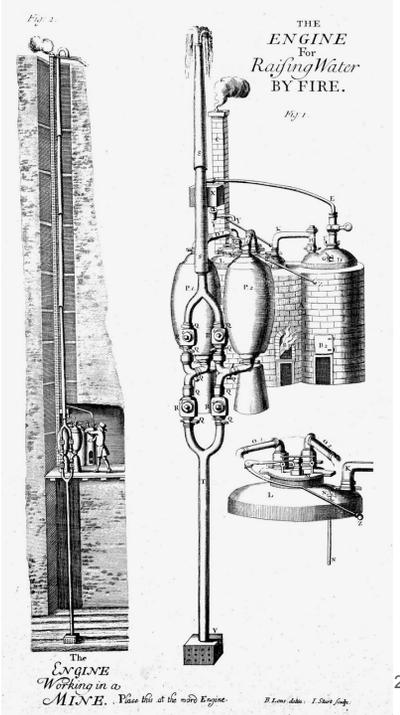
Thomas Savery (1650 - 1715)



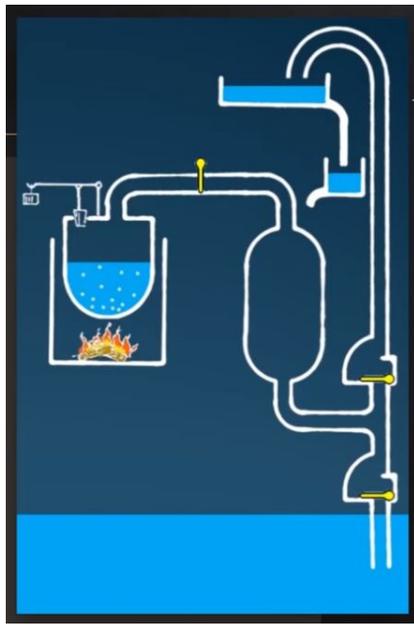
“O motor para elevar a água pelo fogo” de 1698

2 a 4 hp para elevar aprox. 13 metros

<https://cdn.britannica.com/14/133014-050-D2175859/Thomas-Savery-steam-pump-engraving.jpg>



O motor de Thomas Savery



O motor de Thomas Savery



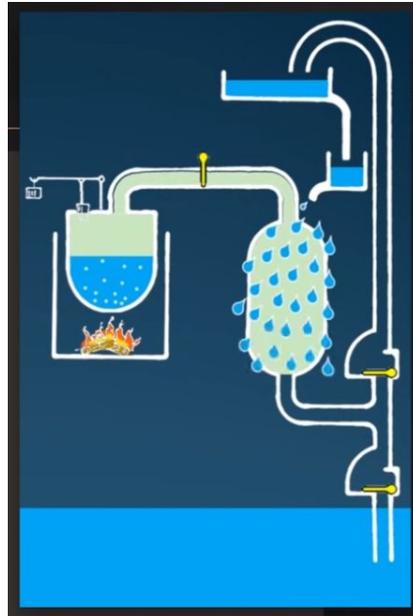
31

O motor de Thomas Savery

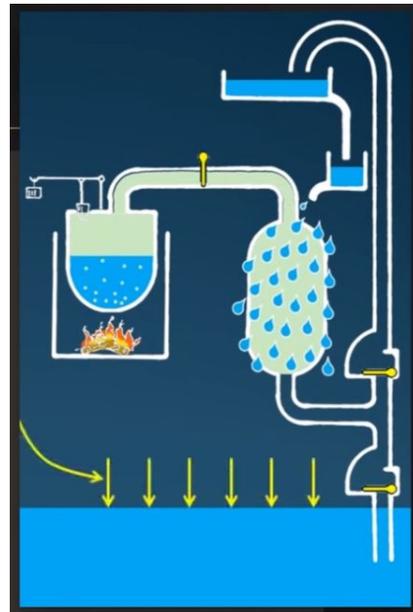


32

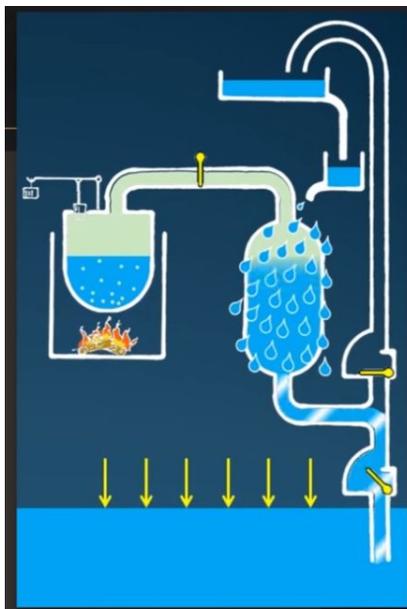
O motor de Thomas Savery



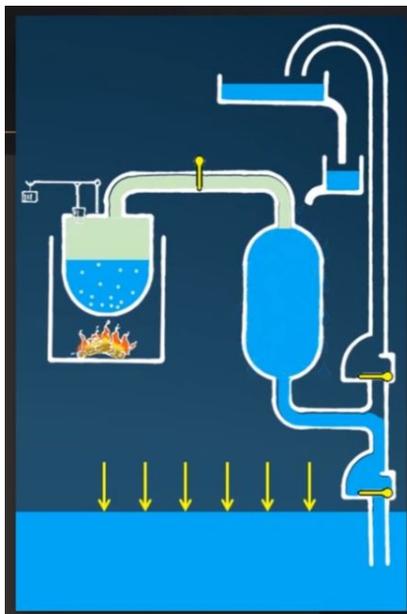
O motor de Thomas Savery



O motor de Thomas Savery



O motor de Thomas Savery

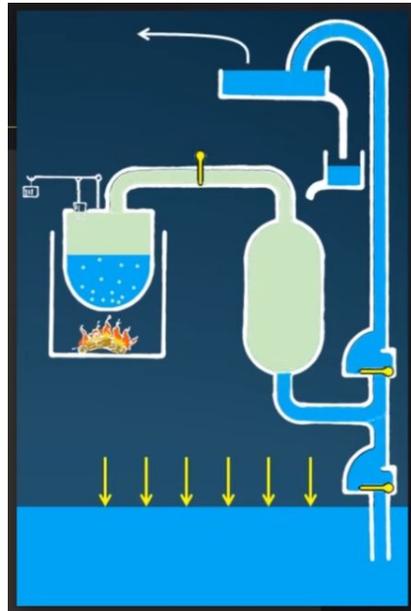


O motor de Thomas Savery



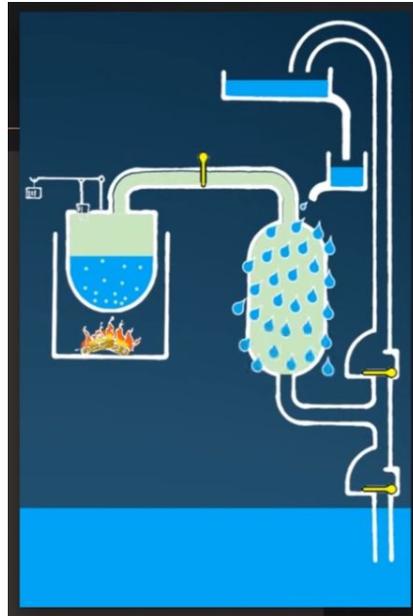
37

O motor de Thomas Savery



38

O motor de Thomas Savery

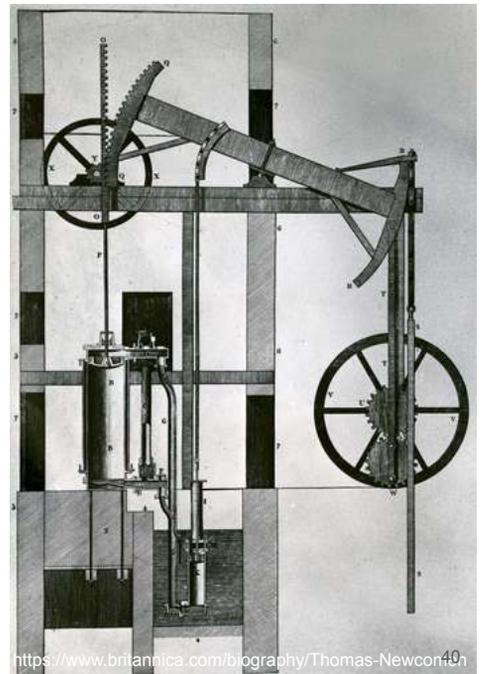


39

A máquina a vapor de Thomas Newcomen de 1712



<http://blog.gale.com/its-all-about-horsepower-for-gearhead-patrons/>

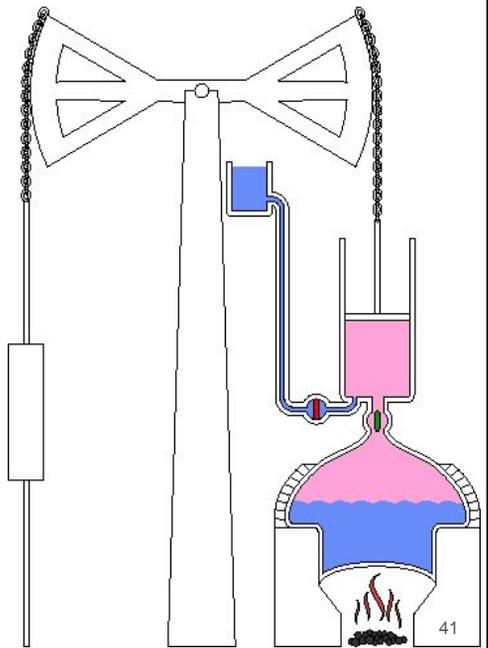


<https://www.britannica.com/biography/Thomas-Newcomen>

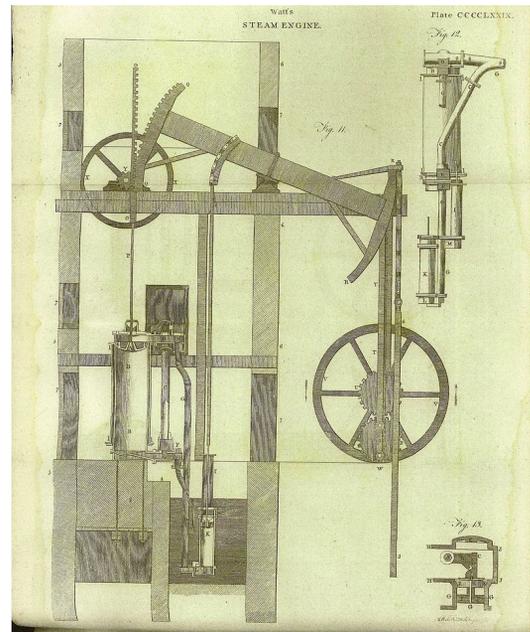
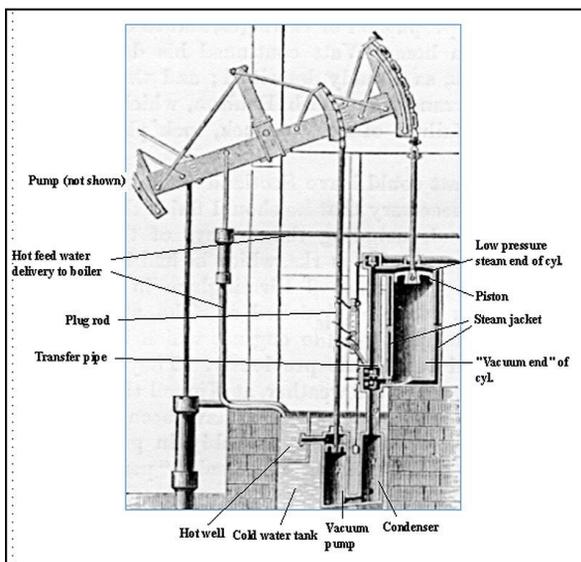
A máquina a vapor de Thomas Newcomen de 1712

- cilindro e pistão no lugar do vaso pressurizado
- separação da água bombeada do sistema de vapor
- uso de um braço (viga) pivotado para transmissão da força
- uso do peso do mecanismo para admissão do vapor no cilindro
- bomba de superfície, independente da profundidade da mina
- abertura e fechamento automático de válvulas

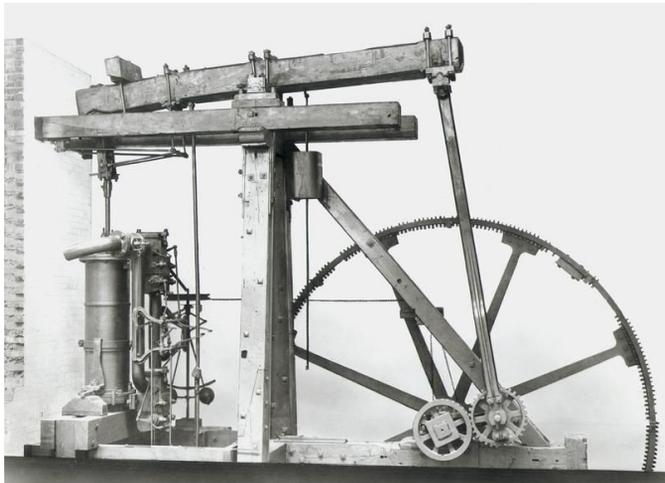
https://pt.wikipedia.org/wiki/Thomas_Newcomen#/media/Ficheiro:Newcomen_atmospheric_engine_animation.gif



As máquinas a vapor "Boulton and Watt" de 1770-1780



As máquinas a vapor “Boulton and Watt” de 1770-1780



- Condensação do vapor em cilindro separado - elevou muito a eficiência e a velocidade
- Cilindros com dupla ação
- Mecanismo de barras para acoplamento da haste do cilindro ao braço pivotante
- Sistema de engrenagens planetárias para conversão de movimento linear em movimento rotativo
- Possibilidade de reversão de movimento
- Volante para estabilizar a velocidade
- Regulador centrífugo (controle proporcional em malha fechada)
- Barômetro de Torricelli (coluna de Mercúrio) na tubulação entre o cilindro e o condensador

<https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co50948/rotative-steam-engine-by-boulton-and-watt-1788-beam-engine-steam-engine>

43

As máquinas a vapor “Boulton and Watt” de 1770-1780



<https://makeagif.com/gif/the-steam-engine-james-watt-0yD19l>

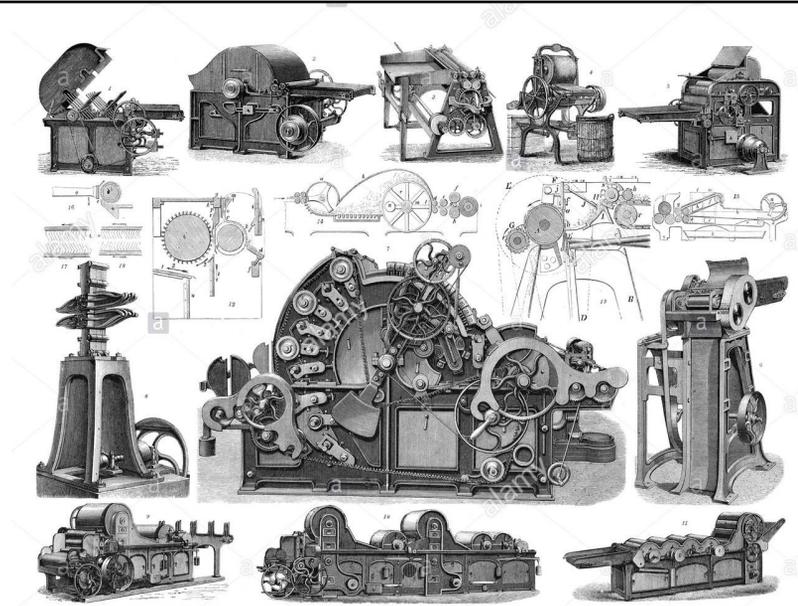
44

Energia fornecida a partir do vapor:

Máquinas ferramentas com alta produção e excelente acurácia

Invenções diversas no campo da mecânica:

- Torno mecânico
- Fresadora
- Retífica



1 Klingfeil, 2 Rasenof, 3 Flachlehre, 4 Walzenmaschine, 5 Klotzwalz, 6 Egrenmaschine, 7 Schmitt's Arbeit-Kreisel, 8 Flachlehre, 9 Einfache Schlag- und Walzenmaschine, 10 Doppelte Schlag- und Walzenmaschine, 11 Ofen für Baumwolle, 12 Säge-Eggenmaschine, 13 Kanne-Eggenmaschine, 14 Schlag- und Walzenmaschine mit Seitenwalz, 15 Schlag- und Walzenmaschine mit Seitenwalz, 16 Werkzeugen der Schlagfeil in schenkelreicher Darstellung, 17 u. 18 Werkzeugen der Reiten in schenkelreicher Darstellung

<https://www.alamy.com/stock-photo-collection-of-machines-from-the-industrial-revolution-including-a-52042527.html>

alamy stock photo

DJMINK
www.alamy.com

Transmissão mecânica do movimento por eixos, polias e correias lisas



<https://www.core77.com/posts/58982/How-Did-Factories-Get-Power-to-Their-Machines-Before-Electricity>

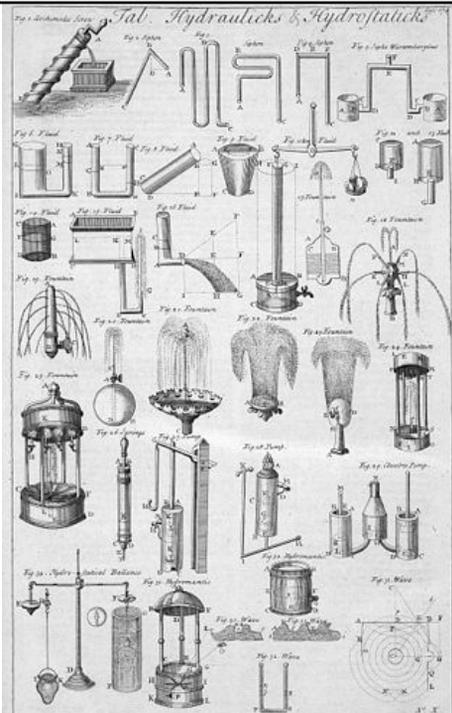
A primeira revolução industrial: a partir de meados do séc. XVIII até a década de 1830

- Iniciada na Inglaterra
- Produção em massa e mecanização da indústria
- Locomotivas e navios a vapor
- De sociedades agrárias para industrializadas, urbanas
 - Problemas graves com poluição, saneamento, sobrecarga de trabalho e trabalho infantil
 - Adam Smith e as teorias do capitalismo industrial (liberalismo econômico) em contraposição ao capitalismo mercantil (mercantilismo)

47

Não só o vapor se movimentava nas indústrias!

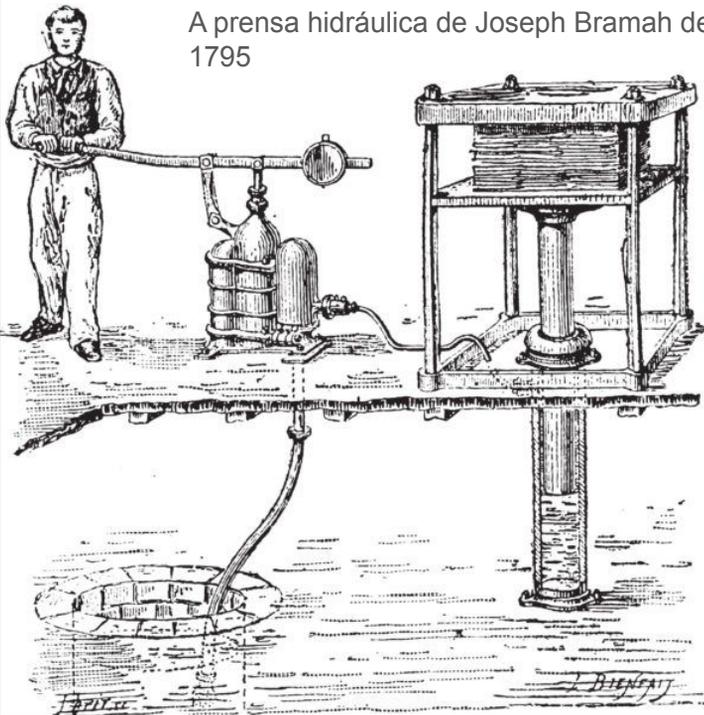
A força de outros fluidos em movimento: hidráulica e pneumática (fluidos que podem ser distribuídos por tubulações sem perder carga ou pressão por condensação)



https://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulics#/media/File:Table_of_Hydraulics_and_Hydrostatics_Cyclopaedia,_Volume_1.jpg

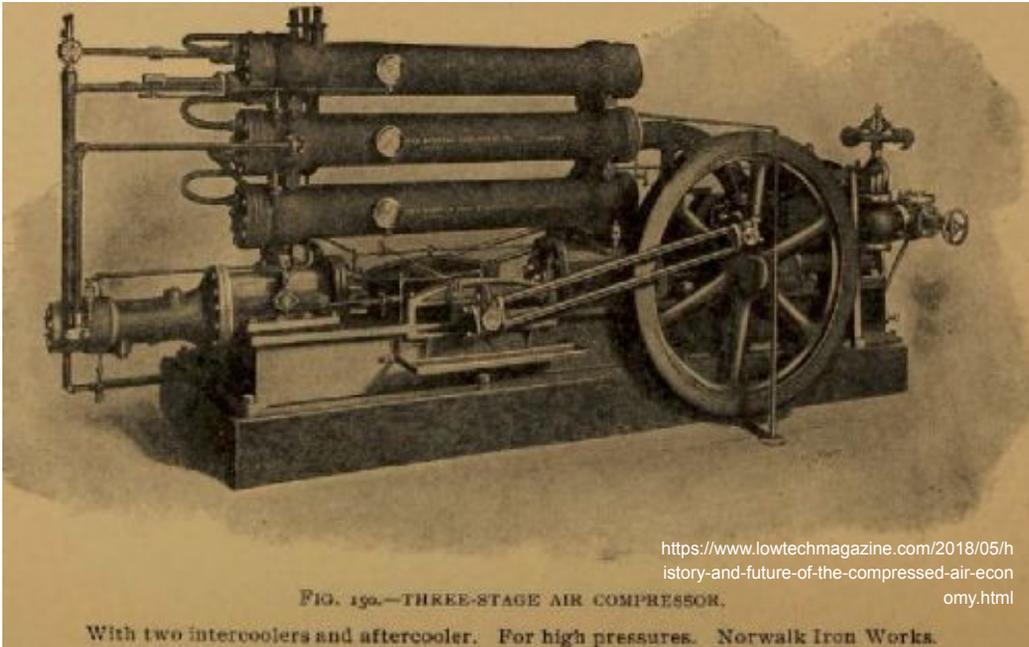
48

A prensa hidráulica de Joseph Bramah de 1795



<https://www.aggressivehydraulics.com/hydraulic-cylinders-a-brief-history/#:~:text=Almost%20sixty%20years%20later%2C%20in,thus%20outgaming%20the%20manufacturing%20process.>

Desenvolvimento de compressores de ar modernos a partir 1829

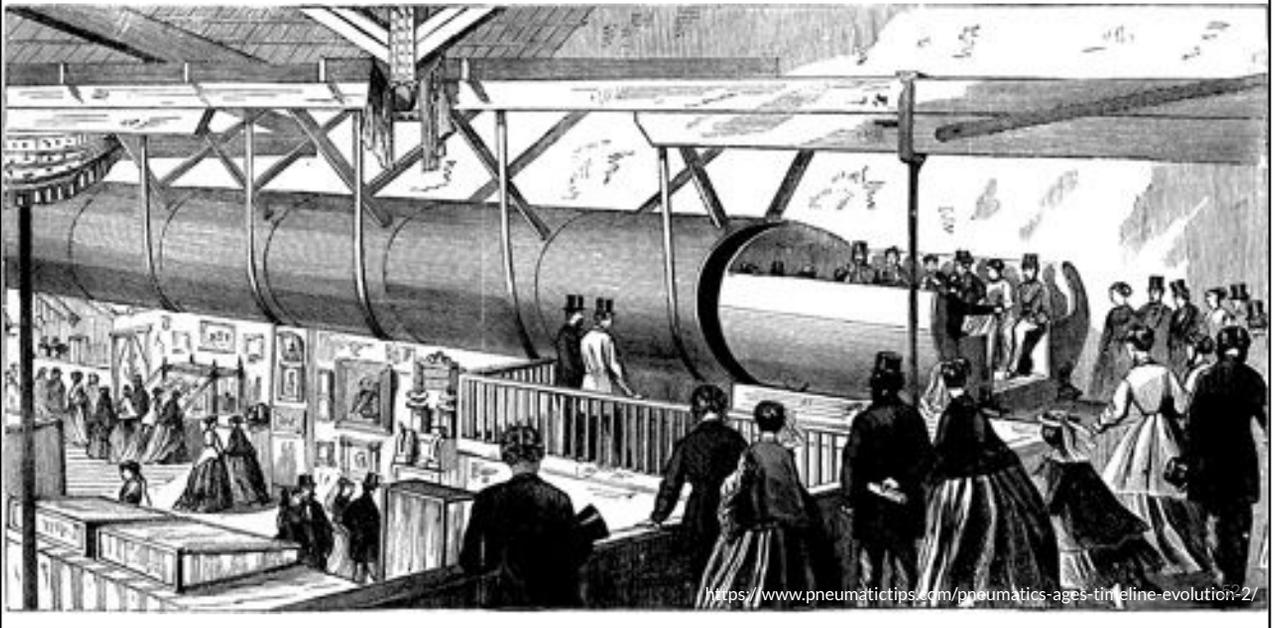


<https://www.lowtechmagazine.com/2018/05/history-and-future-of-the-compressed-air-economy.html>

FIG. 190.—THREE-STAGE AIR COMPRESSOR.

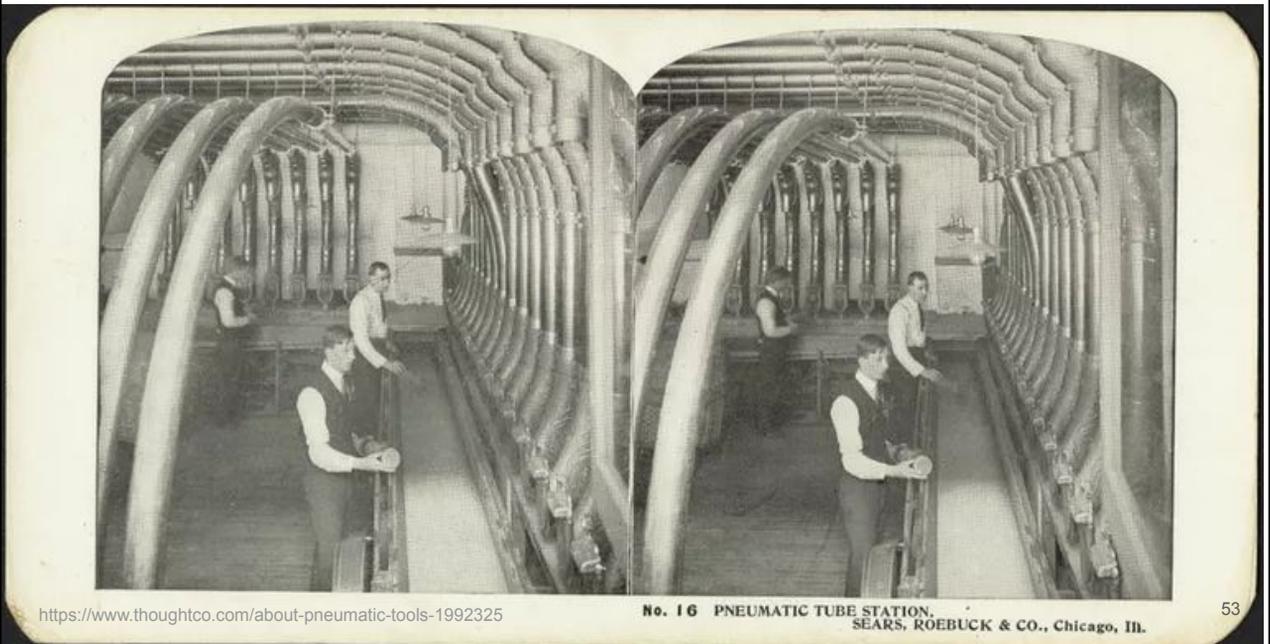
With two intercoolers and aftercooler. For high pressures. Norwalk Iron Works.

Alfred Beach e seu metrô movido a ar comprimido em New York em 1867



<https://www.pneumatictips.com/pneumatics-ages-timeline-evolution-2/>

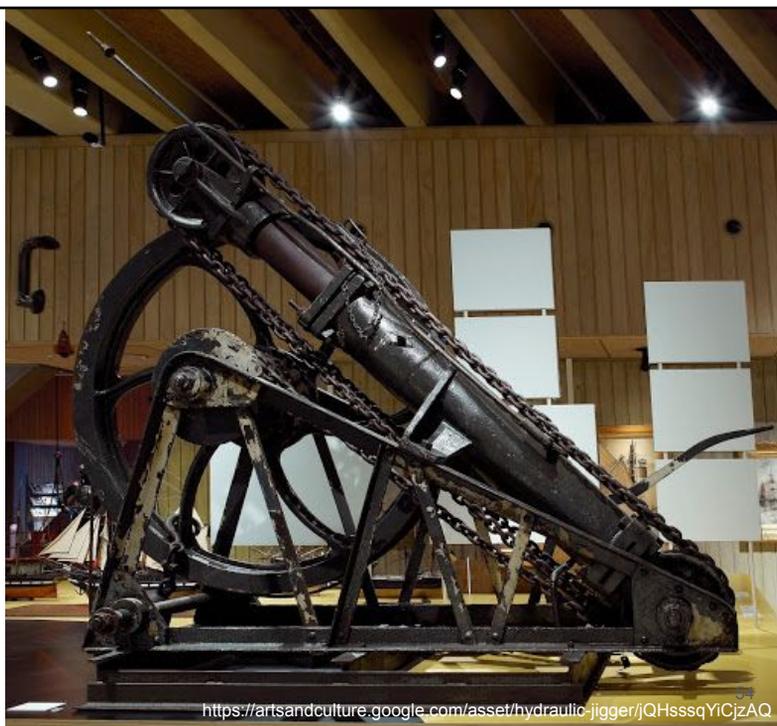
Transporte de material por tubulações de ar comprimido a partir de 1880



<https://www.thoughtco.com/about-pneumatic-tools-1992325>

No. 16 PNEUMATIC TUBE STATION.
SEARS, ROEBUCK & CO., Chicago, Ill.

O guindaste hidráulico de William Armstrong de 1888



<https://artsandculture.google.com/asset/hydraulic-jigger/JHsssqYICjzAQ>

Aplicação de ar comprimido como fonte energia para ferramentas (pneumáticas)



<https://www.lowtechmagazine.com/2018/05/history-and-future-of-the-compressed-air-economy.html>