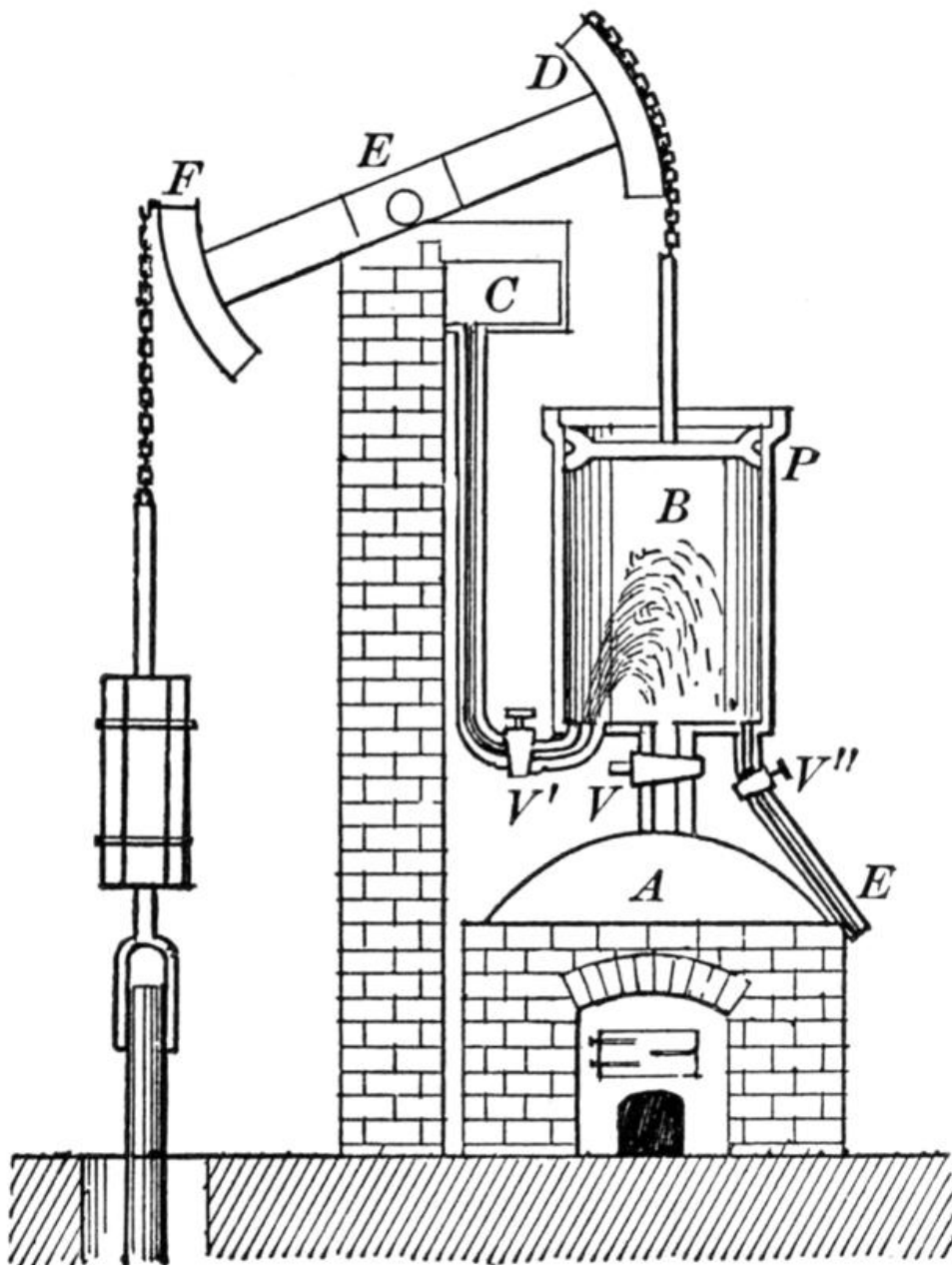


## O Motor a Vapor de Newcomen



(retirado de: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Newcomen6325.png> – acesso 19/08/2014)

Ao lado represento os conceitos técnicos do meu motor a vapor.

*A* representa uma caldeira colocada logo abaixo do pistão. Essa opera a baixa pressão, podendo atingir uma temperatura de  $107\text{ }^{\circ}\text{C}^1$ .

*B* representa o cilindro, onde se movimenta o pistão.

*C* representa um tanque de água (em torno de  $80,4\text{ }^{\circ}\text{C}^1$ , com base no aquecimento da casa do motor). Esse tem como serventia o condensamento do vapor, de forma quando esse é resfriado puxa o pistão novamente.

*D* é um arco de madeira, disposto para o lado de dentro da casa, sob qual está suspenso um embolo *P*.

*E* é um fulcro preso a uma construção muito sólida, permitindo um movimento de gangorra.

*F* é uma corrente que conecta a bomba de sucção de água. Nessa parte do projeto é possível adaptar uma manivela para que o movimento deixe de ser vertical e torne-se circular, podendo movimentar um eixo central do qual se conectam diversas correias que movimentam teares.

**Nota ao jogador (comparação entre a simulação e o contexto real):**

<sup>1</sup> Não encontramos dados das máquinas reais. Esses são valores estimados com base na provável eficiência da máquina real.

## Eficiência<sup>1</sup>

Nossos cálculos do quanto do calor gerado pela queima de combustível é aproveitado em trabalho ainda estão muito aquém do que esperávamos. Mas sabemos que essa eficiência pode ser medida a partir da relação:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Trabalho Obtido}}{\text{Calor da Queima de Combustíveis}}$$

Segundo os trabalhos de Carnot, a eficiência máxima atingida por qualquer máquina térmica pode ser determinada pelos valores de temperatura (mas essa deve estar na escala absoluta, Kelvin) pela relação:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Temperatura}_{\text{Fonte Quente}} - \text{Temperatura}_{\text{Fonte Fria}}}{\text{Temperatura}_{\text{Fonte Quente}}}$$

Com essa relação, podemos determinar a máxima eficiência do nosso motor.

Cálculo:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## OBSERVAÇÕES

### **Nota ao jogador (comparação entre a simulação e o contexto real):**

<sup>1</sup> A engenharia utilizava muito bem a Mecânica no desenvolvimento de sua maquinaria, mas os conceitos científicos relacionados com a Termodinâmica estavam sendo debatidos pela comunidade científica. Historicamente só após esse início da revolução industrial é que surgiram os conceitos físicos da Termodinâmica mais próximos do que conhecemos atualmente.

## Potência

Como discutido por Watt, é possível fazer uma comparação entre a potência de um cavalo e a do nosso motor.

Durante uma hora um cavalo roda 144 vezes uma roda de moinho com 23 metros de circunferência, tracionando durante todo este tempo o equivalente para suspender uma carga de 80 kg<sup>1</sup>. Isso seria a potência de um cavalo<sup>2</sup>.

Com o motor apresentado neste projeto, este mesmo moinho tracionando a mesma carga, seria possível rodá-lo 48 vezes em um minuto.

Com esses dados, e sabendo que a potência pode ser determinada<sup>3</sup> pela relação:

$$Potência = \frac{Trabalho}{tempo} = \frac{Força \times deslocamento}{tempo}$$

Onde a força representada é o Peso Onde a força representada é o Peso ( $P = mg$ ; onde  $g$  é a aceleração da gravidade e tem como valor  $9,8 \text{ m/s}^2$ ) da carga e o deslocamento é dado pelo número de voltas da roda multiplicada pela circunferência.

Cálculo:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Assim, concluímos que o nosso motor equivale a 20 hp, ou seja, a potência de 20 cavalos.

Como um ser humano sadio consegue desenvolver um décimo da potência de um cavalo, podemos concluir que o motor tem o potencial para substituir o trabalho de 200 homens.

OBSERVAÇÕES:

### Nota ao jogador (comparação entre a simulação e o contexto real):

<sup>1</sup> Originalmente essas unidades estavam no sistema de unidades imperial. Os valores foram aproximados para facilitar os cálculos;

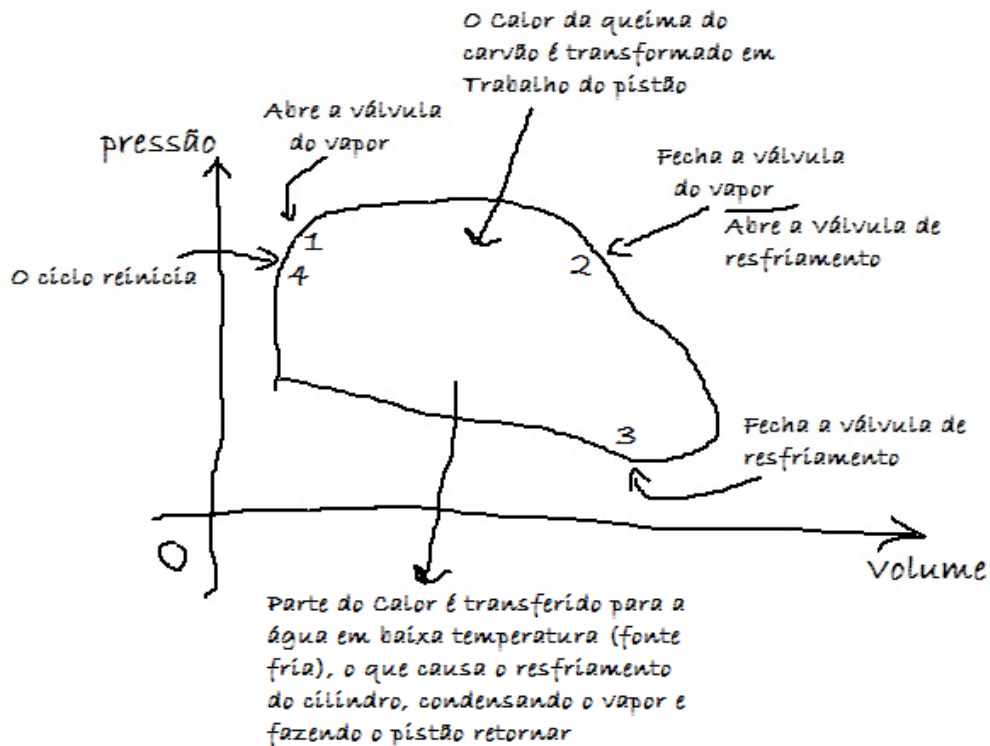
<sup>2</sup> Mais precisamente *horsepower* (hp). Um hp equivale a 736 Watts de trabalho convertido por segundo (potência);

<sup>3</sup> Com as unidades apresentadas o resultado será em Watt.

## Diagrama PV

Através de um gráfico qualitativo de pressão e volume (PV) podemos compreender melhor o funcionamento das válvulas em relação ao ciclo realizado pelo pistão.

É importante perceber que nem todo o calor da queima do carvão gera trabalho do pistão. Uma parte acaba sendo cedida para o resfriamento do pistão, o que irá reiniciar o ciclo. Também existe o aquecimento das peças do motor e da própria casa de máquinas.<sup>1</sup>



**1** ao abrir a válvula do vapor permitimos a entrada desse no cilindro, o que acaba por empurrar o pistão. – Nessa etapa há um aumento de volume.

**2** ao fechar a válvula do vapor e abrir a válvula do resfriamento o volume continua a se expandir inicialmente. Enquanto isso ocorre, a pressão do cilindro começa a se reduzir. Em seguida, o volume começa a se reduzir, mantendo a pressão praticamente constante – entre as etapas 1 e 2 temos que o calor da queima do carvão é transformado em trabalho do pistão.

**3** ao fechar a válvula de resfriamento a condensação do vapor continua, o que causa uma diminuição no volume do cilindro, fazendo o pistão retornar à posição inicial. – nessa etapa parte do calor da queima do carvão é transferido para a água (fonte fria). Dessa forma, nunca podemos aproveitar todo o calor da queima transformando-o em trabalho.

**4** o ciclo se reinicia com o abrir da válvula do vapor.

Neste diagrama PV, temos que a área representada pelo ciclo é numericamente igual ao trabalho do motor a vapor.

### OBSERVAÇÕES:

#### Nota ao jogador (comparação entre a simulação e o contexto real):

<sup>1</sup> Como o calor flui naturalmente de uma fonte quente para uma mais fria, sempre temos corpos mais frios (como a própria maquinaria e o ambiente ao redor) absorvendo parte deste calor. Isso está relacionado com a segunda Lei da Termodinâmica, que determina que *o calor por si mesmo jamais flui de um objeto frio para um objeto quente.*