

# MOTOR STIRLING: O FUTURO DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA<sup>1</sup>

Amanda Lourencini<sup>2</sup>

Carla Salarolli Bisi<sup>2</sup>

Leandro Adolfo Petri<sup>2</sup>

Leandro Lorencini Calenzani<sup>2</sup>

Leoni Rigoni Salarolli<sup>2</sup>

Mariana Passamani Salarolli<sup>2</sup>

Pablo France Salarolli<sup>2</sup>

Renato Xavier Ramos<sup>2</sup>

Lucas Antonio Xavier<sup>3</sup>

## RESUMO

O presente trabalho é uma proposta para mostrar máquinas térmicas. Primeiramente definimos seu conceito e seus elementos essenciais e descrevemos em detalhes o funcionamento dela. Para tal fim, pensando em uma maneira eficiente e possivelmente renovável de gerar energia elétrica, é reproduzido o motor Stirling. Obtivemos algumas relações fundamentais. A primeira relação foi a definição de rendimento de uma máquina térmica. A segunda relação foi o cálculo do rendimento para uma máquina que efetua um ciclo de Carnot. Finalmente, através dessas duas relações é feita uma abordagem das leis da termodinâmica. O objetivo principal é gerar energia elétrica de forma eficiente para que, futuramente em uma escala global, se utilize desta energia em locais carentes de recursos energéticos, visando à utilização de combustíveis renováveis.

**PALAVRAS CHAVES:** Máquinas Térmicas, Motor Stirling, Rendimento, Ciclo de Carnot, Energia Elétrica, Combustão Externa.

1 Projeto realizado pelos alunos do 3<sup>o</sup> M03 da EEEFM “Coronel Gomes de Oliveira”

2. Alunos da EEEFM “Coronel Gomes de Oliveira”

3. Professor de Física e orientador do projeto da pesquisa.

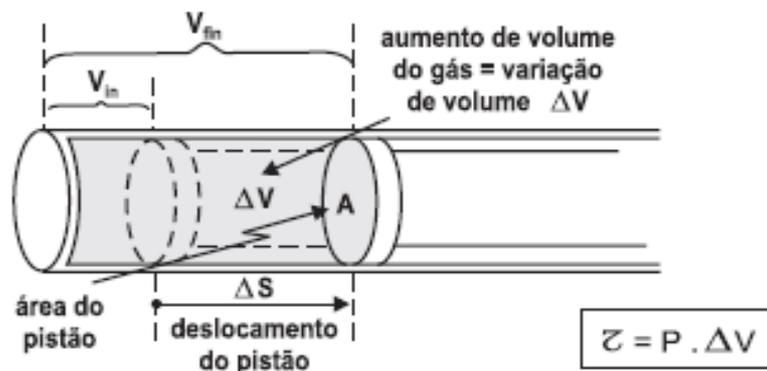
Email: [lucas.perobas@hotmail.com](mailto:lucas.perobas@hotmail.com)

# 1. MÁQUINAS TÉRMICAS

Tendo em vista a importância que as fontes energéticas naturais e não-renováveis têm para o homem, se torna cada vez maior a preocupação com a conservação delas. Aliado a este fato, a globalização da economia exige das empresas maior competitividade, ou seja, produtos com mais características de qualidade (menor preço, mais qualidade intrínseca, melhor atendimento, menor prejuízo ambiental, etc.), o que requer processos bem dimensionados e otimizados, visando a melhoria do rendimento energético do ciclo produtivo.

A termodinâmica estuda as transformações e as relações existentes entre dois tipos de energia: **mecânica** e **térmica**.

## 1.1. Trabalho em uma Transformação<sup>4</sup>

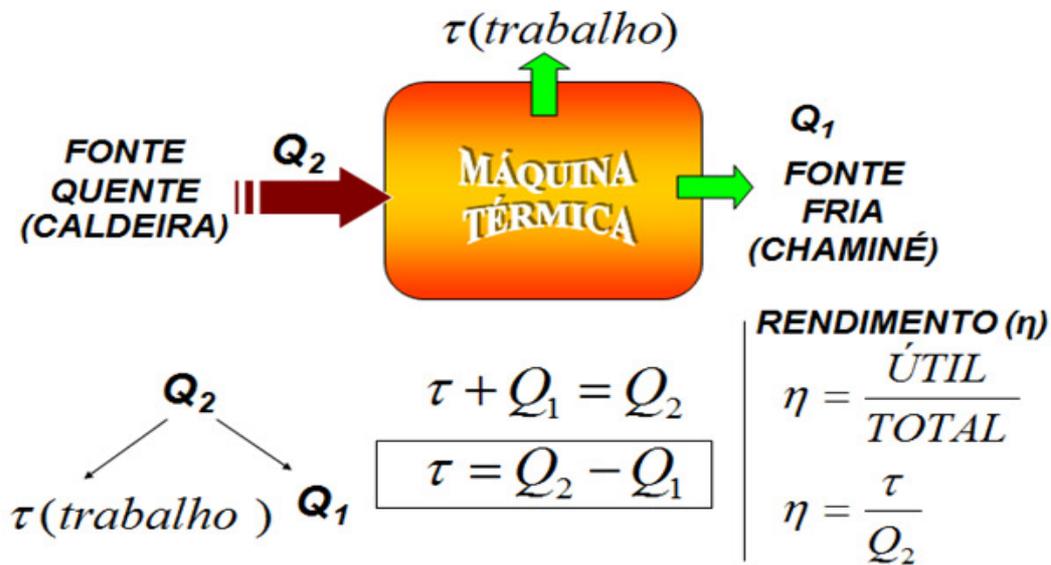


A força que o gás aplicou no êmbolo fez que este se deslocasse; portanto houve realização de trabalho.

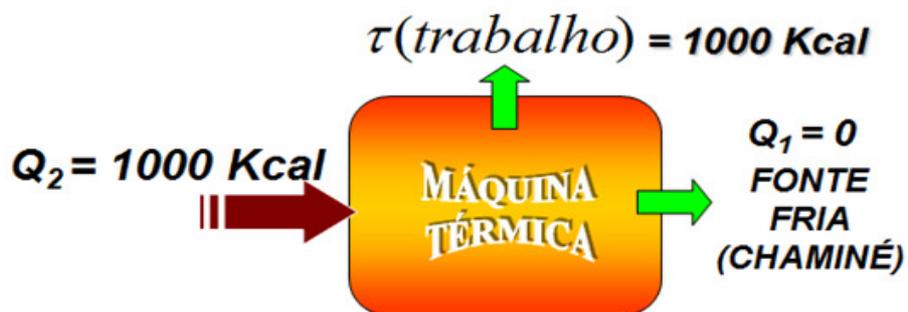


## 1.2. Máquina Térmica, 2ª Lei da Termodinâmica, Rendimento e Ciclo de Carnot<sup>4</sup>

### COMO FUNCIONAM AS MÁQUINAS TÉRMICAS?



### 2ª LEI DA TERMODINÂMICA

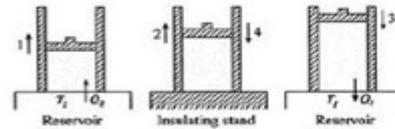
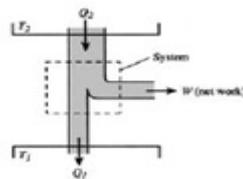


# Ciclo de Carnot

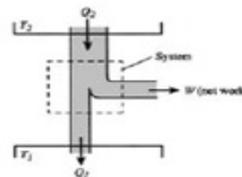
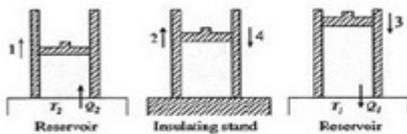
- Trabalho seminal: “Reflexões sobre a potência motriz do fogo” (1824).
- Qual (e como obter) o rendimento máximo de uma máquina térmica?
- Máxima eficiência: processos unicamente reversíveis.
- Eficiência máxima depende apenas das temperaturas das fontes quente e fria.



Nicolas Sadi Carnot (1796-1832)

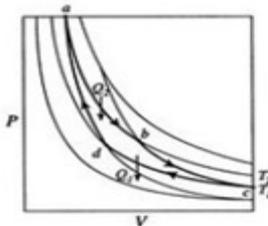


Gás ideal:



$$\eta = \frac{W}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$$

Rendimento da máquina de Carnot ideal:

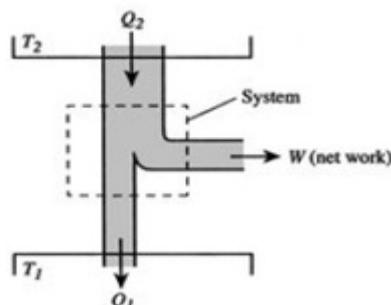


$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

## 2ª Lei da Termodinâmica – Enunciado de Kelvin-Planck

Nenhum processo cujo único resultado seja a absorção de calor de um reservatório e a conversão integral desse calor em trabalho é possível.



Máquinas térmicas reais:

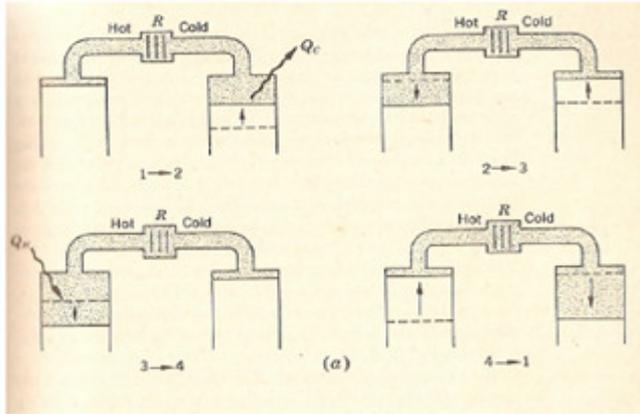
$$W < Q_2$$

$$\eta < 1$$

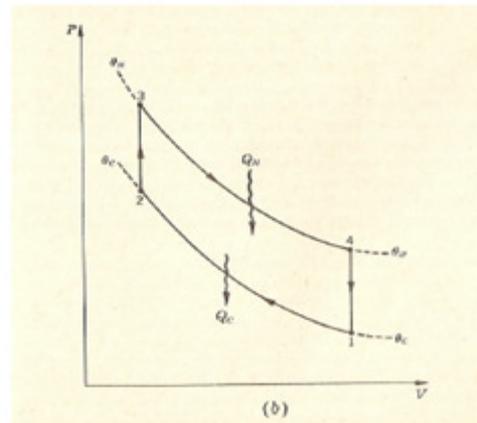
### 1.3. ENTENDENDO O FUNCIONAMENTO DO MOTOR STIRLING<sup>5</sup>

## Motores de combustão externa

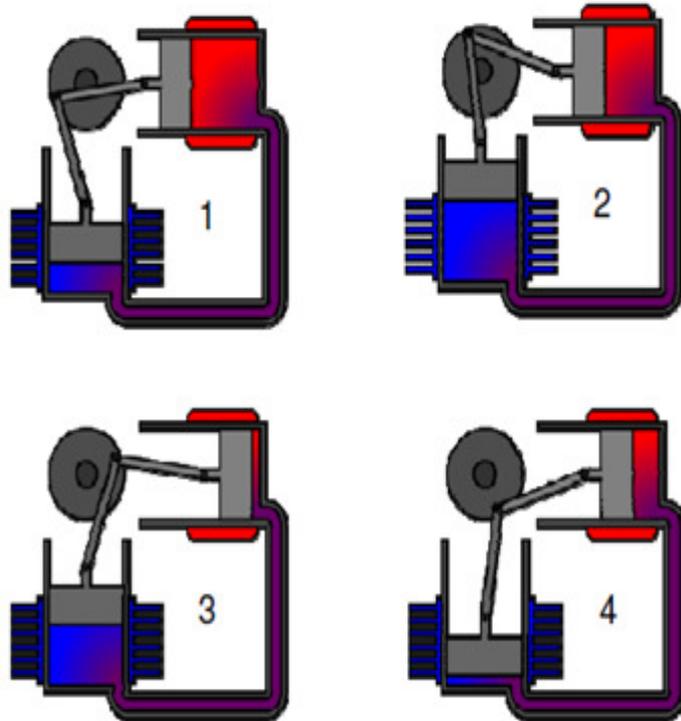
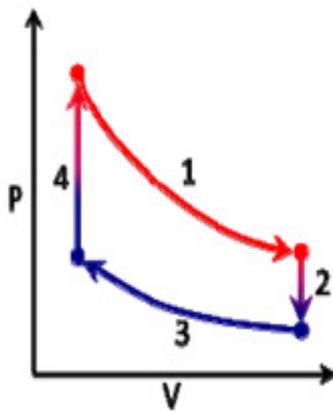
- Motor de Stirling:

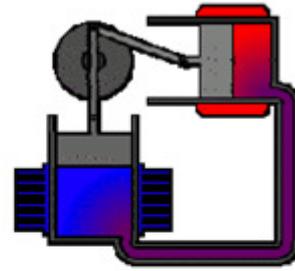
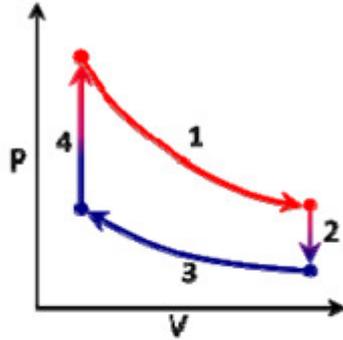


Robert Stirling (1790-1878)



- Motor de Stirling:





Rendimento do motor de Stirling (ideal):

$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

Este motor foi patenteado pelo pastor escocês Robert Stirling em 1816, auxiliado pelo seu irmão, que era um engenheiro. Eles visavam a substituição do motor a vapor, que explodiam com muita frequência, em função da precária tecnologia metalúrgica das caldeiras, que se rompiam quando submetidas à alta pressão. Sensibilizados com a dor das famílias dos operários mortos em acidentes, os irmãos Stirling procuraram conceber um mecanismo mais seguro.

O motor Stirling surpreende por sua simplicidade, pois consiste de duas câmaras em diferentes temperaturas que aquecem e resfria um gás (neste caso, o ar) de forma alternada, provocando expansões e contrações em um ciclo, o que faz movimentar dois pistões ligados a um eixo comum.

Com uma fonte de calor externa (podendo ser a queima de gasolina, etanol, metanol, gás natural, óleo diesel, biogás, GLP; ou energias térmicas com origens naturais e renováveis como a energia solar e o calor geotérmico), a câmara interna é aquecida continuamente, começam então as quatro fases deste ciclo:

1. Na primeira parte do ciclo, a pressão se eleva, forçando o pistão a se mover para a esquerda e realizar trabalho. O pistão resfriado permanece estacionário porque se encontra no ponto em que seu percurso muda de direção.
2. No estágio seguinte, ambos os pistões se movimentam. O pistão aquecido se move para a direita e o pistão resfriado se move para cima. Isso move a maior parte do gás através do regenerador e para o interior do pistão resfriado. O regenerador é um dispositivo que pode armazenar calor temporariamente. Ele

pode ser uma tela de arame que foi aquecida pela passagem dos gases. A grande área superficial da tela de arame absorve rapidamente a maior parte do calor. Isso deixa pouco calor para ser removido pelas aletas de resfriamento.

3. Em seguida, o pistão no cilindro resfriado começa a comprimir o gás. O calor gerado por essa compressão é removido pelas aletas de resfriamento.
4. Na última fase do ciclo, ambos os pistões se movem: o pistão resfriado se move para baixo, enquanto o pistão aquecido se move para a esquerda. Isso força o gás através do regenerador (onde recolhe o calor que foi armazenado ali durante o ciclo anterior) e para o interior do cilindro aquecido. Nesse ponto, o ciclo recomeça.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Analisando a atual situação energética mundial e o fato de o aquecimento global estar se desenvolvendo em níveis alarmantes, pensamos em criar algo que esteja diretamente relacionado em solucionar estes problemas.

Não inventamos este motor, apenas o reproduzimos com o intuito de divulgá-lo, afinal, são poucas pessoas que conhecem ou ouviram falar nesta máquina.

Este motor foi construído por Robert Stirling em 1816, auxiliado pelo seu irmão, que era um engenheiro. Eles visavam a substituição do motor a vapor, que explodiam com muita frequência, em função da precária tecnologia metalúrgica das caldeiras, que se rompiam quando submetidas à alta pressão. Sensibilizados com a dor das famílias dos operários mortos em acidentes, os irmãos Stirling procuraram conceber um mecanismo mais seguro.

Creemos que divulgando este projeto e relacionando-o com soluções sustentáveis e eficientes de amenizar destruição do planeta, conseguiremos, tanto como alunos quanto como cidadãos, um ótimo resultado.

## **3. MOTIVAÇÃO**

Dada, hoje em dia, a importância da geração de energia elétrica e os seus benefícios já comprovados em grande escala, é importante que ela esteja

disponibilizada para todos que querem usufruir desses benefícios. Por isso esse trabalho visa proporcionar um sistema de geração em pequena escala.

O grupo ficou também motivado em propor como prática experimental no ensino da Termodinâmica na Educação básica. Para que os alunos pudessem entender de forma mais eficiente as leis da Termodinâmica, rendimento das máquinas térmicas e o ciclo de Carnot. Então elaboramos o motor Stirling visando a 9ª SECTTI.

#### **4. OBJETIVO**

Este projeto foi desenvolvido com o intuito de gerar energia elétrica de maneira econômica e eficiente, quando usada a queima de combustíveis, e econômica, eficiente e, principalmente, limpa, quando usadas fontes naturais de energia. Este deveria ser um meio utilizado por todos ou por grande parte. O custo desta tecnologia pode ser relativamente alto. Porém, deve-se pensar que isto é um investimento, para que no futuro, possamos continuar a usufruir dos bens que temos à disposição no dias de hoje.

##### **4.1. OBJETIVO GERAL**

Explicar para os indivíduos o funcionamento do Motor Stirling

##### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Classificar para as pessoas os tipos de máquinas térmicas;
- Exemplificar para a sociedade as máquinas térmicas de combustão externa na geração de energia elétrica;
- Listar para o aluno a importância do experimento do motor Stirling na Termodinâmica.

## 5. METODOLOGIA

25/03/2012	Reunião do grupo e iniciação da produção de algumas peças.
27/04/2012	Desmontagem de vídeos-cassete e fabricação de peças.
28/04/2012	Fabricação de peças.
30/04/2012	Fabricação e soldagem de peças.
01/05/2012	Fabricação e soldagem de peças.
05/05/2012	Fabricação e soldagem de peças.
06/05/2012	Fabricação e soldagem de peças.
07/05/2012	Fabricação e soldagem de peças.
08/05/2012	Fabricação e soldagem de peças.
09/05/2012	Soldagem da estrutura final do motor.
10/05/2012	Regulagens e toques finais.

## 6. MATERIAIS UTILIZADOS:

- 1 lata (leite em pó);
- 2 latas (milho);
- 2 latas (energético);
- 2 latas (cerveja);
- 3 latas (tinta spray);
- 7 raios de bicicleta;
- 1 tubo de vidro;
- 3 cabeçotes de vídeo cassete;
- 2 HDs;
- 7 CDs;
- 1 luva de PVC;
- 1 joelho de PVC;
- 1 capacitor;
- 5 buchas de bronzina (sucatas de toca-fitas);
- 1 motor elétrico (corrente contínua);
- Cola de silicone de alta temperatura;
- 1 Lamparina à querosene.

## 7. RESULTADOS ESPERADOS

Após a execução da pesquisa e montagem do experimento, conclui-se:

- ✚ Que existe a viabilidade técnica e financeira para sua execução;
- ✚ Que se trata de uma prática sustentável de gerar energia elétrica visando à utilização de combustíveis renováveis e que garanta a integridade ambiental do espaço onde se desenvolve;
- ✚ Assegura geração de renda e possibilidade de erradicação de pobreza, já que a sua utilização se dará também em locais carentes de recursos energéticos;
- ✚ Oportuniza a produção, comercialização e consumo de energia em uma escala propícia à manutenção da qualidade de vida;
- ✚ Incorpora técnicas simples e de fácil manuseio e uso.

## 8. REFERÊNCIAS TEÓRICAS

4. <http://www.wikifisica.com/segundo-ano/?logout=1>

(Acesso em 10/08/2012)

<http://www.wikifisica.com/feira-de-ci%C3%AAs-sedu/?logout=1>

(Acesso em 09/08/2012)

<http://www.tecmundo.com.br/fisica/20509-confira-um-modelo-caseiro-do-motor-mais-eficiente-que-os-movidos-a-combustao-em-acao-video-.htm>

Acessado em 10/03/2012

<http://www.youtube.com/watch?v=O3yorC3W5cY&feature=relmfu>

Acessado em 11/03//2012

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor\\_Stirling](http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling)

Acessado em 16/03/2012

<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motores-stirling.htm>

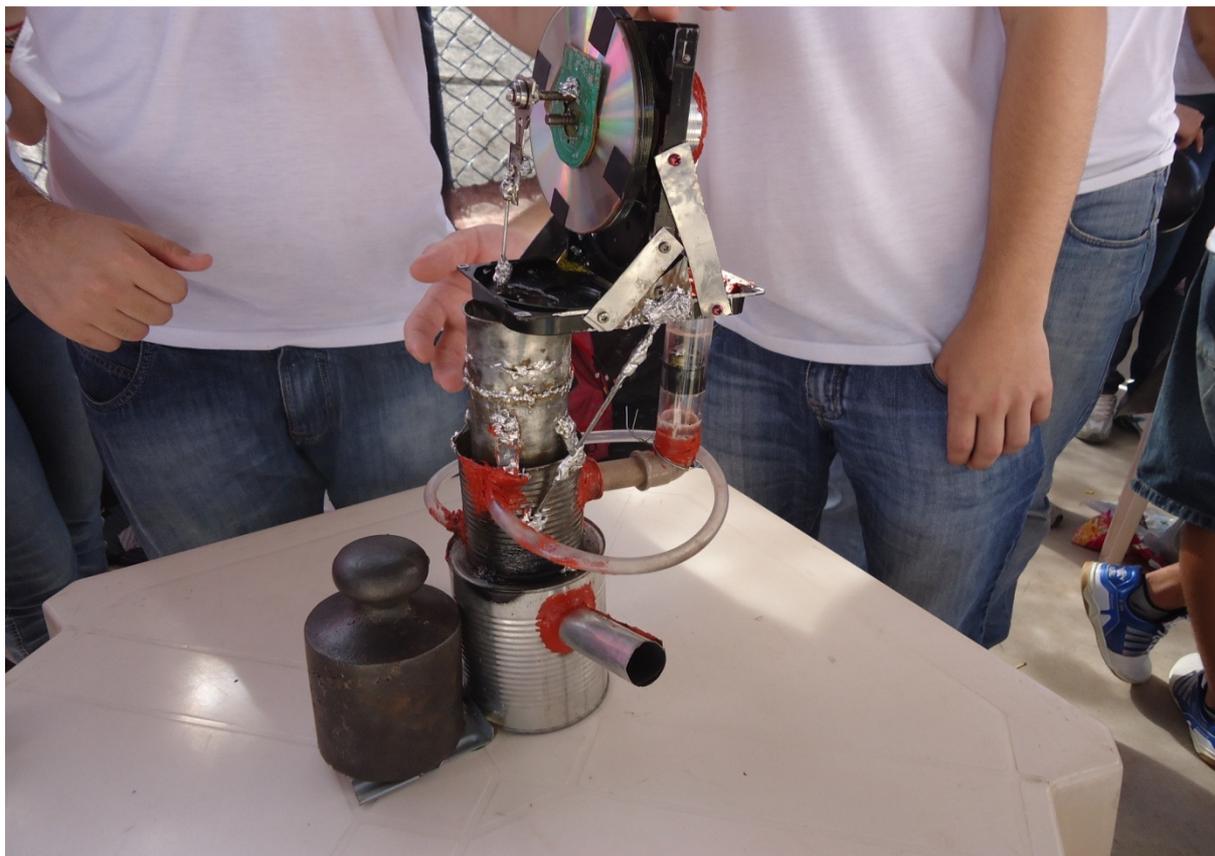
Acessado em 16/03/2012

<http://www.eq.ufrn.br/anp/projet.htm>

[\*Ronaldo-Carvalho-Campelo PRH14 UFRN G\*](#)

<http://www.wikifisica.com/projetos/>

7 – ANEXOS



**Motor Stirling - Feira de Ciências EEFM “Coronel Gomes de Oliveira”**



**Motor Stirling Reformulado para a 9ªSECTTI**

