

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL**

Gustavo Henrique Rosa dos Santos

Kevin Cavichioli

Matheus Schmitt

Vinicius de Moraes

Vitor Gabriel de Oliveira

Willian Matos Cabral

**Estudo de viabilidade do uso de geradores de energia elétrica no IFSC
Câmpus Jaraguá do Sul**

JARAGUÁ DO SUL

2017

Gustavo Henrique Rosa dos Santos

Kevin Cavichioli

Matheus Schmitt

Vinicius de Moraes

Vitor Gabriel de Oliveira

Willian Matos Cabral

Estudo de viabilidade do uso de geradores de energia elétrica no IFSC
Câmpus Jaraguá do Sul

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando os Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado) do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul.

Orientador: Dr. Jaison Vieira da Maia

Coordenadora: Msc. Aline Gevaerd Krelling

JARAGUÁ DO SUL

2017

SUMÁRIO

1. Tema	3
2. Delimitação do tema	3
3. Problema	3
4. Hipóteses	3
5. Objetivos	4
5.1. Objetivo geral	4
5.2. Objetivos Específicos	4
6. Justificativa	4
7. Fundamentação teórica	7
7.1. Energia no Brasil	7
7.2. Conversão Energética	8
7.3. Ciclos de Geração de Energia a Combustão Interna	10
7.3.1. Ciclo Otto	10
7.3.2. Ciclo Diesel	13
7.3.3. Turbina a Gás	16
7.4. Ciclos de Geração de Energia a Combustão Externa	18
7.4.1. Ciclo de Vapor de Cilindros	18
7.4.2. Ciclo Vapor de Turbina	19
7.4.3. Ciclo Stirling	20
7.5. Painel Solar	23
7.6. Gerador de Energia Eólico	24
7.7. Geração de Energia Nuclear	26
7.8. Critérios de avaliação	27
8. Metodologia	28
9. Cronograma	29
10. Referências	30

1. Tema

A viabilidade de uso de geradores de energia elétrica no IFSC câmpus Jaraguá do Sul (JAR).

2. Delimitação do tema

O projeto busca analisar de forma sistemática a viabilidade da instalação de um sistema de geração de energia elétrica que possa acarretar em uma redução de gastos com os pagamentos de fornecimento para a CELESC. O estudo irá considerar o espaço disponível; o menor custo de instalação; operação e manutenção; os aspectos ambientais e de segurança da unidade escolar.

3. Problema

As recentes restrições orçamentárias vivenciadas pelo IFSC campus JAR, provocam a necessidade de racionalizar a forma como se é utilizado os recursos disponíveis.

Neste sentido, é possível reduzir os gastos referentes ao pagamento das contas de energia elétrica com a instalação de um sistema de geração sem que interfira-se na qualidade de ensino no âmbito escolar e sem causar danos ao meio-ambiente?

4. Hipóteses

- A utilização de geradores elétricos é uma opção viável para a redução dos gastos com energia elétrica;
- Algumas formas de geração de energia elétrica são inviáveis pelo elevado custo de instalação, operação e manutenção;
- O sistema de geração de energia solar tem apelo ambiental, porém a instalação viável ao câmpus atenderia apenas de forma parcial a demanda;
- Geradores a combustão interna são viáveis no aspecto de atenderem a potência consumida no câmpus, porém, não levam em conta o custo-benefício.

5. Objetivos

5.1. Objetivo geral

Verificar a viabilidade da utilização de um sistema de geração de energia elétrica que possibilite uma redução dos gastos por parte do câmpus com pagamento de energia fornecida pela CELESC. Serão considerando os parâmetros de: custo de instalação, emissão de ruído, poluição ambiental, espaço utilizado, custo de manutenção e operação.

5.2. Objetivos Específicos

- Estudar o consumo e os gastos com energia elétrica do IFSC câmpus JAR;
- Aprofundar a compreensão sobre o funcionamento de cada gerador.
- Definir os critérios para análise dos geradores com potencial de uso no câmpus;
- Analisar a viabilidade do uso de geradores no IFSC câmpus JAR.

6. Justificativa

Desde 2015 às verbas para o câmpus centro do Instituto Federal de Jaraguá do Sul vem sendo reduzidas. Como mostrado no gráfico 1 , a consequência foi a necessidade de cortes de gastos no câmpus.

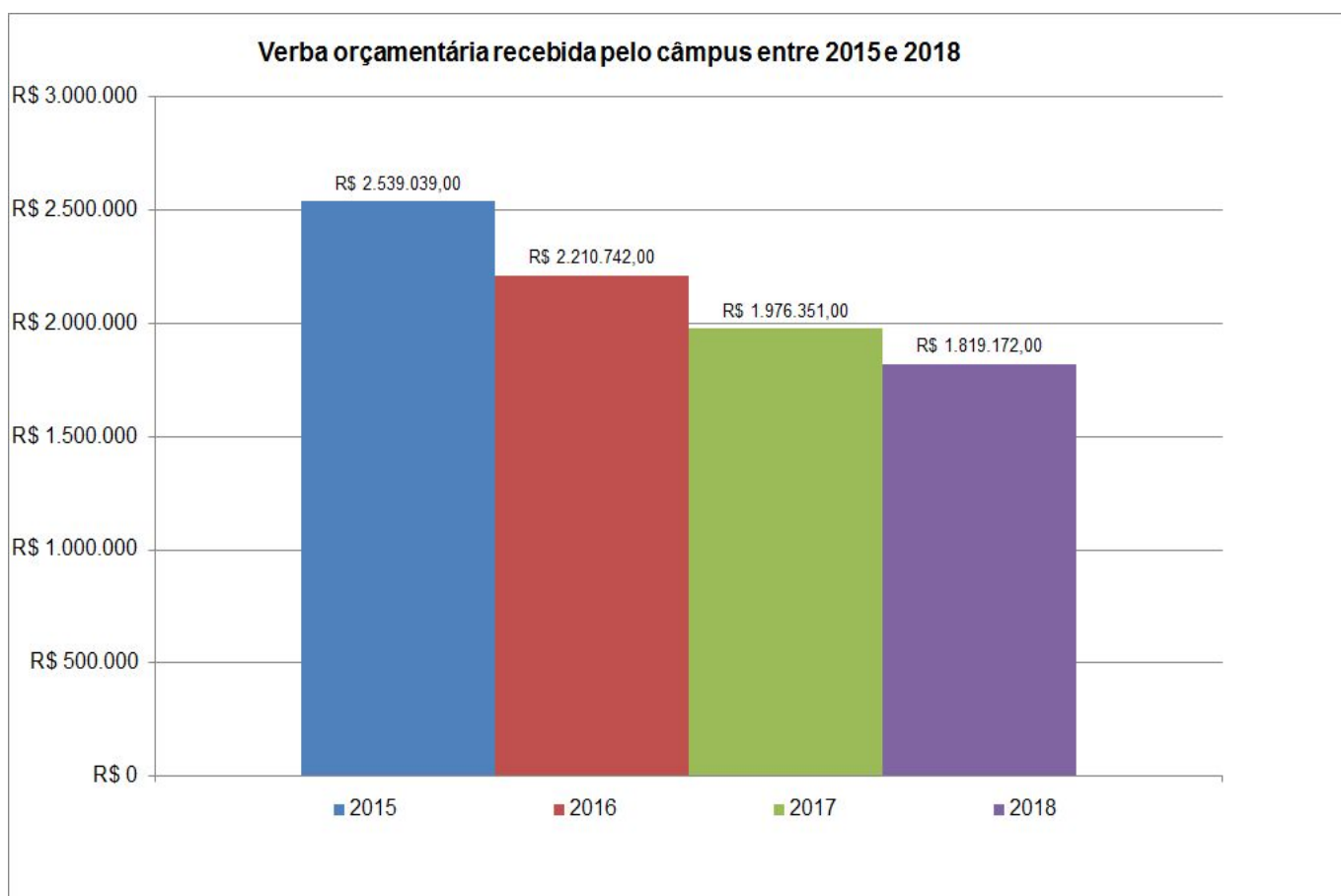


Gráfico 01 - Verba orçamentária recebida pelo câmpus entre 2015 e 2018

Fonte: Elaborado pelo grupo

Desde o ano passado (2015), as instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) trabalham com cortes orçamentários e o cenário para 2017 não é muito animador. A previsão é de que os institutos federais tenham que lidar com um orçamento menor que o de 2015, mesmo tendo, no total, 100 mil matrículas a mais que naquele ano. Paralelamente a isso, algumas normas recentes têm restringido ainda mais as possibilidades de gastos das instituições.(IFSC, 2016).

Como os câmpus dos Institutos Federais de Santa Catarina administram seus recursos internamente, e sendo que boa parte da verba recebida é utilizada para o pagamento de contratos terceirizados, como é o caso do fornecimento da energia elétrica paga a CELESC, reduzir esses contratos terceirizados é uma estratégia para que esse recurso seja aplicado em outros pontos estratégicos da instituição.

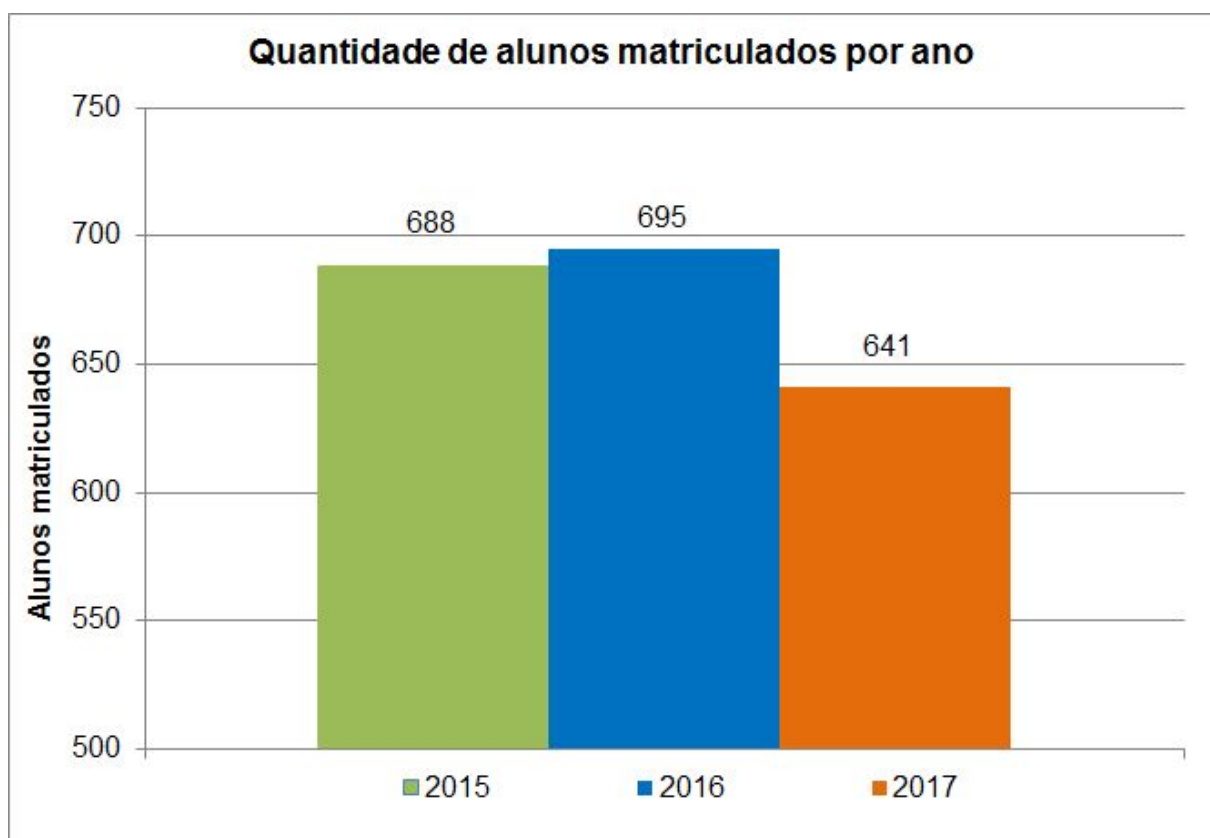


Gráfico 02 - **Quantidade de alunos matriculados por ano**
 Fonte: Elaborado pelo grupo

Entre as ações criadas com o intuito de otimizar o uso dos recursos financeiros, está a implantação de usinas de painéis fotovoltaicos para reduzir o consumo de energia elétrica fornecida pela Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC). Como é o caso de alguns câmpus da rede de Institutos Federais.

Como exemplo temos o Instituto Federal do Sul de Minas (IFSULDEMINAS):

Na manhã desta quinta-feira, 22 de setembro, o reitor do IFSULDEMINAS, professor Marcelo Bregagnoli, assinou contrato com a empresa Silveira Engenharia e Construções LTDA, para a implantação de usinas fotovoltaicas destinadas à geração de energia na instituição. A empresa contratada é uma das ganhadoras do processo licitatório para a escolha dos responsáveis pela execução do projeto IF Solar, cujo objetivo é implantar painéis solares fotovoltaicos para geração de energia elétrica em 82 unidades da Rede Federal de Educação, Profissional, Científica e Tecnológica. (IFSuldeminas, 2016).

Projetos como esses já são realidade no Brasil, e sua utilização pode beneficiar não somente o campus, que consegue reduzir o gasto orçamentário com energia elétrica, aplicando esse recurso em outras ações.

Ambientalmente, a utilização de geradores delimitados pelos critérios do grupo pode vir a criar um incentivo à outros campus de seguirem o mesmo exemplo.

É nesse cenário que este projeto se justifica. Analisando a viabilidade de implantação de um sistema de geração de energia elétrica que possa contribuir com o câmpus de forma econômica e ambiental.

7. Fundamentação teórica

A seguir apresenta-se um breve panorama da geração da energia elétrica no Brasil, seguido das principais formas de geração segundo os seus princípios físicos. Neste capítulo está elencado de forma sucinta a explicação do funcionamento dos geradores de: combustão interna, combustão externa, placas solares, energia eólica e nuclear.

Outros geradores como o geotérmico, e o maremotriz, foram descartados pela inexistência de seus fluidos de funcionamento e falta de espaço no campus.

7.1. Energia no Brasil

A energia hidrelétrica sempre foi dominante no Brasil, já que este é um país com grande quantidade de recursos hídricos. De acordo com José Goldemberg e Oswaldo Lucon “é modesta a contribuição do carvão, já que o país dispõe de poucas reservas e elas são de baixa qualidade”. Em 2006 o número de usinas hidrelétricas em funcionamento no Brasil era de 433 usinas, a maior delas, Itaipu Binacional, localizada nos municípios de Foz do Iguaçu, no Brasil, e Ciudad del Este, no Paraguai. A usina hidrelétrica de Itaipu supre cerca de 17% da demanda energética do Brasil e aproximadamente 76% do Paraguai.

Atualmente, no Brasil, cerca de 90% da eletricidade produzida provém de hidrelétricas. A razão que justifica esse tipo de energia advém do fato de se considerar a energia hidrelétrica como uma fonte de energia limpa. Teoricamente é um argumento aceitável, ou seja, elas não poluem a atmosfera em âmbito geral, ou seu entorno, como ocorre com as usinas termelétricas, que se utilizam de combustíveis fósseis tais como carvão e gás natural. (SOUZA, 2010. p 70, apud BUSTAMANTE, 2016. p 167)

A energia elétrica proveniente das usinas hidrelétricas é considerada uma energia renovável, já que os recursos utilizados para a geração de energia são naturalmente reabastecidos. Como essas usinas não possuem custos com combustíveis, a energia gerada pelas mesmas, tem um preço mais baixo em comparação a outras formas de geração, por esse motivo, apesar da usina possuir um elevado custo de instalação, para um país que é banhado por imensos rios, esta torna-se uma fonte de energia altamente viável.

Apesar dessas vantagens, as hidrelétricas causam um grande impacto socioambiental. Para a instalação de usinas desse tipo, é necessário construir enormes barragens que retêm o curso do rio e causam o alagamento de grandes áreas, acarretando em problemas como o assoreamento do leito dos rios, extinção de algumas espécies de peixes, destruição da vegetação natural e o desmoronamento de barreiras, muitas vezes também, deslocando a população que vivia na beira do rio.

7.2. Conversão Energética

Os ciclos que serão apresentados a seguir geram energia mecânica em forma de rotação, essa energia mecânica deverá ser convertida em energia elétrica.

Michael Faraday e Joseph Henry, no ano de 1831, provaram que essa conversão era possível. O gerador mais simples é composto por uma espira plana que se move sob a ação de um campo magnético, a espira rotaciona de forma perpendicular às linhas de forças do campo. Este movimento resulta em uma força eletromotriz devido a variação do fluxo que atravessa a espira, assim é produzida uma corrente alternada.

Existem dois tipos de corrente elétrica: contínua (CC) e a alternada (CA). A corrente contínua é denominado assim devido na sua corrente, os elétrons se movimentam de um lado para o outro do sistema. Queiroz (2014 pág. 5) nos diz que a Corrente é contínua porque os elétrons são mandados continuamente sem parar. Já a Corrente Alternada os elétrons eles ficam mudando de sentido no sistema, sentido esse medido em Hertz (Hz), no Brasil a corrente fica em 60 Hz.

Este é o princípio básico para a geração de corrente alternada, na imagem abaixo podemos entender como é o sistema.

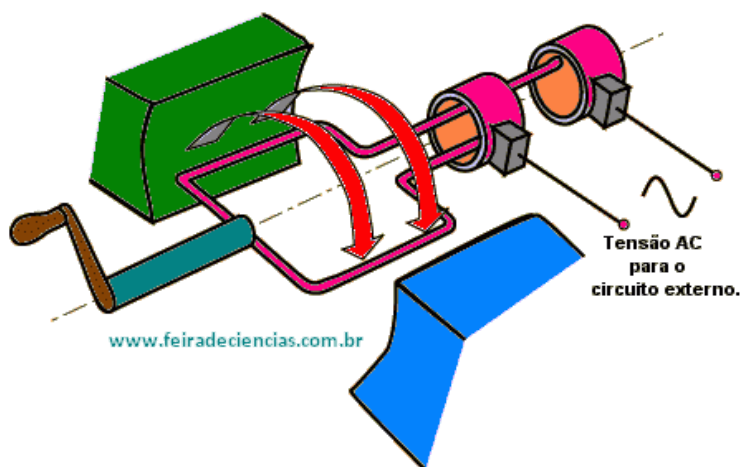


Figura 01: **Gerador de corrente alternada**

Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/image13/13_T02_06.gif Acesso em: 24 de junho de 2017.

As usinas elétricas atuais usam como meio transporte energético a corrente alternada, e isso vem de um evento bastante importante para a energia como conhecemos atualmente, esse evento ficou conhecido Guerra das Correntes e protagonizou Thomas Edison que defendia a corrente contínua e Nikola Tesla que por sua vez queria mostrar que a corrente alternada era mais viável.

Edison o inventor da lâmpada elétrica deu origem a uma usina que utilizava CC para propagação da energia, hoje em dia não se usa mais CC porque possui algumas limitações, já que não se pode transmitir para muito longe, a energia não vai muito longe desse jeito, e seria necessário muitas usinas elétricas espalhadas pela cidade, Nikola Tesla criador das Bobinas de Tesla então apresenta a CA que até então era desconhecida que se mostrava melhor já que tinha um maior alcance, Thomas então começa fazer jogadas e dizer que corrente alternada era perigoso e não poderia ser usada, chegando ao ponto de electrocutar cachorros, entretanto foi calado pelo próprio Tesla que fez uma demonstração deixando a energia passar pelo seu corpo usando uma espécie de armadura.

Por motivos econômicos, a corrente alternada é utilizada para a transmissão de energia as cidades, já que geralmente as usinas fornecedoras são afastadas da cidade. Este tipo de transmissão se demonstrou mais barato e eficiente do que por corrente contínua.

7.3. Ciclos de Geração de Energia a Combustão Interna

A seguir apresentam-se as principais formas de gerar energia elétrica pela combustão interna, aqui, não são apresentados todas as formas de geração de energia, apenas os mais comuns.

Nestes ciclos, a queima do combustível se dá em um sistema fechado dentro do motor, o local em que essa queima ocorre é geralmente denominado de câmara de combustão.

Nos ciclos que utilizam pistões, a posição dos mesmos tem maior relevância em dois pontos.

O ponto morto superior (PMS) é quando o pistão está na maior distância possível do eixo virabrequim, conseqüentemente gerando o menor volume dentro do cilindro.

No ponto morto inferior (PMI) o pistão está na posição mais próxima do virabrequim, resultando no maior volume dentro do cilindro.

7.3.1. Ciclo Otto

O sistema de combustão interna conhecido como ciclo Otto foi desenvolvido pelo físico e engenheiro alemão Nikolaus August Otto. Segundo Rafaela Brittes Dill:

Engenheiro e inventor alemão nascido em Holzhausen an der Haide, perto de Schlangenbad, que inventou e construiu o primeiro motor de combustão interna de quatro tempos e determinou o ciclo teórico sob o qual trabalha o motor de explosão (1876), o conhecido ciclo Otto. Aos 16 anos deixou a escola e foi trabalhar em um supermercado. Ele também trabalhou como um balconista em Frankfurt e como um vendedor ambulante. Ele vendeu açúcar, bateria de cozinha e chá a supermercados na fronteira alemã com a Bélgica e a França, e como vendedor ambulante interessou-se por mecânica e aprendeu o engenho da máquina inventada por Etienne Lenoir (1822-1900), a primeira máquina de combustão interna executável. Otto construiu o primeiro protótipo de seu motor em 1867, tendo ganho a

medalha de ouro da Feira de Hannover naquele ano. Rafaela Brittes Dill(2006)

Este mecanismo é feito num cilindro que é formado por uma vela, duto de admissão, duto de escape, válvulas de escape e admissão, pistão, biela e virabrequim. Podemos ver isto na figura 02 a seguir.

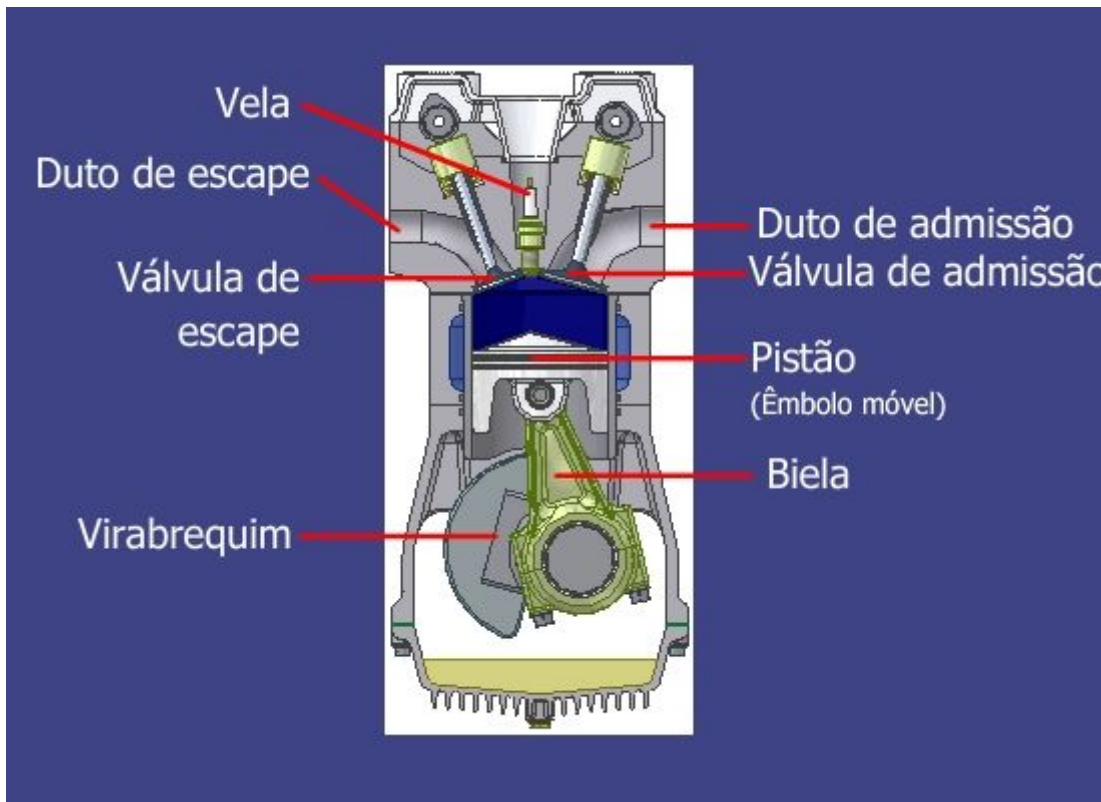


Figura 02: **Motor de combustão interna ciclo Otto.**

Fonte: Schulz (2009) disponível em http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores4t_etapas.htm. Acesso em: 28 de maio de 2017.

Segundo Schulz(2009) este ciclo de 4 tempos funciona do seguinte modo:

O primeiro tempo do motor se chama admissão, o pistão se move do PMS ao PMI ($0^\circ - 180^\circ$), as válvulas de admissão são abertas e assim uma mistura ar + combustível entra no cilindro.

No segundo temos a compressão, onde o pistão do PMI para o PMS ($180^\circ - 360^\circ$), comprimindo a mistura ar + combustível na câmara de combustão.

A próxima etapa se denomina explosão ou combustão, ao término da compressão um dispositivo elétrico emite uma centelha que inflama a mistura

fazendo com que ela se expanda, exercendo força sobre pistão, este que se move do PMS para o PMI (360° - 540°).

Na última etapa ocorre a exaustão ou escape, o pistão se move do PMI ao PMS (540° - 720°), as válvulas de escape se abrem e os gases provenientes da queima da mistura são expulsos do cilindro devido ao movimento ascendente do pistão. Após isso o ciclo é reiniciado.

Outro tipo de Ciclo Otto é o de 2 tempos, que diferentemente do ciclo de 4 tempos, necessita apenas de uma volta do eixo virabrequim (360°). Normalmente os motores que operam com o ciclo de 2 fases não possuem válvulas, eliminando o uso de mecanismos para o controle e sincronização das mesmas. O processo de admissão e escape ocorre através de janelas de transferências situadas nas paredes do cilindro. O cárter possui dimensões reduzidas, e recebe uma mistura ar + combustível e óleo lubrificante, o cárter deve ser cuidadosamente vedado, pois nele há uma pré-compressão da mistura.

No primeiro tempo, o pistão se dirige ao PMS (0° - 180°), comprimindo a mistura ar + combustível, as janelas de escape e admissão são fechadas pelo movimento do pistão. Devido ao movimento do êmbolo, gera-se uma baixa pressão dentro do cárter, desta forma, a diferença de pressão faz com que uma nova mistura ar + combustível e óleo lubrificante entre no cárter para ser utilizada durante o próximo ciclo.

Momentos antes de o pistão atingir o PMS, a vela gera uma centelha, provocando a combustão da mistura e criando uma força sobre o pistão, dando assim início ao segundo tempo.

No segundo tempo, a força de expansão gerada pela queima da mistura faz com que o pistão se mova para o PMI (180° - 360°). As janelas de admissão e escape são descobertas pelo pistão, dando vazão aos gases gerados pela combustão. A mistura ar + combustível e óleo lubrificante que foi admitida no cárter no primeiro tempo, entra no cilindro através da janela de admissão, expulsando o resto dos gases gerados pela queima do combustível (lavagem), e assim preparando o motor para iniciar o ciclo novamente.

Os combustíveis mais utilizados no motores de ciclo Otto são a gasolina, etanol, metanol e o gás natural.

Atualmente a gasolina que é comercializada no Brasil, é composta por 25% de etanol e 75% de gasolina pura, isto a caracteriza como uma gasolina tipo C, também conhecida como gasolina comum.

A principal vantagem do etanol é que este é um combustível renovável, assim gerando uma diminuição na dependência do consumo de petróleo. O etanol apresenta uma menor densidade de energia quando comparado com a gasolina, outra desvantagem deste combustível é sua baixa volatilidade, dificultando a partida do motor em condições de baixas temperaturas, sendo crítico abaixo de 10° C.

"No Brasil, o tipo de álcool vendido nos postos é o etanol hidratado, que contém em torno de 7% de água em seu volume." (CARVALHO, 2011. p. 40)

7.3.2. Ciclo Diesel

No ano de 1892, o engenheiro alemão Rudolf Diesel registrou a patente de um motor, no qual, a ignição do combustível era feita por compressão, e não através de uma centelha como ocorre no ciclo Otto.

O motor Diesel foi lançado comercialmente, funcionando com óleo cru, isto é, o petróleo simplesmente filtrado. Naquela ocasião, já havia a constatação de que o funcionamento prolongado com óleo vegetal produzia resíduos de carbono no interior dos cilindros, além de outros danos aos motores (TILLMANN, 2013. p 11).

A combustão ocorre quando o combustível é injetado em alta pressão em uma massa de ar extremamente quente, massa de ar que foi aquecida pela compressão no cilindro.

O funcionamento do ciclo Diesel pode acontecer em ciclos de dois ou quatro tempos/fases, cada fase corresponde ao movimento de 180° do virabrequim, que é igual ao deslocamento do pistão do ponto morto superior (PMS) para o ponto morto inferior (PMI) ou vice-versa. A série dessas fases é denominada de ciclo do motor.

Em um ciclo de 4 tempos, são necessárias 2 voltas do virabrequim (720°) para o ciclo se completar.

No primeiro tempo, o pistão se desloca do PMS para o PMI (0° - 180°), e as válvulas de admissão se abrem, ocorrendo a admissão de ar no cilindro. No ciclo

Diesel, a quantidade de ar admitida é sempre a mesma, independente da potência utilizada.

No segundo tempo, o pistão se desloca do PMI para o PMS ($180^\circ - 360^\circ$), as válvulas de admissão se fecham e o ar dentro do cilindro é comprimido até ocupar o volume da câmara de compressão. Nos motores de ciclo Diesel, o volume ocupado pelo ar na câmara de compressão é de, em média, 20 vezes menor do que o volume total do cilindro, ou seja, o motor possui uma taxa de compressão de 20:1. Ao final da compressão, o bico injetor injeta combustível na câmara de combustão, iniciando a terceira fase do ciclo.

No terceiro tempo, o combustível injetado na câmara de combustão se incinera devido a alta temperatura do ar. A queima do combustível gera uma força de expansão, que move o pistão do PMS para o PMI ($360^\circ - 540^\circ$), essa é a única fase onde é transmitido trabalho para o pistão, durante as outras fases o pistão se move pela força de inércia.

No quarto tempo, o pistão se move do PMI para o PMS ($540^\circ - 720^\circ$), às válvulas de escape se abrem e os gases gerados na queima do combustível são empurrados pelo pistão para fora do cilindro. Quando o pistão atinge o PMS as válvulas de escape se fecham. Após isso, o ciclo reinicia a partir do primeiro tempo. A figura 03 a seguir representa o esquema onde ocorrem os ciclos.

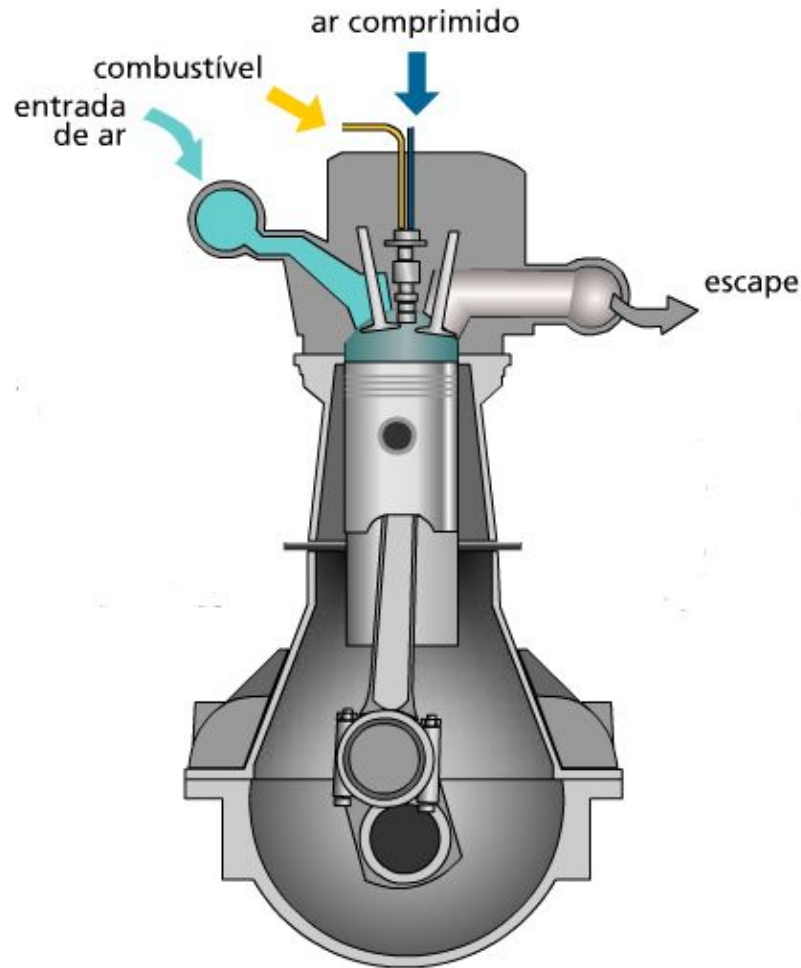


Figura 03: **Ciclo Diesel 4 tempos.**

Fonte: http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_diesel.htm. Acesso em: 28 de maio de 2017.

Em um ciclo de dois tempos, admissão e escape ocorrem ao mesmo tempo, assim como a compressão e combustão, para o ciclo se concluir é necessária apenas uma volta do virabrequim (360°). Nos motores ciclo Diesel de dois tempos, as paredes do cilindro possuem uma fileira de janelas para a admissão de ar.

Durante o primeiro tempo, o pistão em movimento descendente ($0^\circ - 180^\circ$), descobre as janelas de admissão, deixando o ar entrar, o ar que entra expulsa os gases gerados pela queima no ciclo anterior, através de uma válvula de escape.

No segundo tempo, o pistão em movimento ascendente ($180^\circ - 360^\circ$) fecha as janelas de admissão, a válvula de escape também é fechada. O ar dentro do cilindro é comprimido. Pouco antes do pistão atingir o PMS, é injetado combustível, que inflama ao entrar em contato com o ar aquecido durante a compressão. A

queima do combustível empurra o pistão para baixo, reiniciando o ciclo de dois tempos.

O principal combustível para os motores que utilizam o ciclo Diesel, é o óleo diesel, um líquido derivado do petróleo composto por hidrocarbonetos com cadeias de 8 a 16 carbonos e, em menor proporção, nitrogênio, enxofre e oxigênio (ANP, 2017)

A presença de enxofre na composição do óleo diesel faz com que sua queima libere óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3). Esses componentes ao entrarem em contato com a água presente na atmosfera, contribuem para a formação de chuva ácida.

7.3.3. Turbina a Gás

O gerador de energia da turbina a gás possui grande utilização na aeronáutica como propulsores para aeronaves. Ele também é utilizado em áreas industriais como geradores de energia elétrica, todavia, seu funcionamento exige condições de temperatura, pressão e velocidade elevadas. O projeto, desenvolvimento e fabricação desse tipo de motor, são extremamente caros e demorados. “A necessidade de grandes potências, tanto como empuxo como potência de eixo, resulta em consumo elevado de combustível e este em gastos elevados de operação” (BARBOSA; BRINGHENTI, 1999).

As turbinas a gás utilizadas na geração de energia elétrica possuem um eixo ligado a um gerador. As turbinas de um eixo possuem o seguinte princípio de funcionamento: o ar é aspirado e comprimido pelo compressor do motor; devido à compressão, o ar é aquecido, e direcionado a câmara de combustão, onde é injetado combustível, que devido à alta temperatura do ar, se incinera; a queima do combustível gera gases quentes que se expandem, passando pela turbina, desta forma é gerado o movimento de rotação, que fornece potência para o compressor e gera potência útil. Este processo é denominado de Ciclo Brayton.

A eficiência das turbinas a gás modernas tem alcançado uma média de 45% com uma temperatura de chama de 1400°C (RIO, 2017).

Abaixo está a figura 04 demonstrando como a turbina funciona, comparando seu funcionamento com um motor de ciclo Otto.

Turbina ALSTOM GT10

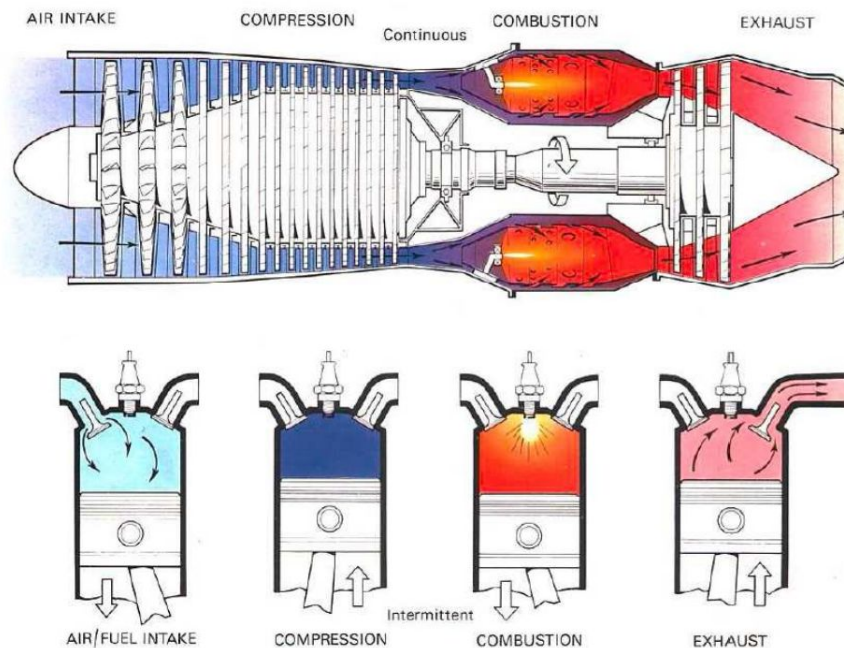


Figura 04: **Ciclo Turbina a gás.**

Fonte: http://www.fem.unicamp.br/~franklin/ES672/pdf/turbina_gas.pdf. Acesso em: 03 de junho de 2017.

A manutenção e a energia consumida por uma turbina a gás pode ser bastante cara, segundo Queiroz e Matias (2003, seção IV-1) “os custos decorrentes da operação e manutenção das máquinas rotativas ao longo da sua vida produtiva são em geral bem maiores que o custo de aquisição e instalação da máquina”. A turbina a gás tem seu início lento devido a sua inércia e com o passar de pouco tempo suas pás giram assim gerando energia cinética, isto promove uma grande geração de energia em comparação com os geradores de seu peso. Essa é uma das razões do seu utilização em aeronaves.

O nome de turbina a gás não está associado a seu combustível utilizado, pois a turbina a gás está relacionada ao processo que ocorre no fluido de trabalho na turbina (a mistura de gases resultante da combustão). São vários os combustíveis que uma turbina a gás pode consumir, entre os combustíveis gasosos está: o gás natural, gás liquefeito de petróleo (GLP), gás de síntese ou líquido, como querosene, óleo diesel e até mesmo óleos mais pesados.

7.4. Ciclos de Geração de Energia a Combustão Externa

Como no capítulo anterior, apenas o ciclo mais comum de cada gerador de energia elétrica por combustão externa aparecerá neste item.

Neste tipo de ciclo, a queima do combustível ocorre em um local fora do motor, não havendo a compressão do combustível.

7.4.1. Ciclo de Vapor de Cilindros

As máquinas a vapor foram um grande marco para a Revolução Industrial, porém a sua origem vem desde os tempos da Grécia Antiga, onde Heron de Alexandria usava as ideias um pouco mais primitivas de uma máquina a vapor. Um dos grandes responsáveis pela máquina a vapor conhecida como é hoje foi James Watt.

Em 1765, James Watt, um fabricante de instrumentos para a Universidade de Glasgow, estudando uma máquina de Newcomen, procurava uma maneira de aumentar sua eficiência e minimizar os custos com o carvão utilizado como combustível. Foi, então, que elaborou uma máquina com um condensador que minimizava as perdas de calor e que possuía outras finalidades como propulsão de moinhos e tornos, pois o movimento de rotação substituiu o de sobe e desce.

A máquina de Watt que também servia à fundição e à minas de carvão, teve grande êxito e acabaram substituindo as máquinas de Newcomen, pois além da versatilidade, consumiam três vezes menos carvão que essas. (UFRG 2004).

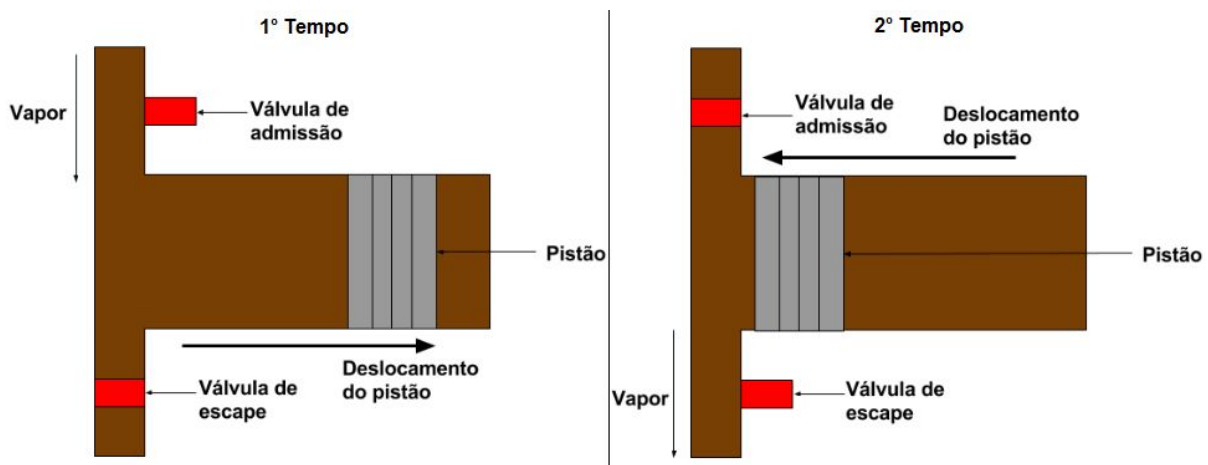


Figura 05: Ciclo vapor de cilindro

Fonte: Elaborado pelo grupo.

Ao analisar a figura 05, observamos que o ciclo que ocorre nos motores a vapor de cilindro consiste de 2 etapas:

No primeiro tempo, o pistão se desloca do PMS para o PMI ($0^\circ - 180^\circ$), fecha-se a válvula de escape abre-se a de admissão de vapor, onde o vapor pressurizado realiza trabalho sobre o pistão, deslocando-o para o próximo tempo.

No segundo tempo, o pistão se desloca do PMI para o PMS ($180^\circ - 360^\circ$), a válvula de admissão se fecha e a válvula de escape de vapor se abre, permitindo o vapor expandir-se para o ambiente, o pistão retorna para o ponto inicial por inércia, despressurizando o cilindro e recomeçando o ciclo.

7.4.2. Ciclo Vapor de Turbina

O vapor sob pressão entra na turbina, gerando trabalho sobre as pás, movimentando o eixo e gerando energia elétrica.

A turbina a vapor consiste basicamente de estatores e lâminas, onde as lâminas, por terem um formato que gera sustentação, é impulsionada pelo vapor e gera trabalho, e os estatores, são fixos e servem para que o vapor, com sua pressão reduzida por transferir energia para as lâminas, seja novamente acelerado. Os estatores têm um formato para que o vapor passe de um ambiente com maior volume para um de menor volume, acelerando o vapor.

Uma turbina geralmente é composta por várias duplas de lâminas seguidas por estatores. Nas usinas modernas, há um reaproveitamento de vapor, onde há a seção de alta pressão, em seguida a de média pressão, e por último a de baixa pressão.

Abaixo na figura 06 temos uma representação simples do funcionamento do ciclo a vapor.

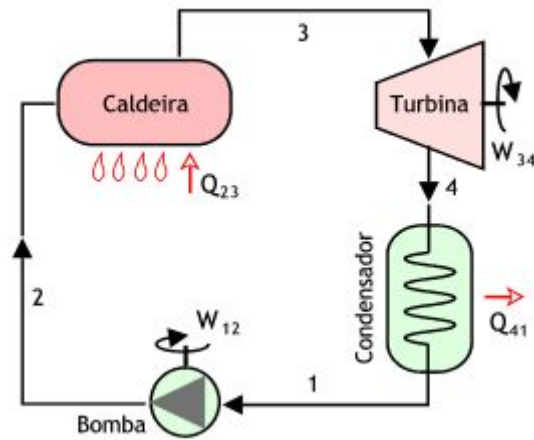


Figura 06: **Ciclo Vapor**
 Fonte: MSPC, representação do ciclo a vapor.

7.4.3. Ciclo Stirling

No início do século XIX, o pastor escocês Robert Stirling se sensibilizou com o número de acidentes que ocorriam periodicamente nas indústrias por causa das explosões das caldeiras das máquinas a vapor, auxiliado pelo seu irmão engenheiro James Stirling, buscou uma forma de substituir o mecanismo convencional da máquina a vapor que utilizava caldeira, por um mecanismo mais seguro. Seu sonho se realizou no ano de 1818, quando construiu seu primeiro motor após uma longa jornada de pesquisas e experiências.

O motor stirling funciona com uma combustão externa, utilizando somente o ar confinado em seu interior. Assim sendo, este pode se utilizar de diversas formas de aquecimento, carvão, gasolina, álcool, radiação solar ou até mesmo o calor sobressalente de outras máquinas. O primeiro formato criado foi o Beta, patenteado pelo próprio Stirling.

Apesar de haverem três conformações dos motores stirling, Alfa, Beta e Gamma, seus ciclos se dão de forma semelhante.

O ciclo se dá em 4 tempos, expansão, transferência, compressão, transferência.

No primeiro tempo, o fluido de trabalho entra na área quente e sofre uma dilatação ao ser aquecido pelo cilindro, empurrando o pistão, e assim, produzindo trabalho.

No segundo tempo, o pistão onde ocorre a expansão retorna ao seu ponto inicial e o fluido é transferido em direção a área fria somente por inércia, ou seja, não há produção de trabalho.

No terceiro tempo, o fluido entra na área fria e passa então por uma rápida perda de energia térmica para o cilindro, resultando em uma descompressão e levando a atmosfera a impelir o pistão para seu ponto inicial, produzindo trabalho novamente.

O último tempo é semelhante ao segundo, o fluido desloca-se para a área quente, recomeçando o ciclo, não há produção de trabalho novamente.

Alfa:

Este formato possui dois cilindros separados, um quente e outro frio, além de ser o mais simples dos tipos de motores Stirling, proporciona um grande isolamento térmico entre os cilindros.



Figura 07: **Motor Stirling Alfa.**

Fonte:

http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf. Acesso em: 04 de junho de 2017.

Beta:

A conformação beta possui somente um cilindro e um pistão de trabalho, um deslocador faz a transferência do fluido da área quente para a área fria.

Segundo Hirata (1995, apud Barros, 2008, p. 46), Pela sobreposição entre cada movimento de ambos os pistões, uma taxa de compressão maior do motor é obtida, e pode-se obter maior potência que o motor Stirling tipo Gama. Entretanto,

as hastes do deslocador e do pistão de trabalho estão alinhadas, o que torna o mecanismo complicado.”

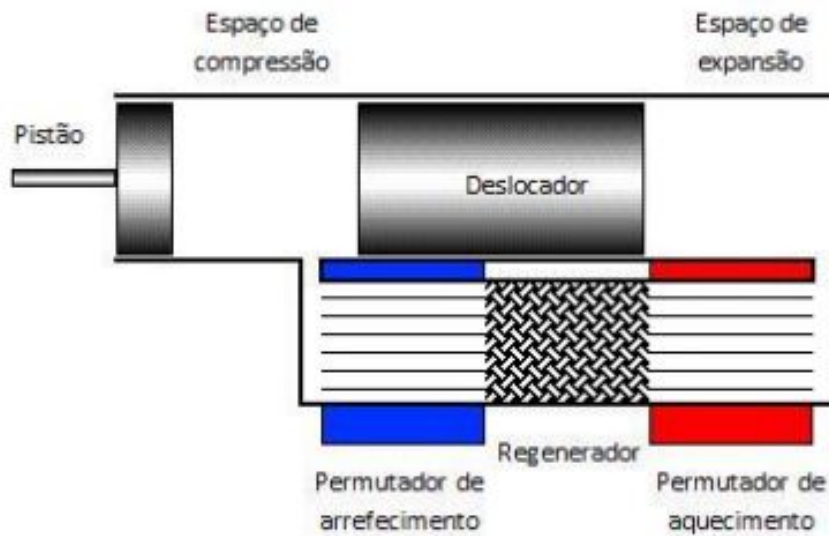


Figura 08: **Motor Stirling Beta.**

Fonte: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf. Acesso em: 04 de junho de 2017.

Gamma:

Este possui um formato semelhante ao beta, com a diferença que o pistão e o deslocador possuem cilindros próprios, ou seja, dois cilindros, simplificando a parte mecânica.

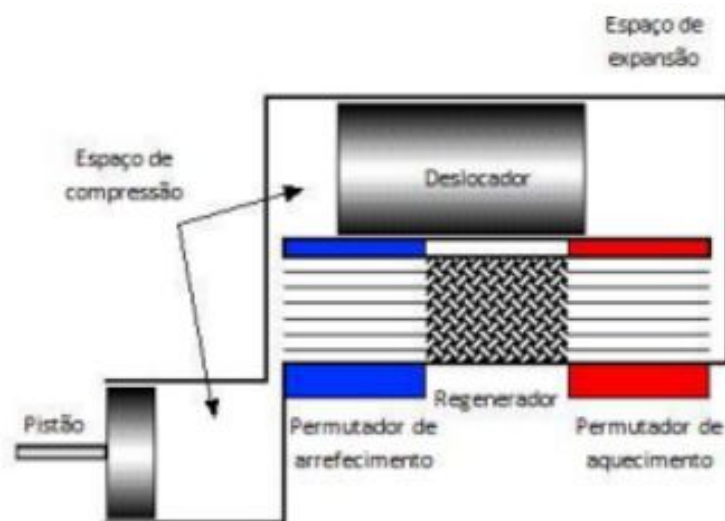


Figura 09: **Motor Stirling Gamma.**

Fonte:

http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf. Acesso em: 04 de junho de 2017.

Entre 1950 e 1960, a empresa holandesa Philips construiu protótipos de motores a combustão externa que funcionam segundo ciclo de Stirling, os quais chegavam a atingir índices de 45% de eficiência. Para base de comparação, as máquinas a vapor possuem eficiência em torno de 20% a 30% e os motores a combustão interna, com todo aparato tecnológico e tecnologia de combustível não ultrapassam 40% de eficiência. (Contar, 2008, p. 15).

Sendo assim, o ciclo Stirling possui uma das maiores eficiências entre os ciclos apresentados, reduzindo a poluição por gases e o consumo com combustível.

7.5. Painel Solar

No ano de 1839, Edmond Becquerel verificou que “placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas em um eletrólito, produzem uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz.” (PROENÇA, 2007. p. 11)

Em 1887 foi desenvolvido o primeiro dispositivo sólido capaz de produzir energia elétrica quando exposto à luz, este dispositivo era produzido a partir do selênio.

Esta tecnologia foi utilizada comercialmente apenas no final do século XIX

Apesar da baixa eficiência de conversão, da ordem de 0,5%, nos finais do século XIX o engenheiro alemão Werner Siemens (fundador do império industrial com o seu nome) comercializou células de selênio como fotômetros para máquinas fotográficas. Foi a primeira aplicação comercial da tecnologia. (PROENÇA, 2007. p. 11)

As células fotovoltaicas são constituídas por materiais semicondutores, geralmente é utilizado silício. Esses materiais precisam absorver uma vasta gama do espectro solar.

Para que o processo funcione, as células devem ser compostas por dois tipos diferentes de silício, um para criar cargas negativas e outro para cargas positivas. As partes responsáveis pelas cargas negativas são feitas de silício combinado com boro, já as que criam as cargas positivas possuem silício combinado com fósforo.

Os fótons atingem as placas fotovoltaicas fazendo com que elétrons do silício se soltem e circulem através de uma corrente elétrica até uma parte do silício com ausência de elétrons. Durante o dia os elétrons fluirão, formando assim uma

corrente elétrica. na figura 10 temos a representação da composição do painel fotovoltaico.

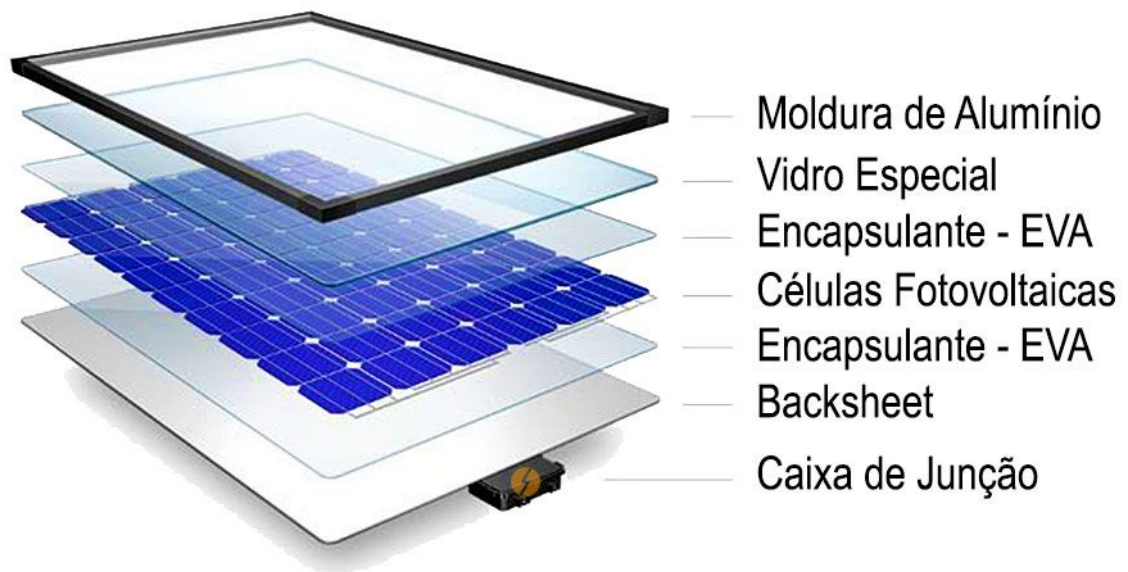


Figura 10: **Composição do painel solar.**

Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/ passo-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>.
Acesso em: 13 de abril de 2017.

7.6. Gerador de Energia Eólico

O sistema eólico é dividido em dois grupos, os sistemas de grande potência e o sistema de baixa potência, as diferenças entre eles são o tamanho e a capacidade de geração.

O tamanho das turbinas de pequeno porte varia de um a dez metros de diâmetro, e a consolidação dos conceitos aerodinâmicos e a redução do custo de produção tornou possível a fácil aquisição das mesmas para os mais diversos fins. (TIBOLA, 2009. p. 21)

Os geradores eólicos são constituídos por duas partes principais, a torre e o rotor. A torre é a estrutura que sustenta o gerador, deve ser bem projetada, já que está sujeita a grandes esforços devido à força axial exercida pelas hélices.

O rotor é a parte responsável por capturar a energia cinética proveniente dos ventos e transmiti-la a um gerador elétrico. Existem duas formas básicas para o design de uma turbina eólica: turbinas de eixo vertical e turbinas de eixo horizontal.

As turbinas de eixo vertical (figura 11) são utilizadas em sistemas de baixa potência e ocupam pouco espaço, porém são poucos eficientes, não conseguindo um bom aproveitamento da força do vento e necessitam de um alto torque para a partida.



Figura 11: **Gerador eólico de eixo vertical.**

Fonte:

<http://www.dinamicambiental.com.br/blog/sustentabilidade/confira-funciona-turbina-eolica-eixo-vertical/>. Acesso em: 02 de junho de 2017.

As turbinas de eixo horizontal (figura 12) são as mais utilizadas nos geradores modernos, tanto para pequenas como para grandes potências. Seus modelos podem variar, sendo de uma, duas ou três pás, e de múltiplas pás.



Figura 12: **Gerador eólico de eixo horizontal.**

Fonte:

<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/07/bons-ventos-para-fabricantes-de-pecas-para-energia-eolica/26649>. Acesso em: 03 de junho de 2017.

Os rotores de uma a três pás são utilizados nas modernas turbinas eólicas, pois possuem o melhor aproveitamento do vento. Os rotores de uma pá requerem um contrapeso para evitar a vibração, o que limita seu uso. Modelos com duas pás são muito usados por serem mais simples e baratos, já que necessitam de menos material em sua construção. Porém o rotor com três pás tem uma melhor distribuição da tensão aplicada na máquina quando ela gira devido à mudança de direção do vento. Devido a estas vantagens, segundo Tibola (2009) “as turbinas de 3 pás são as mais modernas, consolidadas e são usadas no mundo todo, tanto em parques eólicos quanto em sistemas isolados, de baixa ou alta potência.”

7.7. Geração de Energia Nuclear

As usinas nucleares utilizam o calor produzido através do processo de fissão nuclear para gerar vapor de água, que por sua vez, movimentam turbinas que geram energia elétrica.

Os reatores utilizados no Brasil utilizam como combustível o urânio enriquecido cerca de 3,5%, isso significa que o urânio encontrado naturalmente que contém 0,7% do isótopo ^{235}U e deve passar por um processo de “enriquecimento” para que essa proporção chegue a 3,5%.

O processo para se obter combustível nuclear é chamado de ciclo do combustível e compreende algumas etapas.

i) extração do minério do solo; ii) beneficiamento para separar o urânio de outros minérios; iii) conversão em gás do produto do beneficiamento, o chamado yellow cake (ou ‘bolo amarelo’); iv) enriquecimento do gás, no qual a proporção de ^{235}U é aumentada até o nível desejado; v) reconversão do gás de urânio enriquecido para o estado de pó; vi) fabricação de pastilhas a partir da compactação do pó; vii) e finalmente a montagem dos elementos combustíveis, quando se colocam as pastilhas em cilindros metálicos que irão formar os elementos combustíveis do núcleo do reator. (A Energia Nuclear, 2005)

Alguns países desenvolvidos possuem um elevado percentual de geração proveniente das usinas nucleares. Como mostra na tabela 01.

País	Percentual de geração
França	78%
Bélgica	57%
Japão	39%
Coreia do Sul	39%
Alemanha	30%
Suécia	46%
Suíça	40%

Tabela 01: **Países com elevado percentual de uso de energia nuclear.**
 Fonte: Ciência Hoje. Acesso em: 03 de junho de 2017.

7.8. Critérios de avaliação

A fim de analisar qual sistema e posteriormente qual gerador melhor se encaixa com a pesquisa, devem ser formulados alguns critérios de avaliação, assim, ao tabular os sistemas o grupo pode assinalar qual possui a maior quantidade de critérios atendidos e logo em seguida apontar o gerador adequado.

- **Demanda estipulada:** Os geradores devem atender a demanda de energia que o grupo estipular, esta demanda será estipulada para que haja uma igualdade entre os geradores, possibilitando uma comparação propícia para analisar qual é o melhor entre os mesmos.
- **Dimensões dos geradores e sua capacidade energética:** O Campus possui uma área disponível para a instalação do gerador, por isso o tamanho do gerador não deve exceder este limite.
- **Poluição:** Apesar de serem máquinas consideradas seguras para a saúde humana, os geradores e seus respectivos sistemas devem produzir o menor índice de poluição possível, tanto do ar, quanto sonora. A importância desse critério é garantir a saúde, qualidade de vida e de estudos dos estudantes e servidores do campus.

8. Metodologia

A metodologia será direcionada para uma pesquisa científica de cunho quantitativo. Na visão de Fonseca (2002, pág. 20), pesquisa quantitativa é vista como aquilo que pode ser mensurado, e compreende naquilo que se é objetivo e utiliza-se de métodos matemáticos.

Para que os objetivos específicos deste projeto sejam atendidos, a execução da pesquisa será desmembrada em etapas:

Inicialmente, será compilado informações sobre o consumo mensal de forma monetária e energética (kilowatt) do IFSC câmpus JAR com energia elétrica, levando em conta a sazonalidade (se houver) do mesmo. Com análise dos últimos três anos.

Em outra etapa, será feito um estudo aprofundado sobre os sistemas de geração de energia e utilizando-se dos critérios de avaliação, será definido o sistema que melhor se encaixa às necessidades do campus.

Inicia-se então, uma pesquisa das empresas que distribuem geradores que se utilizam do sistema determinado pelo grupo e que possuam a capacidade de suprir a demanda estipulada, com levantamento do seu custo de instalação, manutenção e operação.

Caso esta pesquisa de geradores torne-se bem sucedida, será verificado se a energia produzida pelo gerador é mais barata que a energia fornecida pela rede elétrica da CELESC. Será levado em conta o preço do combustível (se houver) e manutenção do gerador.

9. Cronograma

Atividade	Ago 2017	Set 2017	Out 2017	Nov 2017	Dez 2017
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	
Informar-se sobre os ciclos	X	X			
Definir os critérios de avaliação	X				
Tabular os ciclos		X			
Procurar/supor um gerador			X	X	
Tabular os dados				X	
Escrita do relatório			X	X	
Apresentação e banner					X

10. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Óleo Diesel. Disponível em:

<<http://www.anp.gov.br/wwwanp/petroleo-derivados/155-combustiveis/1857-oleo-diesel>> Acesso em: 02 de agosto de 2017.

BARBOSA, João R.; BRINGHENTI, Cleverson. **SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO DESEMPENHO DE TURBINAS A GÁS.** 1999. Disponível em:

<<http://www.abcm.org.br/anais/cobem/1999/pdf/aaaeif.pdf>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

BARRETO, Germily Reki Morais. **Modelação de um Motor de Stirling com Concentração de Radiação Solar.** Disponível em:

<<http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/14999/1/Dserta%C3%A7%C3%A3o%20GB.pdf>>.

Acesso em: 05 de junho de 2017.

BARROS, R. W. **Avaliação Teórica e Experimental do Motor Stirling Modelo Solo 161 Operando com Diferentes Combustíveis.** 2005. 143f. Dissertação (Mestrado em Conversão de Energia) - Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá. Disponível em:

<<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0030363.pdf>>.

Acesso em 19 de março de 2017.

BRAGA, Barbara Beatriz Chapelo et al. **Motores de Comboios.** Disponível em:

<http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/submit_14_15/uploads/relat_1M06_4.pdf>.

Acesso em: 01 de junho de 2017.

BUSTAMANTE, Thomas et al. **Direitos Fundamentais: Proteção Doméstica e Internacional.** Disponível em:

<https://static1.squarespace.com/static/5595888ae4b0f75fd292e2d6/t/584e295f3e00bea8730dc91d/1481517426844/_DCFP2015_V04.pdf#page=165>.

Acesso em: 04 de junho de 2017.

CARVALHO, Hilário Mendes de. **Desenvolvimento de um Modelo Matemático para Avaliação de Desempenho de Turbinas a Gás de um Eixo.**

Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0031582.pdf>>. Acesso em:

04 de junho de 2017.

CARVALHO, Márcio Augusto Sampaio de. **AVALIAÇÃO DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA CICLO OTTO UTILIZANDO DIFERENTES TIPOS DE COMBUSTÍVEIS.** 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em:

<[https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18744/1/Dissertação de Mestrado](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18744/1/Dissertação%20de%20Mestrado%20PEI_M%C3%A1rcio%20Carvalho.pdf)

[_PEI_Márcio Carvalho.pdf](https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18744/1/Dissertação de Mestrado _PEI_M%C3%A1rcio%20Carvalho.pdf)>. Acesso em: 02 de agosto de 2017.

CONTAR, Ives Barbosa. **Desenvolvimento de um Motor Stirling Acoplado a uma Placa Parabólica Coletora de Energia Solar**. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1512.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

COPELLI, Anna Cecília et al (Org.). **Leituras de Física: eletromagnetismo para ler pensar e refletir**. 5. ed. São Paulo: Editora Usp, 2007. 438 p.

COSTA, João Miguel Santos. **Metodologia Simplificada para a Análise Termoeconômica de Sistemas de Cogeração de com Motor Stirling**. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28229/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jo%C3%A3oCosta_2013.pdf>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Eólica Princípios e Tecnologias**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/energia-eolica-principios-tecnologias.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

DILL, Rafaela Brittes; FLESCH, Evandro Luis (Comp.). **Motor Otto: O resgate de uma era**. 2006. Disponível em: <<http://www.mecanica.ufrgs.br/mmotor/otto.htm>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.

FERNANDES, Belquis Luci. **Motor Stirling**. Disponível em: <<http://revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/34/46>>. Acesso em 05 de junho de 2017.

FONSESCA, João José Saraiva da. **METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA**. Disponível em: <<http://197.249.65.74:8080/biblioteca/bitstream/123456789/716/1/Metodologia%20da%20Pesquisa%20Cientifica.pdf>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

GOLDEMBERG, José et al. **Energia e Meio Ambiente no Brasil**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159>>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

IF Sul de Minas. **Projeto IF Solar**. Disponível em: <<http://www.ifsuldeminas.edu.br/index.php/noticias/5129-2016-09-22-15-05-32>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

INSTITUTO DE TELECOMUNICAÇÕES. **Laboratórios Remotos de Experiências Científicas, Composição e Funcionamento de um Painel Fotovoltaico**. Disponível em: <http://www.av.it.pt/laboratoriosremotos/?page_id=288>. Acesso em: 14 de abril de 2017.

LAMONICA, Helcio M. **Produção de Vapor e Eletricidade - A Evolução do Setor Sucroalcooleiro**. Disponível

em:

<http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/novidades/workshop_gestao_energia_residuos/files/dia12/4-Helcio-Lamonica.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2017.

LIMA, Francisco Lorenzo Magalhães et al. **Motores de Combustão Interna**.

Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2009_10/relatorios/R507.pdf>.

Acesso em: 05 de junho de 2017.

MENDES, Filomena. **Eletricidade Básica**. Disponível em:

<http://ftp.comprasnet.se.gov.br/sead/licitacoes/Pregoes2011/PE091/Anexos/Inform%E1tica_M%F3dulo_I/ELETRICIDADE_BASICA/ELETRICIDADE_BASICA.pdf>.

Acesso em: 04 de junho de 2017.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Projeto Levará Energia a Universidades e Escolas Técnicas Federais**. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/manchete/-/asset_publisher/neRB8QmDsbU0/content/projeto-levara-energia-solar-a-universidades-e-escolas-tecnicas-federais;jsessionid=149BE4BB4E0A3B4C50F2FFCE4F9D0D1D.srv155>. Acesso em 05 de junho de 2017.

MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: < <http://www.more.ufsc.br/> > . Acesso em: 12 de junho de 2017.

MSPC. **Representação do ciclo a vapor**. Disponível em:

<https://www.ted.com/talks/aubrey_de_grey_says_we_can_avoid_aging?language=pt-br#t-1352453>. Acesso em: 12 de junho de 2017.

Portal do IFSC. **Série Orçamento: Como os cortes afetam o IFSC e o que a Instituição faz para superá-los**. Disponível em:

<<http://www.ifsc.edu.br/institucional/6310-serie-orcamento-como-os-cortes-afetam-o-ifsc-e-o-que-a-instituicao-faz-para-supera-los>>. Acesso em: 05 de junho de 2017.

PORTAL SOLAR. **GERADOR DE ENERGIA SOLAR**. Disponível em:

<<http://www.portalsolar.com.br/gerador-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 23 de abril de 2017.

PORTAL SOLAR. **Passo a Passo da Fabricação do Pannel Solar**.

Disponível em:

<<http://www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-da-fabricacao-do-pannel-solar.html>>. Acesso em: 13 de abril de 2017.

PROENÇA, Emanuel Dâmaso Rodrigues Brinquete. **Energia Solar em Portugal**.

Disponível em:

<<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137487931/Tese%20-%20A%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20em%20Portugal.pdf>>.

Acesso em 05 de junho de 2017.

QUEIROZ, Allan Pimentel. **Corrente contínua e alternada**. 2014. Disponível em: <<http://equipe.nce.ufrj.br/adriano/circlog/provas/p20141/t1/ENTREGUES/teste1Pimentel.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2016.

QUEIROZ, Manoel; MATIAS, José Augusto. **Básico de Turbinas a Gás**. Prince George: Petrobras, 2003. 86 p. 87 f. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAepQEAL/basico-turbinas-a-gas-petrobras>>. Acesso em: 31 jul. 2017.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. São Paulo: Manole Editora, 2015. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=YpgDCwAAQBAJ&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em 04 de junho de 2017.

RIO. PUC. (Comp.). **Turbina a gás**. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10387/10387_3.PDF>. Acesso em: 04 de junho de 2017.

RODRIGUES, William Costa. **Metodologia Científica**. Paracambi: FAETEC/IST, 2007

RÜNCOS, FREDEMAR. **Gerador Eólico**. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-gerador-eolico-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2017.

SALMERON, Roberto A.. **Porque se usa corrente alternada**. 2007. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/ac/corrente_alternada/>. Acesso em: 06 de agosto de 2017.

SORDI, Alexandre et al. **Análise Termodinâmica de um Ciclo de Potência com Célula a Combustível SOFC e Turbina a Vapor**. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/1287/719>> Acesso em: 14 de maio de 2017

SOUZA, Débora Jaqueline de; CONCATO, Ani Carla; ZANELATO, Felipe. **POLUIÇÃO SONORA NO ÂMBITO ESCOLAR – PREJUÍZO PARA O ENSINO E O APRENDIZADO**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/IV-001.pdf>>. Acesso em: 04 de maio de 2017.

SOUZA, João Carlos. **UM ENSAIO SOBRE A PROBLEMÁTICA DOS DESLOCADOS AMBIENTAIS: a perspectiva legal, social e econômica**, in VEREDAS DO DIREITO, Belo Horizonte, v.7 , n.13/14, p.57-73, Janeiro/Dezembro de 2010.

TILLMAN, Carlos Antonio da Costa. **Motores de Combustão Interna e seus Sistemas**. Disponível em:

<http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf>.
Acesso em: 04 de junho de 2017.

Turbinas a Vapor. 2015. Disponível em:
<<http://www.dem.feis.unesp.br/intranet/capitulo11.pdf>>. Acesso em: 13 de junho de 2017.

UFRG, **Máquina a Vapor.** Disponível em:
<<http://www.if.ufrgs.br/~leila/vapor.htm>> . Acesso em: 01 de junho de 2017.

VARELLA, Carlos Alberto Alves. **PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA.** Disponível em:
<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Atualas/principios_de_funcionamento.pdf>.
Acesso em: 04 de junho de 2017.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações.** 2012. ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A..
Disponível em:
<https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/EficientizacaoEnergética/Livro_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 23 de abril de 2017.