

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
ENGENHARIA MECÂNICA

RODRYGO MARLON PIRES FERREIRA

**ESTUDO E PROJETO TEÓRICO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE  
UM GERADOR EÓLICO DE BAIXO CUSTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2017

RODRYGO MARLON PIRES FERREIRA

**ESTUDO E PROJETO TEÓRICO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE  
UM GERADOR EÓLICO DE BAIXO CUSTO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico, do Departamento Acadêmico da Mecânica – DAMEC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Celso Naves de Souza

CORNÉLIO PROCÓPIO  
2017



**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Campus Cornélio Procópio**  
**Departamento Acadêmico de Mecânica**  
**Curso de Engenharia Mecânica**



TERMO DE APROVAÇÃO

**ESTUDO E PROJETO TEÓRICO DE VIABILIDADE  
ECONÔMICA DE  
UM GERADOR EÓLICO DE BAIXO CUSTO**

POR

**RODRYGO MARLON PIRES FERREIRA**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 16:00 hs do dia 14 de abril de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO MECÂNICO, no programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Celso Naves de Souza

---

Prof. Carlos de Nardi

---

Prof. Marco Antonio Ferreira Finocchio

---

Prof. Carlos Alberto Paschoalino

“A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação de Curso.”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse. Por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradeço a minha família, principalmente meus pais, Roberto Ferreira e Rosângela Pires de Oliveira, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu orientador prof. Dr. Celso Naves de Souza, por toda sua dedicação, orientação e oportunidades que me deu. Pelo suporte no tempo que lhe coube, e pelas suas correções.

A todos os amigos que fizeram parte de minha formação e vão continuar presentes na minha vida.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Cornélio Procópio pela oportunidade de fazer o curso, e pelo ambiente proporcionado.

“Procure ser um homem de valor, em vez de ser um homem de sucesso”

**Albert Einstein**

## RESUMO

FERREIRA, Rodrygo Marlon Pires. **Gerador eólico de baixo custo**. 2016. f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

A utilização da energia elétrica no mundo moderno e sua escassez ou custo cada vez mais elevado vem sendo um fator muito importante e discutido, assim como nele, a procura por novas fontes de energia. Neste trabalho se utilizará de um estudo de fontes de energias mais utilizadas e um princípio de energias renováveis na atualidade, para que se possa adaptar um tipo de turbina eólica na geração de uma energia limpa e com baixo custo. Para que isso possa ocorrer, o projeto utilizará de equipamentos de baixo custo ou em fim de vida, que possam ser de fácil fabricação, visando economia. Assim, uma turbina eólica do tipo savonius feita por um barril de plástico irá captar energia eólica e é adaptada por um sistema de transmissão para movimentar a polia de um alternador automotivo que ficará responsável para transformar essa energia captada em energia elétrica, a qual poderá ser armazenada em baterias ou convertida diretamente para o uso doméstico, mantendo alguns eletrodomésticos como ar condicionado funcionando. Este sistema tem como base a economia e os equipamentos serão selecionados e dimensionados de acordo com as características de cada um, do sistema todo e do local que será implantado. Além de tudo, para a fabricação de um produto ou projeto como todo, existem normas de segurança do trabalho a qual serão apontadas as principais que serão utilizadas durante o processo e também uma base sobre os tipos de manutenção em geral e qual vai ser aplicada e como ela será feita. Por fim, qual a viabilidade do projeto e suas economias e aplicações.

**Palavras-chave:** Energia renovável. Economia. Baixo custo. Geração de energia.

## ABSTRACT

FERREIRA, Rodrygo Marlon Pires. **Wind generator low cost**. 2016. f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Federal Technology University - Paraná. Cornélio Procópio, 2016.

The use of electricity in the modern world and its scarcity or increasingly high cost has been a very important factor and discussed, as well as in it, the search for new energy sources. In this work will be used in a study of the most used energy sources and a principle of renewable energy today, so that you can adapt a type of wind turbine to generate clean energy and low cost. For this to occur, the project will use low-cost equipment or end of life, it can be easy to manufacture, aiming economy. Thus, a wind turbine savonius type made by a plastic barrel will capture wind energy and is adapted for a transmission system to move the pulley of an automotive alternator that will be responsible to turn this captured energy into electricity, which can be stored in batteries or converted directly to the household, keeping some appliances such as air conditioning running. This system is based on economics and equipment are selected and dimensioned according to the characteristics of each system-wide and site to be implanted. Overall, for the manufacture of a product or project as a whole, there are occupational safety standards which will be identified key that will be used during the process and also a base on the types of maintenance in general and which will be applied and how it will be done. Finally, what is the viability of the project and their economies and applications.

**Keywords:** Renewable energy. Economy. Low cost. Power generation.

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Valores típicos de coeficiente de atrito .....                                     | 19 |
| Tabela 2 – Valores de potência e torque da turbina para diferentes velocidades do vento ..... | 40 |
| Tabela 3 – Velocidade angular .....   | 41 |
| Tabela 4 – Relação entre número de polos, frequência e a velocidade de um gerador .....       | 41 |
| Tabela 5 – Relação de preços dos componentes .....  | 43 |



## LISTA DE FIGURAS

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Figura 1- Esquema do Rotor de Savonius. Fonte: Thomas Kuhn 1992.....   | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| Figura 2 – Esquema do projeto pronto. Fonte: Portal Energia 2010.....  | 6                                   |
| Figura 3 - Usina Hidrelétrica. Fonte: Como Tudo Funciona 2013 .....  | 11                                  |
| Figura 4 - Painéis fotovoltaicos. Fonte: Ecovolts 2014 .....   | 13                                  |
| Figura 5 – Como funciona a energia nuclear. Fonte: Tempo Livre 2010 .....  | 14                                  |
| Figura 6 – Energia Termelétrica. Fonte: Brasil Escola 2015 .....   | 16                                  |
| Figura 7 – Configuração de um sistema eólico isolado. Fonte: CRESESB 2005 ....   | 17                                  |
| Figura 8 - Turbina eólica. Fonte: UFPE 2003 .....  | 22                                  |
| Figura 9 – Turbina Eólica. Fonte: SENGE 2015.....  | 23                                  |
| Figura 10 – Turbina de Darrieus. Fonte:REUK 2009.....  | 24                                  |
| Figura 11 - Unidade eólica nas antigas fazendas. Fonte: Universidade Santa Cecília 2006 .....  | 25                                  |
| Figura 12 - Esquema de incidência dos ventos na turbina. Fonte: Pinto 2013 .....   | 26                                  |
| Figura 13 - Turbina feita com tonéis de metal. Fonte: Senso energia 2006 .....   | 26                                  |
| Figura 14 – Darrieus - Savonius. Fonte: REUK 2009 .....  | 27                                  |
| Figura 15 - Partes de um alternador. Fonte: Mundo sobre carros 2013 .....  | 29                                  |
| Figura 16 - Transmissão entre duas polias. Fonte: MSPC 2008 .....  | 30                                  |
| Figura 17 - Bateria. Fonte: Moura 2014.....  | 31                                  |
| Figura 18 - Fixação da turbina ao alternador. Fonte: Isac Pércles 2014.....  | 32                                  |
| Figura 19- Relação entre coeficiente de potência e a razão de velocidade de ponta para diversos tipos de turbinas. Fonte: Adaptado de Menet..... | 36                                  |
| Figura 20- Coeficiente de potência e torque em relação a $\lambda$ . Fonte: Adaptado de Menet .....  | 37                                  |
| Figura 21 - Estrutura da turbina. Fonte: TCC Guilherme Viegas 2014 .....   | 39                                  |
| Figura 22 – Consumo dos aparelhos eletrônicos. Fonte: jcnnet 2016.....   | 42                                  |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....                     | 4  |
| 1.1 OBJETIVO.....                      | 6  |
| 1.1.1 OBJETIVO GERAL.....              | 6  |
| 1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....        | 7  |
| 1.2 JUSTIFICATIVA .....                | 7  |
| 2 CONCEITOS.....                       | 8  |
| 2.1 ENERGIA .....                      | 8  |
| 2.2 ENERGIA ELÉTRICA.....              | 9  |
| 2.2.1 ENERGIA HIDROELÉTRICA .....      | 10 |
| 2.2.2 ENERGIA SOLAR .....              | 12 |
| 2.2.3 ENERGIA NUCLEAR .....            | 13 |
| 2.2.4 ENERGIA TERMOELÉTRICA.....       | 14 |
| 2.2.5 ENERGIA EÓLICA .....             | 16 |
| 3 VENTO E ENERGIA EÓLICA .....         | 18 |
| 4 METODOLOGIA.....                     | 20 |
| 5 COMPONENTES .....                    | 21 |
| 5.1 TURBINA.....                       | 21 |
| 5.1.1 TURBINAS DE EIXO HORIZONTAL..... | 22 |
| 5.1.2 TURBINAS DE EIXO VERTICAL .....  | 23 |
| 5.1.2.1 DARRIEUS.....                  | 23 |
| 5.1.2.2 SAVONIUS.....                  | 23 |
| 5.1.2.3 DARRIEUS-SAVONIUS .....        | 22 |
| 5.2 ESTRUTURA DA TURBINA.....          | 25 |
| 5.3 ALTERNADOR.....                    | 27 |
| 5.4 TRANSMISSÃO .....                  | 29 |
| 5.5 BATERIAS AUTOMOTIVAS.....          | 31 |
| 6 MONTAGEM .....                       | 31 |
| 7 MANUTENÇÃO.....                      | 32 |
| 7.1 SEGURANÇA.....                     | 34 |
| 8 DIMENSIONAMENTO.....                 | 36 |
| 8.1 TURBINA.....                       | 36 |
| 8.2 ESTRUTURA .....                    | 38 |
| 8.3 TRANSMISSÃO .....                  | 39 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 8.4 ALTERNADOR.....       | 39 |
| 9 RESULTADOS OBTIDOS..... | 40 |
| 9.1 TURBINA.....          | 40 |
| 9.2 ESTRUTURA.....        | 41 |
| 9.3 ALTERNADOR.....       | 41 |
| 9.4 CUSTOS.....           | 43 |
| 10 CONCLUSÃO.....         | 44 |
| 11 REFERÊNCIAS.....       | 45 |

## 1 INTRODUÇÃO

Em um mundo atual as pessoas são cada vez mais dependentes da eletricidade, e ela contribui e muito para que se mantenha uma sociedade e até para o desenvolvimento desta. Assim, diversas formas de obtenção de energia elétrica são exploradas mundo afora, utilizando os recursos disponíveis em cada área [2].

No Brasil, a grande maioria de sua matriz energética é proveniente da hidroeletricidade devido às condições favoráveis, mais outras fontes alternativas como a energia eólica passaram a ser mais incentivadas pelas autoridades para que alguns problemas como a escassez de chuvas em uma época do ano não afetem tanto a ponto causar grandes racionamentos de energia ou até a falta dela em alguns lugares [2].

A energia eólica é considerada um tipo de energia renovável, pois provém de um recurso natural, que é o vento. Ela basicamente trata-se da exploração e transformação da força e energia desse vento em uma energia que possa ser útil, como a eletricidade ou energia mecânica [1].

A idéia de utilizar a energia eólica surgiu na antiguidade, quando o vento era utilizado para mover as engrenagens de moinhos e até para locomover caravelas, e a partir daí ela foi se desenvolvendo até que em 1887 James Blyth, um engenheiro escocês, construiu uma turbina com pás de tecido no jardim e aproveitou a eletricidade produzida para carregar acumuladores que usava para iluminar sua casa e a partir disso, em 1888, o inventor Charles Francis Brush produziu eletricidade através de um gerador alimentado pela energia eólica para alimentar seu laboratório e residência [10]. A partir dessas criações foram criadas turbinas eólicas, sendo que a primeira instalada no Brasil foi em 1992 [1].

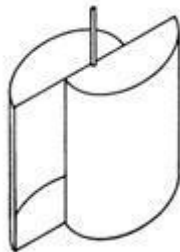
Atualmente devido a um período de seca e também a crise em que se passa o país, o preço da energia elétrica no Brasil subiu muito, principalmente para os consumidores, assim formas de se economizar energia ou obtê-la mais barata são procuradas pelas pessoas e toda comunidade e dessa necessidade de economia criou-se o conceito do gerador eólico de baixo custo. Visando o conceito de economia, utilizamos alguns componentes com um valor de mercado reduzido.

Para movermos o gerador, vamos utilizar da força do vento e transformá-la em energia elétrica. Contudo existem vários tipos de turbinas eólicas que podem ser usadas, assim opta-se pela turbina do tipo Savonius, devido a um baixo custo de fabricação e uma fácil construção.

Esse tipo de turbina foi inventado em 1922 por Sigurd J. Savonius, e ela vai girar em um eixo vertical transformando a energia do vento em torção. Apesar de ser muito simples, ela pode girar com ventos de baixa velocidade, o que é importante na maioria dos lugares, pois apresentam ventos intermitentes e não muito fortes, e gerar grandes torques com sua baixa rotação, o que diminui o desgaste de seus componentes, e podendo trabalhar com ventos vindos de qualquer direção (Farret, 2010).

A sua construção é bem simples e econômica, podendo-se usar tonéis de plástico ou metal que já foram descartados por algum motivo, cortando-os ao meio, em que suas partes serão fixadas opostamente em direção por uma de suas arestas longitudinais, assim como mostra a figura.

*Figura 1- Esquema do Rotor de Savonius. Fonte: Thomas Kuhn 1992.*

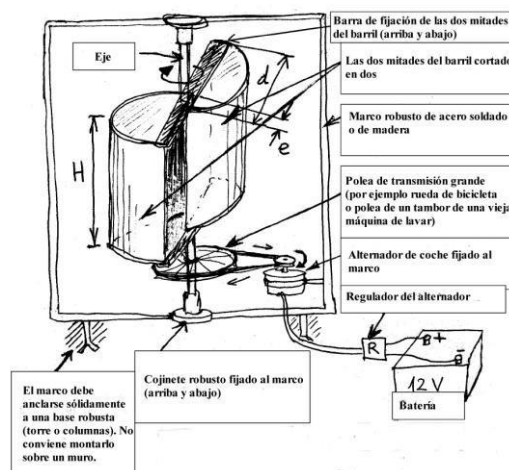


Após determinar o tipo de turbina adequada para o sistema, deve-se escolher um tipo de gerador, o qual irá transformar a energia mecânica em energia elétrica. Para este caso será escolhido o alternador automotivo, já que a turbina opera em baixa rotação e com um torque elevado. O alternador gera tensões alternadas devido a um princípio de indução eletromagnética, na qual a corrente elétrica que flui através de um rotor irá criar um campo magnético induzindo a movimentação dos elétrons nas bobinas do estator, o que faz gerar essas tensões. Além disso, apresentam um retificador e um regulador de tensão, para que operem com tensão contínua de 12 a 14,5 volts [14]. Esses alternadores automotivos também podem ser encontrados por preços relativamente baixos, o que é importante para este projeto. A transmissão do eixo da turbina para a polia do alternador será

através de uma correia, a qual absorve mais as vibrações e evita que elas passem para o alternador [15]. A energia gerada poderá carregar baterias e ser armazenada nelas, e com a ajuda de um inversor alimentará alguns eletrodomésticos de uma casa, como por exemplo, um ar condicionado, que gasta bastante energia devido à alta potência.

Portanto este trabalho visa à criação de um sistema inovador em que através de energia renovável, que no caso é a eólica, um gerador é acionado e gera uma energia elétrica que carrega baterias, as quais irão manter o sistema elétrico de uma casa, como um ar condicionado, funcionando, reduzindo gastos de energia elétrica, com baixos custos.

**Figura 2 – Esquema do projeto pronto. Fonte: Portal Energia 2010**



## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar através deste trabalho os conhecimentos adquiridos durante a graduação, principalmente na área de Projetos, para através da energia eólica desenvolver um sistema renovável de baixo custo para manter equipamentos elétricos de alta potência.

### **1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

1. Escolher os componentes que melhor se adéquam ao projeto.
2. Construir um sistema eólico de baixo custo para economia de energia e redução de gastos.
3. Comparar os resultados com o sistema convencional.

### **1.2 JUSTIFICATIVA**

Como nos dias de hoje a energia elétrica é indispensável para as pessoas e estão cada vez mais caras, os consumidores buscam alternativas que minimizem ou barateiem esse consumo. Mais alguns aparelhos eletrônicos como o ar condicionado tornam-se cada vez mais indispensáveis em nossas casas, porém consome muita energia, assim, o projeto abrirá portas para que esses gastos com energia elétrica sejam bem menores, e que possa manter esses aparelhos funcionando sem custos.

## 2 CONCEITOS

### 2.1 ENERGIA

Energia é um conceito que abrange várias áreas de estudo, partindo desde a ciência, a física, até a economia e áreas de cunho social.

Com relação à ciência, a energia se refere a uma grandeza física necessária para a correta descrição do inter-relacionamento entre sistemas físicos ou entre duas coisas. Estas irão trocar energia ou momento, que é outra grandeza, entre si, sempre obedecem à lei de conservação existente [26].

Em termos, energia associa-se geralmente à capacidade de realizar ações ou produzir trabalho, estando presente em qualquer ação que envolva um trabalho, sendo transferida de um corpo para outro, como por exemplo, quando um objeto é movido por algo [22].

Cientificamente ela só pode ser entendida quando se é analisada a interação entre sistemas físicos. De acordo com resultados empíricos observados quando essa interação ocorre, uma mudança específica em um desses sistemas, é sempre acompanhada de uma mudança específica no outro sistema. As leis científicas que governam e dominam essas grandezas físicas, referindo-se a energia, são as chamadas leis de conservação de energia (a quantidade total de energia em um sistema isolado permanece constante) [22].

Com relação às humanidades e a sociedade, a energia é entendida normalmente no sentido de recursos energéticos, se referindo a combustíveis e eletricidade, que são fontes de energia que podem ser transformadas em outras fontes de energia também, sendo muito úteis.

A utilização dessa energia vem sendo muito importante para o desenvolvimento de toda a sociedade humana, ajudando-a a sobreviver e se adaptar ao meio ambiente. No mundo industrializado alguns itens que são pré-requisitos para uma sociedade desenvolvida como a agricultura, telecomunicações, transportes, dependem do desenvolvimento de recursos energéticos. Como as sociedades humanas vêm dependendo cada vez mais de um elevado consumo



energético para sua sociedade, ao longo da história foram e vão se desenvolvendo diversos processos de transformação, transporte e armazenamento de energia.

Assim, várias formas de energia são existentes, sendo que algumas derivam de outras. Assim temos algumas como a potencial e a cinética, podendo ser especificamente como: energia hidráulica, ou energia cinética armazenada nas águas de uma represa hidroelétrica, a qual converte energia hidráulica em energia potencial elétrica. A energia nuclear para a energia potencial associada a interação nuclear, a energia eólica associada a energia cinética de movimento das massas de ar, a energia solar relacionada à radiação eletromagnética com origem no sol [3].

## 2.2 ENERGIA ELÉTRICA

Avanços tecnológicos dos últimos séculos e décadas foram muito importantes para a sociedade moderna e atual, pois os vários equipamentos eletrônicos como televisão, computador, aparelhos de som, ar condicionados, além de fatores que derivam deles, como a internet, só existem graças à energia elétrica [2].

Com relação à energia elétrica, ela é basicamente uma forma de gerar energia baseada na geração de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos, que permitem estabelecer uma corrente elétrica entre ambos. Ela é uma das formas de energia mais utilizadas na atualidade devido a um baixo índice de perda durante suas conversões e facilidade de transporte [37].

A energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica gerar trabalho, a aplicação de uma diferença de potencial entre dois pontos de um condutor gera uma corrente elétrica entre seus terminais, o que a origina (Brasil Escola, 2014).

Para calcular a energia elétrica utiliza-se da equação:

$$E_{EL} = P \cdot \Delta T \quad (1)$$

Sendo P a potência e  $\Delta T$  a variação do tempo.

A geração dela se dá de várias formas e tecnologias, na maioria são aproveitados o movimento giratório provido de uma fonte de energia mecânica como

o vento ou movimento das águas para gerar corrente alternada ou de ciclos termodinâmicos como reações nucleares ou queima de combustíveis fósseis [37].

Para o transporte podem ser utilizados cabos e outros condutores formando as linhas de transmissão. Já a rede de distribuição de energia elétrica é composta pelas redes elétricas primárias (média tensão) e redes secundárias (baixa tensão), sendo que as companhias distribuidoras de eletricidade são responsáveis pela construção, manutenção e operação delas [3].

Assim, a energia (e especialmente a energia elétrica) é muito importante para a sociedade humana ao todo, pois empresas dependem dela para a produção, comercialização e distribuição de seus produtos, as pessoas dependem da energia em suas residências, no trabalho e em outros meios de convívio social, e os países dependem da energia para movimentar suas economias e criar produtos competitivos no mundo globalizado. E os principais tipos de fontes de energia elétrica utilizados são classificados como: energia hidroelétrica, energia solar, energia nuclear, energia termoelétrica e energia eólica [3].

### **2.2.1 ENERGIA HIDROELÉTRICA**

A energia hidroelétrica é a obtenção de energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico de um rio, tendo como fonte a força da água em movimento [3].

Para isso acontecer são construídas barragens em alguns rios com elevado volume de águas, represando-as e formando um grande reservatório a partir do momento que a água fica contida na barragem. A partir daí enormes turbinas são instaladas nas barragens com certo desnível, assim a água que passa pela barragem vai sair com uma enorme força e movimentar as turbinas as quais transformam essa energia potencial em energia mecânica. Um gerador irá captar essa energia mecânica e transformar em energia elétrica, e a seguir essa energia é transmitida através de redes de transmissão de alta tensão, sendo diminuída depois para média ou baixa tensão para seu uso em empresas ou casas [31].

Esse tipo de fonte de energia tem como vantagens: fonte limpa de energia, preço do seu combustível (água) zero, não emite poluente, é sustentável. E

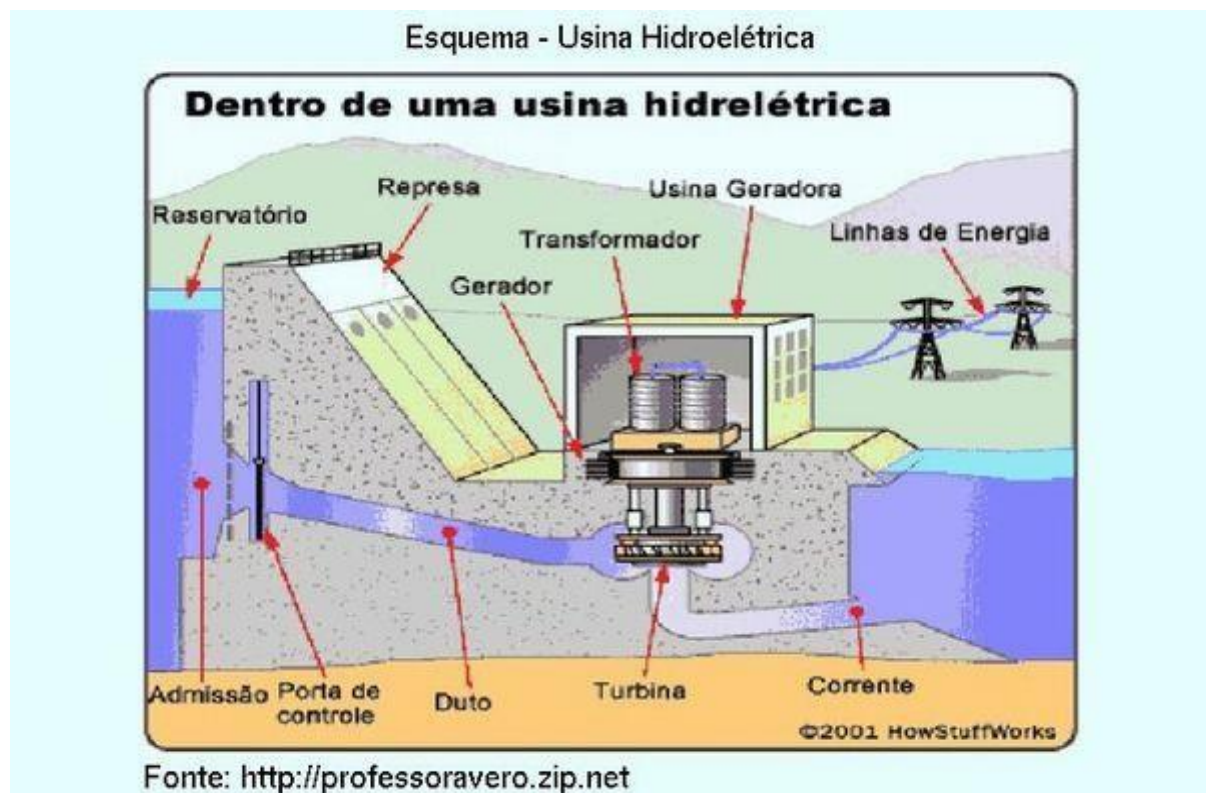
como desvantagens podem-se citar: causa grande impacto ambiental e social para sua introdução, causando problemas à fauna e flora dos locais, deslocamento de populações ribeirinhas e indígenas, alto custo de introdução e de manutenção [3].

No Brasil, ela é a principal fonte de geração de energia, devido ao seu grande potencial hidroelétrico que ele tem e aos seus grandes rios. Sendo assim quase 95% da energia consumida no país é gerada por esse tipo de usina [3].

Recentemente, o país passou e passa por alguns problemas, como uma grande crise hídrica, na qual passou por um grande período de seca e escassez de chuvas, sendo que as origens das águas dos rios brasileiros são basicamente as chuvas. Isso juntamente com uma crise financeira em que o Brasil enfrenta, e com um grande crescimento demográfico que está ocorrendo, aumentou-se o consumo de energia elétrica, porém com esses problemas, essa energia vem ficando cada vez mais cara. As usinas precisam gerar mais energia e produzir cada vez mais, tanto no campo quanto nas fábricas, sendo estimado que se precise de 60% a mais de energia vindas de hidroelétricas ou outras fontes [1].

E nessa necessidade é que novas formas de obtenção de energia estão sendo buscadas e exploradas, visando supri-la.

Figura 3 - Usina Hidrelétrica. Fonte: Como Tudo Funciona 2013



### 2.2.2 ENERGIA SOLAR

A chamada energia solar é basicamente a energia proveniente da luz e calor do sol, sendo considerada uma energia renovável. O sol é um grande produtor de calor e potência e dependendo da forma em que essa energia proveniente dele é capturada ou convertida, é um tipo de energia, que pode ser energia térmica ou energia fotovoltaica [3].

A energia térmica vai ser através de alguns coletores que vão capturar essa energia e calor fornecidos pelo sol e transferir para a água, de modo a aquecê-la, sendo muito utilizada, por exemplo, em chuveiros elétricos e para aquecimento e refrigeração de ambientes. Já a energia fotovoltaica pode ser coletada de duas formas diferentes, através dos painéis fotovoltaicos ou por lâminas, no qual ambos são compostos por um material que tem a capacidade de capturar essa radiação que é liberada pelo sol e através dela, produzir energia elétrica. E a vantagem dela é que pode ser armazenadas através de baterias para que seja utilizada a noite ou em dias em que o sol não aparece [31].

A energia solar apresenta como vantagens ser uma fonte de energia limpa e renovável, não poluindo nem destruindo o meio ambiente, as centrais necessitam de uma baixa manutenção, os painéis solares são cada vez mais potentes e é boa para lugares remotos ou de difícil acesso, dispensa a utilização de geradores e turbinas [28].

Com relação às desvantagens ela possui mudanças na sua produção conforme a variação do clima (chuva, neve), além disso, requer um sistema de armazenagem da energia produzida durante o dia devido à noite não haver produção. Locais com alta nebulosidade não apresentam grande produção, e o custo para introdução dos painéis e da energia como um todo é muito elevado [28].

*Figura 4 - Painéis fotovoltaicos. Fonte: Ecovolts 2014*



### **2.2.3 ENERGIA NUCLEAR**

A energia nuclear é uma energia liberada através de uma reação nuclear, ou seja, ela é liberada através dos núcleos dos átomos, baseada na divisão de átomos de um determinado elemento químico. Ao serem divididos, esses átomos liberam certa energia. Esse elemento normalmente utilizado é o urânio ou plutônio [30].

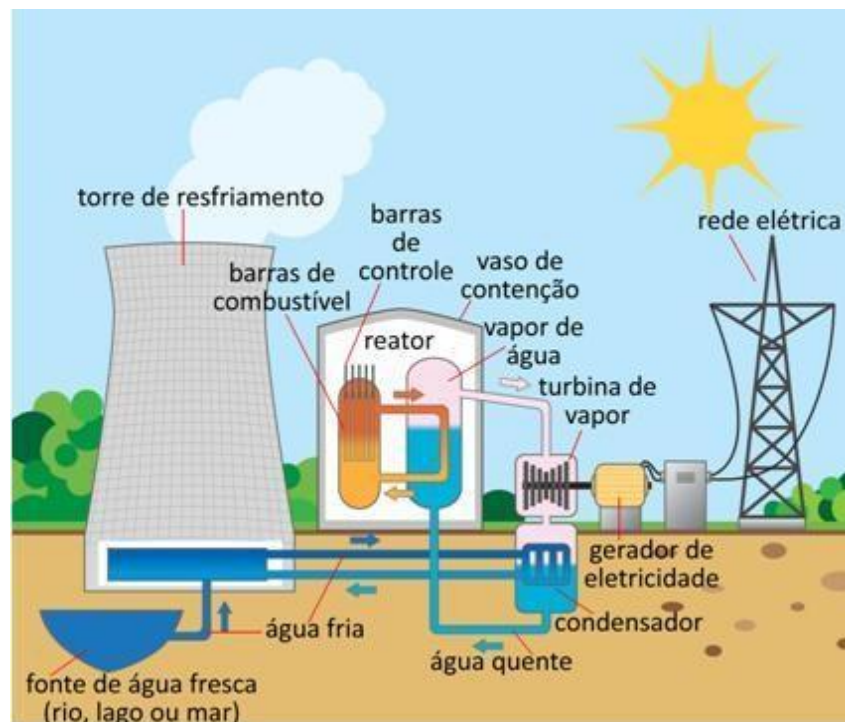
Para se produzir a energia nuclear primeiramente ocorre uma reação chamada fissão, que é a divisão de um núcleo de átomo pesado (urânio, plutônio) em fragmentos, devido a um bombardeamento de nêutrons, o que faz com que libere uma enorme quantidade de energia e vários nêutrons (cisão). Assim, a partir da fissão de um núcleo de um átomo que bombardeia uns contra os outros, ocasiona o rompimento dos núcleos e gera quantidades de energia [31].

Esta é mais uma das formas de gerar energia utilizada no mundo, porém levantou sérias questões ao longo do tempo com relação à sua segurança, devido provocar sérios acidentes ao meio ambiente, como o ocorrido em 1986 com a usina

de Chernobyl, na Ucrânia, devido à liberação de dejetos radioativos que gera grandes danos para a população e o meio ambiente. No Brasil existem duas usinas em funcionamento na cidade de Angra dos Reis, RJ (Angra 1 e 2) [3].

Com relação às vantagens dessa forma de obtenção de energia, pode-se citar que ela não libera gases estufa, independência de fatores climáticos, grande disponibilidade do combustível, exigência de pequena área para construção da usina. Já as desvantagens são: quando comparadas as outras ela é mais cara, o lixo radioativo deve ser armazenado em locais seguros, além dos riscos de acidentes nucleares já citados [30].

*Figura 5 – Como funciona a energia nuclear. Fonte: Tempo Livre 2010*



## 2.2.4 ENERGIA TERMOELÉTRICA

A energia termoelétrica é considerada como toda ou qualquer energia produzida por uma central em que o funcionamento ocorre a partir de uma geração de calor a qual é resultante da queima de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos realizada nas usinas termoelétricas [32].

Uma usina termoelétrica é considerada como um conjunto de equipamentos e obras que tem como finalidade a geração de energia elétrica por um

processo que consiste em três etapas. A primeira é a queima de combustível fóssil como carvão, transformando água em vapor com o calor gerado na combustão. A segunda é a utilização desse vapor gerado, em alta pressão, para girar a turbina e esta vai acionar o gerador elétrico gerando energia elétrica. E na terceira, condensa-se o vapor e transfere o resíduo de sua energia térmica para um circuito que não depende de refrigeração e logo após completa o ciclo retornando a caldeira. A energia gerada é levada através das linhas de transmissão para as cidades [32].

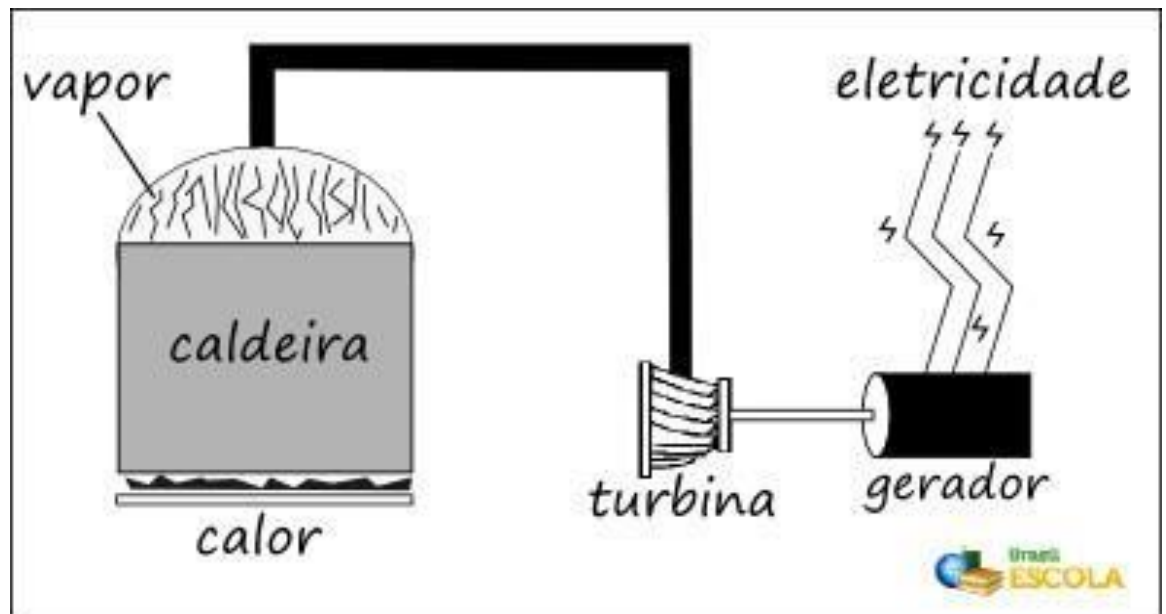
Normalmente são utilizados combustíveis fósseis e não-renováveis como o diesel, carvão mineral, gás natural, gasolina, dentre outros e também de fontes renováveis como a lenha e o bagaço da cana. Ela pode ser usada tanto como por energia mecânica por eletricidade. As usinas nucleares também podem ser consideradas termoelétricas [30].

Um ponto importante a ser considerado nesse tipo de usina é o elevado consumo de água que é feito por elas, gerando algumas críticas nessa forma de produção de energia. A água é utilizada tanto para produzir o calor tanto para alimentar o sistema de refrigeração das turbinas, sendo que a falta dela pode-se tornar também um problema energético [30].

Com relação às vantagens, em comparação com as hidroelétricas elas são bem mais rápidas de se construir, suprimindo a carência de falta de energia mais rapidamente, elas também podem ser construídas em locais próximos dos centros de consumo, o que diminui gastos com as redes de transmissão, e elas também são uma alternativa para países que não possuem outras formas de energia. E falando das desvantagens elas fazem uma grande liberação de poluentes na atmosfera, sendo prejudicial ao meio ambiente e colaborando para o efeito estufa. Outro ponto é o alto custo devido o preço dos combustíveis fósseis, além da questão do consumo de água que já foi abordado [32].

No Brasil, esse tipo de usina é usado mais de forma estratégica, quando ocorre a crise hídrica e falta água. Possuem cerca de 50 usinas, e é muito utilizada por usinas de açúcar e álcool com a queima do bagaço da cana que não era utilizado, suprimindo as necessidades energéticas dessas fábricas.

Figura 5 – Como funciona a energia nuclear. Fonte: Tempo Livre 2010



## 2.2.5 ENERGIA EÓLICA

Energia eólica é denominada como sendo a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Como já comentado ela surgiu antigamente em moinhos para trabalhos mecânicos como bombeamento de água [1].

A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca. Atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo. Em 1991, a Associação Europeia de Energia Eólica estabeleceu como metas a instalação de 4.000 MW de energia eólica na Europa até o ano 2000 e 11.500 MW até o ano 2005. Essas e outras metas estão sendo cumpridas muito antes do esperado (4.000 MW em 1996, 11.500 MW em 2001). As metas atuais são de 40.000 MW na Europa até 2010. Nos Estados Unidos, o parque eólico existente é da ordem de 4.600 MW instalados e com um crescimento anual em torno de 10%. Estima-se que em 2020 o mundo terá 12% da energia gerada pelo vento, com uma capacidade instalada de mais de 1.200GW (GREENPEACE, 2003; WIND FORCE, 2003).

Esse tipo de energia é considerado a energia da atualidade, pois causa um menor impacto ambiental, e ela é basicamente a transformação da energia do vento em uma energia útil. Ela pode ser produzida em qualquer região e se dá



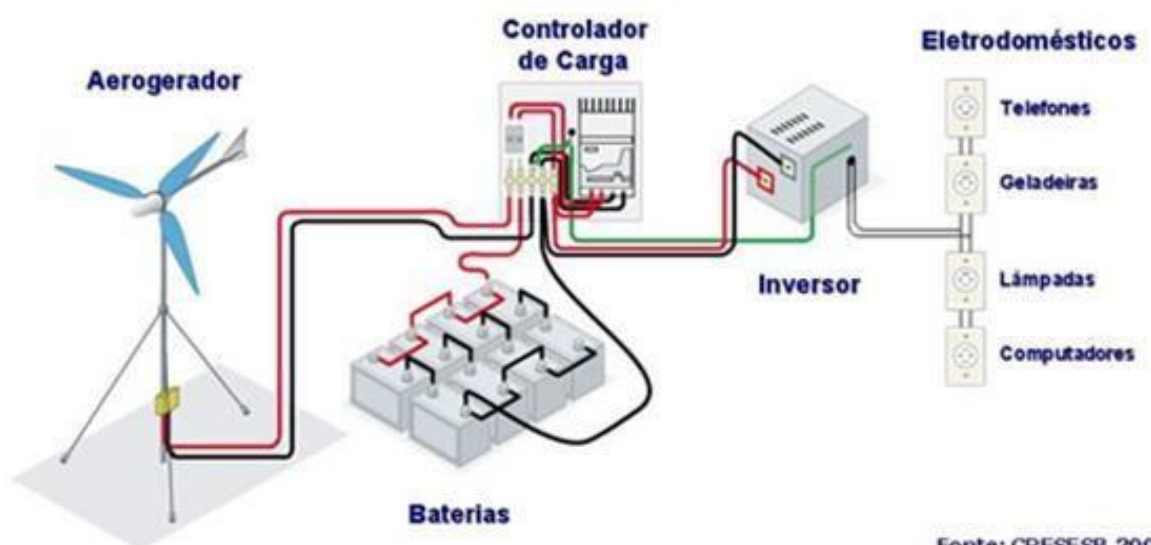
basicamente pela energia do movimento (cinética) das correntes de ar que circulam na atmosfera, e pode ser considerada uma das fontes mais promissoras de energia por ser renovável e auxilia na redução dos gases estufa, se substituir fontes de combustíveis fósseis [9].

Um sistema eólico pode ser utilizado de maneira isolada, a qual vai armazenar energia em baterias como no caso de residências e do projeto que está sendo executado. Pode também ser um sistema integrado à rede, passando a energia diretamente para a rede elétrica e em maior escala, como para fins comerciais [36].

No Brasil, ela pode se tornar importante no futuro, pois não consome água, a qual passa a ser cada vez mais escassa. Já em países com um baixo potencial hidrográfico ela já passa a ter um papel fundamental nos dias atuais [1].

Com relação às vantagens ela é inesgotável, não emite gases poluentes e nem gera resíduos, além de diminuir a emissão de gases estufa, os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno, reduz a dependência em combustíveis fósseis, requer baixa manutenção, é uma das fontes mais baratas de energia e excelente rentabilidade do terreno. As suas desvantagens podem ser a intermitência pois em alguns momentos em que precisa-se de energia o vento pode não soprar, o impacto sonoro causado pelos grandes aerogeradores, o impacto visual e o impacto sobre as aves do local [10].

*Figura 7 – Configuração de um sistema eólico isolado. Fonte: CRESESB 2005*



Fonte: CRESESB, 2005

### 3 VENTO E ENERGIA EÓLICA

O movimento do ar gerado principalmente pelo aquecimento da superfície da Terra nas regiões próximas ao Equador e pelo resfriamento na região dos pólos é chamado de vento. E esse vento é a fonte primária do sistema de energia eólica.

Na superfície terrestre o vento nada mais é do que um movimento em grande quantidade de ar, um fluxo de gases devido a diferenças de pressão atmosférica, sendo classificados de acordo com sua direção e intensidade pelos meteorologistas [10].

A rotação do planeta Terra influencia no vento, o que provoca variações na sua intensidade e direção, dependendo também da topografia local. Esses fatores ainda podem ser influenciados por vários outros, alterando intensidade e velocidade no vento em cada local [11].

A direção do vento indica a direção de onde ele é provido, sendo sua velocidade uma grandeza vetorial. Então, é levada em conta apenas a intensidade da componente horizontal da velocidade do vento devido a turbina eólica utilizada ser de eixo vertical, contanto algumas flutuações são consideradas, onde o nível delas vindo dessas flutuações é chamado de rajada.

Segundo Jervell (2009) os ventos mais fortes ocorrem cerca de 10 km da superfície da Terra, sendo que para utilização de aereogeradores esse espaço é restringido a algumas dezenas de metros. Além disso, vários fatores, como árvores, montanhas, construções civis servem como obstáculo, diminuindo sua velocidade, através também do atrito existente.

**Tabela 1 – Valores típicos de coeficiente de atrito**

| <b>Característica do terreno</b>           | <b>Coef. De atrito (<math>\alpha</math>)</b> |
|--|--|
| <b>Terreno firme, águas calmas</b>         | 0,10   |
| <b>Gramma alta em terreno plano</b>        | 0,15   |
| <b>Plantações e arbustos altos</b>         | 0,20   |
| <b>Florestas e muitas árvores</b>          | 0,25   |
| <b>Vilas com árvores e arbustos</b>        | 0,30   |
| <b>Grandes cidades com edifícios altos</b> | 0,40   |

Fonte: Farret 2010

A energia eólica então é produzida através da força desses ventos, sendo a energia de movimento de correntes de ar que circulam na atmosfera, e é gerada pelo movimento das pás de uma turbina eólica, proveniente da ação do vento. Contudo vários fatores influenciam em cada local em relação à presença desses ventos e suas características, como a localização, presença de barreiras naturais ou artificiais, altitude do local, etc.

O vento gira uma hélice gigante conectada a um gerador que produz eletricidade. Quando vários mecanismos como esse - conhecido como turbina de vento - são ligados a uma central de transmissão de energia, temos uma central eólica. A quantidade de energia produzida por uma turbina varia de acordo com o tamanho das suas hélices e, claro, do regime de ventos na região em que está instalada. E não pense que o ideal é contar simplesmente com ventos fortes. "Além da velocidade dos ventos, é importante que eles sejam regulares, não sofram turbulências e nem estejam sujeitos a fenômenos climáticos como tufões", diz o engenheiro mecânico. (Everaldo Feitosa, 2008)

Para a elaboração do Gerador Eólico de baixo custo primeiramente deve-se analisar os fatores com relação ao vento citados acima, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Assim, para encontrar a máxima velocidade característica do vento  $V_k$  em uma região, é preciso de alguns fatores como a velocidade básica do vento  $V_0$ , sendo essa uma velocidade de uma rajada de 3 segundos, excedida em média uma vez em 50 anos, e os fatores  $S_1$ ,  $S_2$ , e  $S_3$ .

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3 \quad (2)$$

A construção do projeto se dará na cidade de Cornélio Procópio, norte do Paraná, com isso os fatores que são importantes para o desenvolvimento dele como a velocidade média do vento, velocidade máxima, ou seja, sua maior rajada, e rugosidade do terreno, devem ser consideradas para este local. Devem ser levado em conta também forças devido à ação estática e dinâmica do vento para o cálculo de edificações, segundo a norma NBR 6123.

Com o objetivo de se levantar um potencial dos ventos do Paraná, pesquisadores e engenheiros da Copel desenvolveram um atlas eólico do estado em que se instalaram estações de medições de vento em locais com indicativos físicos de ventos fortes, sendo Cornélio Procópio um destes locais. Segundo eles nesta região apresenta uma velocidade média de 5,4 m/s em uma altura de 82m, uma média consideravelmente boa, apresentando maior intensidade em alguns períodos, com alguns picos de te 42 m/s [11].

#### **4 METODOLOGIA**

Como base para o projeto foi feita a leitura de artigos e vídeos relacionados ao tema. A elaboração do dimensionamento da turbina e do perfil de todo o aero gerador foi feita tomando como base todos os dados disponíveis da área urbana de Cornélio Procópio/PR.

A partir de um mapa eólico do estado do Paraná foi extraído dados como a intensidade do vente, sua freqüência e velocidade em cada parte do ano, e com base nele extraímos que a região apresenta uma boa intensidade de ventos, diferindo de algumas regiões do país.

Tomando como base as equações matemáticas utilizadas por Menezes (2012) e utilizando da ajuda do software Excel e suas ferramentas, foi feito o dimensionamento das pás da turbina, assim como utilizando os recursos que foram disponíveis tanto de material utilizado quanto de condições favoráveis e climáticas.

Com os resultados obtidos podem-se modelar as peças e a turbina através do software CAD Solidworks permitindo uma melhor visão sobre suas dimensões e informações ao todo que envolvem o projeto, além das relações de transmissão que o envolvem.

Feito isso, um estudo e uma pesquisa sobre custos e valores de produtos no mercado fez com que fossem calculados os custos envolvidos para a construção e elaboração do projeto.

Materiais utilizados:

- . Livros e artigos específicos sobre energia eólica, geração de energia e todo o tema do trabalho;
- . Notebook;
  - . Sistema operacional: Windows 7 de 32 bits;
  - . Processador: Intel Core i3 2,10 Ghz;
  - . Memória RAM: 4,00 Gb;
- . Internet;
- . Software de planilhas eletrônicas, Excel 2007;
- . Software de modelagem 3D, Solidworks 2013;

## **5 COMPONENTES**

### **5.1 TURBINA**

Um sistema de energia eólica apresenta vários componentes em sua formação, então, iniciando pela turbina, ela será a capaz de captar os ventos que as atingirão fazendo com que elas se movam.

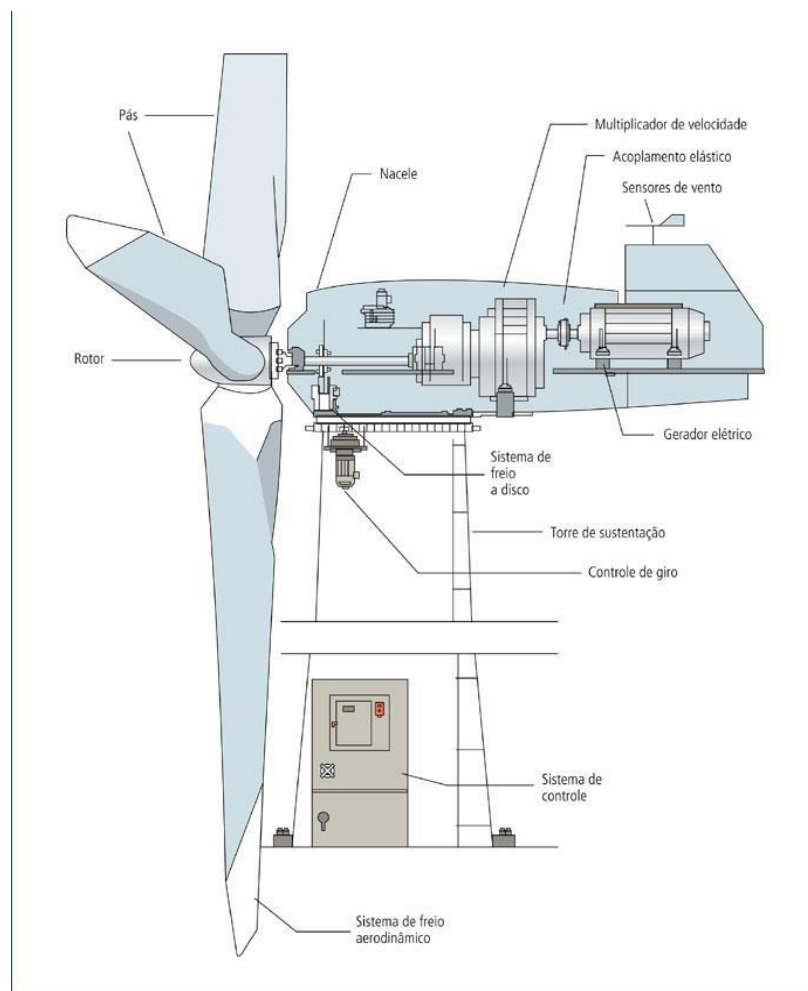
As turbinas eólicas são as responsáveis por captar os ventos e converter a energia cinética fornecida pelo vento em energia mecânica, a qual pode ser usada para várias tarefas específicas como acoplada em um gerador para fornecer energia elétrica. Ela vai funcionar como o inverso de um ventilador, sendo que este usa a eletricidade para fazer ventar, e ela irá usar do vento para produzir eletricidade. Existem essencialmente dois tipos de turbina eólica, as de eixo horizontal e as de eixo vertical [5].

Com o passar do tempo consolidou-se o uso de turbinas eólicas com eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura

não-flexível, portanto ainda existe uma grande discussão e polêmica para alguns fatores como o controle de ângulo de passo das pás (CBEE, 2000).

As primeiras turbinas eólicas apresentavam potências nominais de 10KW a 50 KW, aumentando na época de 1990 para uma faixa de 100KW a 300KW. Esse número foi aumentando até que em 1999 surgiram as primeiras turbinas eólicas de 2MW tendo hoje protótipos de até 4,5MW. Com isso atualmente existem mais de mil turbinas eólicas com potência nominal maior de 1 MW funcionando pelo mundo todo (WIND FORCE, 2003).

**Figura 8 - Turbina eólica. Fonte: UFPE 2003**



### 5.1.1 TURBINAS EÓLICAS DE EIXO HORIZONTAL

As turbinas eólicas de eixo horizontal são do tipo mais comum encontrado e mais utilizado para grande escala devido um maior rendimento que compensa seu

maior custo. Possuem acionamento por forças sustentadoras e são aplicadas nos grandes parques de energia eólica. A grande maioria apresenta três pás, mais podem variar quanto a esse número, sendo que a de uma ou duas pás são mais baratas, mas apresentam uma menor estabilidade da turbina. Nela o gerador precisa estar junto ou próximo da turbina (WIND FORCE, 2003).

*Figura 9 – Turbina Eólica. Fonte: SENGE 2015*



## **5.1.2 TURBINAS EÓLICAS DE EIXO VERTICAL**

Esse tipo de turbina funciona rotacionando em torno de um eixo vertical e são usadas para ter um melhor comportamento com relação a ventos turbulentos, elas emitem baixos níveis de ruídos e são mais apropriadas para áreas urbanas [6]. Apresentam-se de três tipos:

### **5.1.2.1 DARRIEUS**

Esse tipo de turbina possui uma forma semelhante às asas de um helicóptero criando uma força de sustentação para que ela se movimente e gere energia. Essas lâminas de sustentação permitem a turbina alcançar velocidades mais elevadas do que a própria velocidade ideal do vento [33].

Tem como vantagem que o equipamento e o gerador podem ser montados próximos ao chão e não necessita ficar localizada contra o vento. Podem chegar a uma eficiência de até 40%, sendo mais eficientes do que as do tipo Savonius. E como desvantagens apresentam uma difícil montagem devida sua aerodinâmica e problemas na manutenção [33].

*Figura 10 – Turbina de Darrieus. Fonte:REUK 2009*

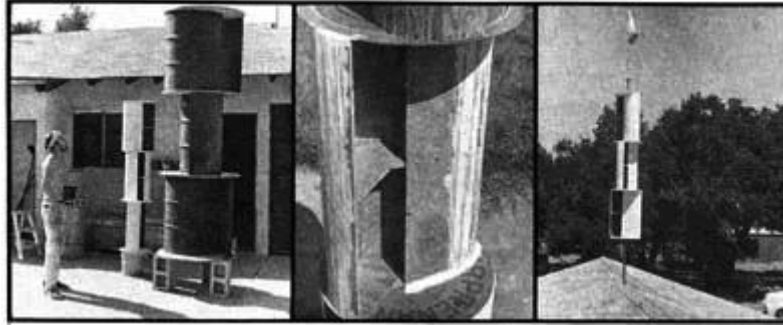


### **5.1.2.2 SAVONIUS**

Inventado em 1922 por Sigurd J. Savonius, no início da década de trinta os aero geradores Savonius eram muito utilizados nas zonas rurais, onde tinham suas melhores aplicações como nos moinhos de vento de fazendas que eram boas fontes de energia. Nessa época, a falta de materiais leves para sua construção limitava suas aplicações, porém se diferenciava pela sua simplicidade de montagem e funcionamento (David Darling, 2000).



Figura 11 - unidade eólica nas antigas fazendas. Fonte: Universidade Santa Cecília, 2006



A turbina Savonius é um tipo de turbina simples de eixo vertical que irá converter a força do vento em torque. Neste tipo de gerador predomina a força de arrasto devido a turbina girar pela pressão do ar que é exercida sobre as placas (FARRET, 2010). Ela se adapta a qualquer direção do vento, sem a necessidade de nenhum mecanismo intervir, apresentando também auto-partida.

A turbina Savonius é uma das turbinas mais simples e baratas, na qual se falando aerodinamicamente, consiste em arrastar um dispositivo formado por duas colheres, o arrasto diferencial faz com que a turbina gire. Apresentam uma eficiência de 20% e é ideal para sistemas em que se preocupa mais com os baixos custos de introdução. Sua aerodinâmica é muito simples e apesar da baixa rotação com relação aos outros tipos de turbinas, ela apresenta elevados torques e pode girar com ventos de baixas velocidades. Desta forma, as turbinas Savonius são mais utilizadas quando o custo é mais importante do que a eficiência [4].

Como informado, este vai ser o tipo de turbina escolhido para o projeto, e para a construção da turbina utiliza-se de um tambor de plástico grande, de 200 litros, o qual pode ser encontrado facilmente em depósitos, e cortá-lo ao meio juntando as partes opostas em uma de suas arestas longitudinais, apresentando um eixo no centro.

Figura 12 - Esquema de incidência dos ventos na turbina. Fonte: Pinto 2013

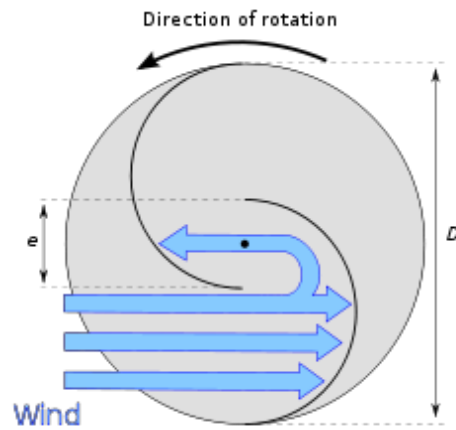


Figura 13 - Turbina feita com tonéis de metal. Fonte: Senso energia 2006



### 5.1.2.3 DARRIEUS-SAVONIUS

Basicamente é um modelo de turbina eólica híbrida nas quais se acoplam os sistemas Darrieus e Savonius em um mesmo eixo para que se usem as vantagens dos dois tipos de turbinas [5].

Figura 14 – Darrieus - Savonius. Fonte: REUK 2009



## 5.2 ESTRUTURA DA TURBINA

O aço, com suas características peculiares, proporcionam diversas vantagens para a construção de estruturas no geral, como resistência, adaptação, qualidade, assim selecionar o tipo correto de aço que mais vai se adaptar à estrutura desejada é muito importante, pois suas diversas propriedades como resistência e dureza, podem influenciar na vida útil de funcionamento de todo o sistema [38]. Além disso, tem seu custo também, o qual para o projeto é de muita importância que este não seja muito elevado.

A estrutura da turbina basicamente é uma estrutura composta por barras metálicas e de aço que envolve a turbina e tem como função a fixação dela ao eixo e a da turbina como um todo ao chão ou ao local em que ela ficará presa, como o muro de uma casa. Além de tudo, ela serve como base de sustentação para toda a turbina e sistema de geração de energia no geral.

## 5.3 ALTERNADOR

Para o sistema de geração de energia é utilizado um alternador automotivo. Ele é um gerador de corrente elétrica, transformando energia mecânica

em elétrica [14]. Esse alternador pode ser encontrado em loja de peças automotivas ou até desmanches de carros usados por preços bem acessíveis.

O alternador funciona através do princípio de indução eletromagnética, aproveitando da atração e repulsão natural de cargas elétricas. Nele a corrente elétrica vai passar pelo rotor e criar um campo eletromagnético, gerando movimento de elétrons no estator, o que gera corrente alternada, e depois de cada giro completo o ciclo vai se repetindo. No caso do alternador automotivo, temos a presença de um retificador e de um regulador de tensão, no qual um irá transformar a corrente alternada em contínua, enquanto o outro vai manter a tensão nos circuitos, fazendo com que a tensão gerada se mantenha nos limites suportados pela bateria e pelo sistema [14].

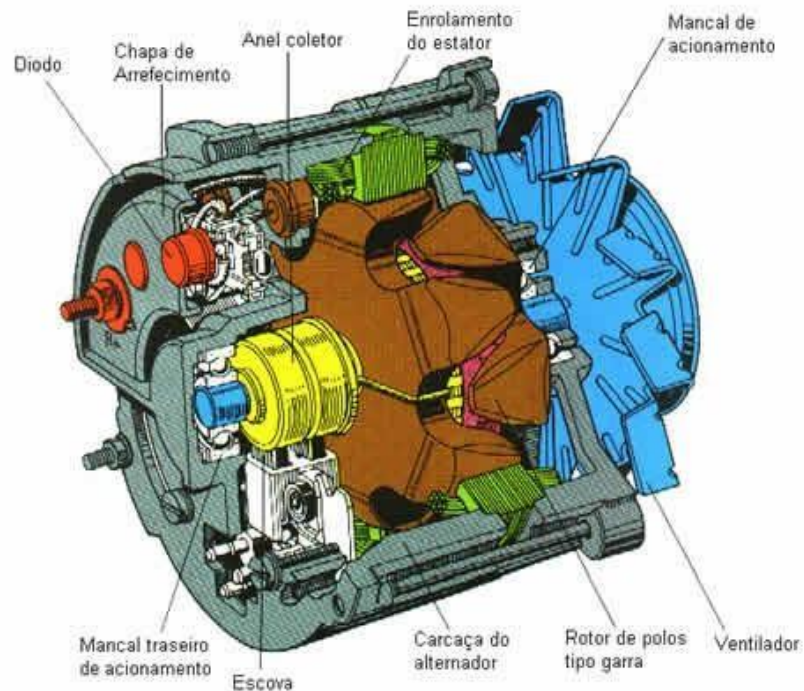
Portanto, o alternador automotivo tem como características gerenciar eletronicamente a tensão produzida e retificar a corrente produzida. Além das partes citadas, ele apresenta algumas outras partes, sendo elas:

Estator – é um conjunto de bobinas fixadas entre si, e gera corrente elétrica;

Rotor – a quantidade de fios da bobina no centro dele é que determina a potência da peça;

Rolamentos – facilitam a rotação do eixo da peça;

Figura 15 - Partes de um alternador. Fonte: Mundo sobre carros 2013



## 5.4 TRANSMISSÃO

Eixos e tubos com seção transversal circular são freqüentemente empregados para transmitir potência gerada por máquinas. Assim dependem da potência gerada na máquina e velocidade angular no eixo. Um sistema de transmissão de potência é a transmissão de força e velocidade de um eixo para outro, divididos em transmissão por contato direto (engrenagens) e por contato indireto (correias) (Rocar 2013).

No sistema de transmissão, primeiro deve se levar em conta as polias as quais estarão presentes uma no alternador, e a segunda fixada no eixo de rotação da turbina.

A polia é uma peça mecânica muito comum em diversas máquinas, utilizada para transferir força e energia cinética. Elas são elementos mecânicos circulares acoplados aos eixos dos motores que podem ser movidos por máquinas e equipamentos [18]. No projeto, as polias terão que ser niveladas para que possa fazer o uso da transmissão por correias entre elas. No projeto haverão duas que são

a do alternador e a escolhida para estar fixada no eixo da turbina é a do tanquinho Colormaq de diâmetro 233mm.

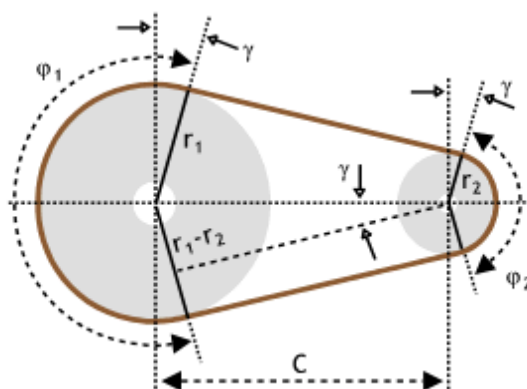
Para o sistema de transmissão da turbina para o alternador, usou-se de uma correia que é interligada do eixo de rotação da turbina para a polia do alternador, transferindo essa rotação e unindo as duas partes do projeto.

Correias são elementos de máquina que transmitem movimento de rotação entre dois eixos (motor e movido) por intermédio de polias [15]. Uma correia nada mais é do que uma cinta de material flexível, normalmente feita de borracha vulcanizada e camadas de lonas que transmite força e movimento de polias, engrenagens ou sistema para outros [16]. É um meio simples e econômico para ser utilizado e com uma vantagem em relação às vibrações do sistema, não passando elas para a polia do alternador, o que não seria bom.

As correias juntamente com as polias são um dos meios de transmissão de movimento mais antigos. Elas são fabricadas de várias formas e com diversos materiais, e são muito utilizadas em várias indústrias, sendo encontrados nos mais variados tipos de equipamentos. Seu grande sucesso se deve à boa economia proporcionada por esta transmissão, além de grande versatilidade e segurança [18].

Para o projeto o tipo selecionado de correia é a plana, que vai transmitir a energia entre os eixos. A polia motora que está acoplada no eixo da turbina irá transmitir a rotação para a polia menor que é a do alternador.

**Figura 16 - Transmissão entre duas polias. Fonte: MSPC 2008**



## 5.5 BATERIAS AUTOMOTIVAS

Depois de gerada a energia pelo alternador, essa energia necessita ser estocada de alguma forma para que depois possa ser utilizada para seus devidos fins, para isso utilizamos de baterias automotivas.

Existem dois tipos de baterias: as recarregáveis e as não-recarregáveis. As baterias recarregáveis são aquelas em que é possível reverter as reações de oxidação-redução dos componentes químicos da bateria para que se possa gerar energia novamente, e as não-recarregáveis, são aquelas onde não é possível reverter essa reação. Para o armazenamento da energia elétrica gerada pela eólica utiliza-se do primeiro tipo, sendo que uma vez que a bateria foi usada pode-se recarregá-la usando o excedente produzido pela turbina [42].

Uma bateria automotiva é um acumulador elétrico que acumula energia sob a forma química e convertendo-a posteriormente em energia elétrica. Essas baterias são compostas por diversas placas de chumbo e óxido de chumbo banhadas com ácido sulfúrico para ter a capacidade de armazenar energia em seu carregamento [42].

*Figura 17 - Bateria. Fonte: Moura 2014*



## 6 MONTAGEM

Para a montagem do projeto primeiramente é cortado um barril de 200L ao meio através de uma serra comum. Feito isso, um lado será preso em oposição

ao outro através de uma de suas arestas longitudinais a uma determinada distância e com a presença de um eixo passando ao meio dessa intersecção e fazendo com que elas fiquem presas nele. Na parte de baixo desse eixo, não necessariamente tão próximo das pás, é fixada a polia sendo que o eixo passe em seu centro fixando-a.

Feita a fixação, é feito o nivelamento da polia do alternador com a polia que está fixada ao eixo da turbina, garantindo que elas fiquem em uma mesma altura e com a distância certa para que possa ser colocada a correia que passará e ligará as duas polias. Com isso é determinado o local que o alternador é fixado e através de fios ele fica interligado a uma ou mais bateria que serão carregadas.

Finalizando, com relação à estrutura as partes de cima e baixo do eixo da turbina vai ficar soldada ou parafusada nas barras que passam por cima e baixo dela horizontalmente e estas a outras verticais formando um quadrados, assim a parte de baixo formando pés é parafusada no local em que ficará fixada toda a estrutura.

*Figura 18 – Fixação da turbina ao alternador. Fonte: Isac Péricles 2014.*



## 7 MANUTENÇÃO

A definição de manutenção quer dizer um conjunto de ações que ajudam no bom e correto funcionamento de algo [35]. Assim, ela faz com que se garanta a confiabilidade e segurança dos equipamentos para que eles possam continuar operando, melhorar a qualidade deles e reduzir os custos da produção sempre evitando desperdícios. Existem três tipos: preventiva, corretiva e preditiva.



A manutenção preventiva é um conjunto de ações e procedimentos, visando manter a máquina em funcionamento. Ela não é feita quando a máquina está com defeito, e sim para prevenir o surgimento de algumas avarias, surge como uma forma de precaução para os problemas [35]. São reparos programados de tempos em tempos ou a cada ciclo por exemplo.

A manutenção corretiva existe para restaurar ou corrigir o funcionamento da máquina, substituir ou consertar peças e componentes que falharam ou se desgastou levando a parada da máquina ou falha de algum componente dela. Ela vai atuar só após ter ocorrido a quebra ou falha[35].

Com relação à manutenção preditiva são um conjunto de ações de controle, como programas especiais (Análise e Medição de Vibrações, Análise de Óleo, etc) que servem para o monitoramento da máquina ou equipamento que está em serviço, garantindo a redução de falhas no funcionamento e desempenho das máquinas. A intervenção sobre um equipamento somente é realizada quando este apresenta uma mudança na sua condição de operação [36].

Em relação à manutenção dos equipamentos utilizados, o projeto em si apresenta uma baixa manutenção, utilizando na maioria das vezes a manutenção preditiva.

Para a turbina savonius como um todo irá se aplicar a manutenção preditiva de rotina, na qual a cada certo tempo ou após tempestades ou ventanias com muita poeira é bom verificar como estão os componentes e prevenir que ocorra quebra ou prejuízos nela, e assim que for aparecer o problema, resolve-lo. Assim, são incluídas tarefas comuns como limpeza das pás e lubrificação do eixo [5].

Para o sistema de transmissão, devem-se sempre notar as imperfeições que podem aparecer nas polias e correias devido ao desgaste, assim aplica-se a manutenção preditiva, atuando na falha, ou trocando esses componentes logo que começar a aparecer defeitos.

Já para o alternador, devem-se conhecer bem os componentes que o forma, para a hora de trocar ou consertá-lo. Para uma rápida inspeção dele, é só utilizar de um multímetro comum, facilmente encontrado, e medir a tensão de saída para o sistema funcionando [19]. Os problemas normalmente que ocorrem são desgaste de escovas, prejudicando o funcionamento correto do alternador, sendo

necessária neste caso a substituição do regulador de tensão, ou de alguma outra parte que apresentar defeito [12].

## 7.1 SEGURANÇA

A segurança do trabalho basicamente é um conjunto de ciências que tem o objetivo de promover a proteção do trabalhador no seu local de trabalho, visando a redução de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. Avaliam situações de risco, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro (Nogueira, 1987).

Em todos os projetos e trabalhos, seja qual for a área de atuação ou a função do operador ou engenheiro, existem as chamadas normas de segurança, as quais são obrigatórias para qualquer empresa, sendo que o não cumprimento delas acarreta a várias penalidades (Nogueira, 1987).

Seguir as normas de segurança do trabalho de uma empresa é fundamental para resguardar os funcionários, evitando acidentes de trabalho e garantindo também a segurança jurídica do negócio. Para evitar problemas por descumprimento das normas, recomenda-se terceirizar esse serviço por uma empresa de qualidade para que o negócio não corra riscos [44].

Como esse é um projeto de uma turbina com gerador, considerados de pequeno porte e inovador, alguns problemas geralmente encontrados em usinas eólicas como exemplo em relação aos ruídos está praticamente descartado para esse projeto, porém, outros perigos devem ser considerados e com isso o uso das normas de segurança.

Por mais que seja um projeto basicamente caseiro, tanto para a construção e montagem, quanto para a manutenção, é necessário o uso de equipamentos de segurança e uso das normas, sendo algumas delas utilizadas [20]:

.NR 06 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI) – os EPIs são todos os equipamentos de uso individual utilizado pelos trabalhadores destinados à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e saúde do trabalho. Alguns equipamentos serão usados, como óculos, máscara de solda, luvas, capacete, etc.

.NR 09 – Programa de prevenção de riscos ambientais – é a norma que atua principalmente com uma ação preventiva realizando uma avaliação e controle de riscos dos agentes ambientais presentes na empresa se sendo físicos, química ou biológica.

.NR 12 – Máquinas e Equipamentos – esta norma estabelece requisitos mínimos para a prevenção de doenças e acidentes de trabalhos nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos e ainda na sua fabricação, comercialização, de forma a prevenir acidentes com o equipamento.

.NR 17 – Ergonomia – estabelece parâmetros para adaptar as condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores. Com o intuito de oferecer um maior conforto e melhores condições de trabalho ao trabalhador, independentemente da função exercida. Por exemplo, para o transporte e manuseio das peças que são utilizadas para a construção.

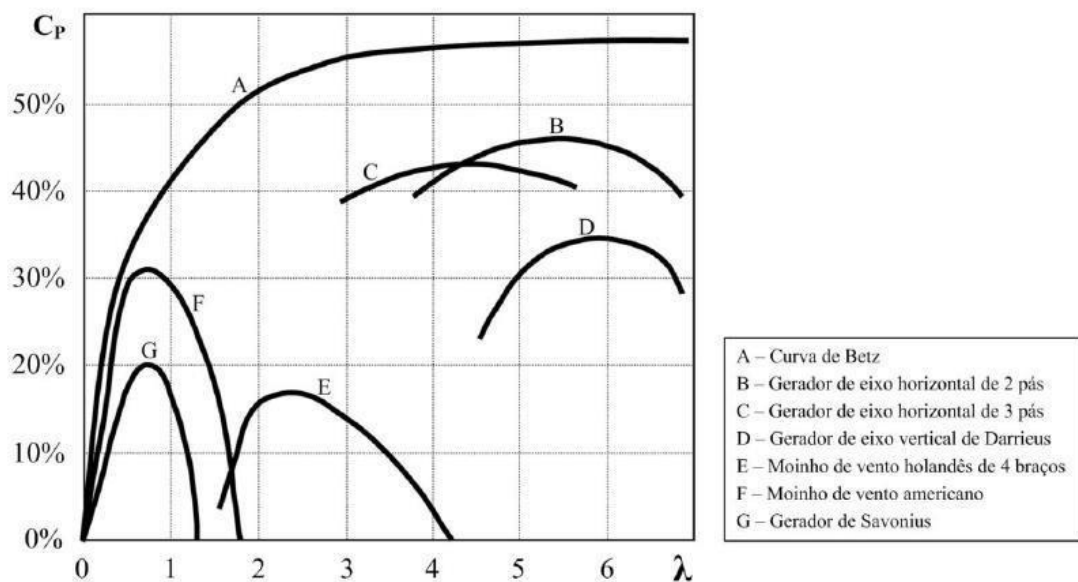
.NR 35 – Trabalho em altura – sendo considerado trabalho em altura qualquer atividade executada acima de 2,00m do nível inferior onde haja risco de queda, ela estabelece as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, organização e execução garantindo a segurança dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade. Para o caso de torres eólicas que apresentam uma grande altura.

## 8 DIMENSIONAMENTO

### 8.1 TURBINA

Figura 19 - Relação entre coeficiente de potência e a razão de velocidade de ponta para diversos tipos de turbinas. Fonte:

Adaptado de Menet



Para a construção e dimensionamento do projeto, primeiro é selecionada a turbina savonius, na qual o tonel de sua construção apresenta 200L com uma altura de 0.9m e diâmetro 0,6m. Com uma distância de 0,145m é encontrado um fator de sobreposição de 0,242, segundo a fórmula:

$$\beta = s/d \quad (3)$$

Depois encontramos o chamado coeficiente de potência, que é uma relação entre a potência extraída pelo vento e a disponível por ele:

$$C_p = (P_{ext}) / (1/2) \rho A V^3 \quad (3.1)$$

Com isso analisa-se a velocidade na ponta da turbina, a qual é relacionada entre a força do vento e a velocidade periférica do rotor:

$$\lambda = (\omega t R_r) / V \quad (3.2)$$

$R_r$ : Raio do rotor;

Devido à superfície de ataque de o rotor savonius ser totalmente preenchida por material, ele apresenta certa desvantagem em potências com

relação aos outros tipos, possui inúmeras vantagens também. Assim calcula-se a potência externa utilizando a densidade do ar, área de superfície das hélices e velocidade do vento:

$$P_{\text{ext}} = ((C_p) A V^3 \rho) / 2 \quad (3.3)$$

Já o torque mecânico é calculado sendo:

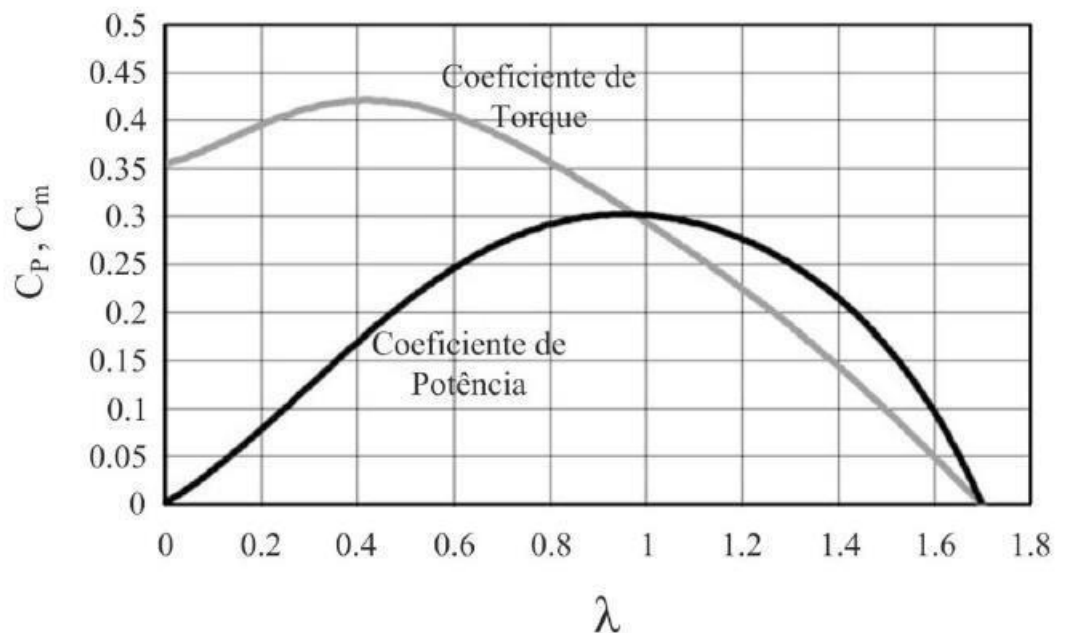
$$T_t = P_{\text{ext}} / \omega t = (\rho A R r V^2 C_t) / 2 \quad (3.4)$$

Após isso o coeficiente de torque já pode ser definido:

$$C_t = C_p / \lambda \quad (3.5)$$

Na qual, segundo Menet, quando  $\lambda = 1$ , é encontrada a maior potência que pode ser extraída.

Figura 20 - Coeficiente de potência e torque em relação a  $\lambda$ . Fonte: Adaptado de Menet



Apesar de que para o valor citado encontramos  $C_p = 0,3$  no gráfico, más utilizaremos o valor de  $C_p = 0,2$  para que os desempenho e resultados obtidos sejam maximizados, se aproximando mais da realidade e do esperado.

Com relação a projetos, a força de arrasto vai ser indispensável de se encontrar, no qual o coeficiente de arrasto é característica do perfil da pá da turbina, sendo o ângulo de incidência desconsiderado devido o vento agir na horizontal.

Assim ela é calculada considerando o escoamento incompressível sobre qualquer corpo:

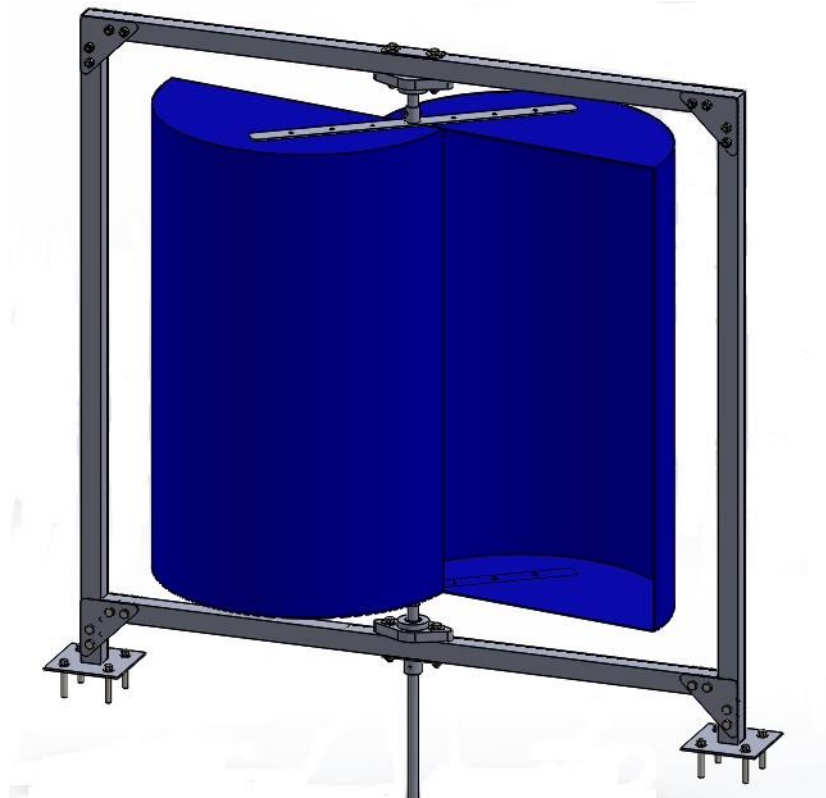
$$F_D = (C_D \rho V^2 A) / 2 \quad (3.6)$$

Segundo Frank M. White, esse valor vai ser aproximado como  $C_D = 2,3$ .

## 8.2 ESTRUTURA

Com relação à estrutura que fica em volta e prende a turbina, ela vai ser composta basicamente por barras metálicas e tubos de aço Metalon. 40x40x4 mm [25], como na figura. Em cada barra horizontal o eixo vai ser apoiado por rolamentos que suportam cargas axiais e radiais que são exercidas pelo peso da turbina e força do vento, e um ao nível do solo que vai servir como base. Como na região de Cornélio Procópio a velocidade máxima do vento atinge cerca de 42m/s [11], a maior força de arrasto chega a 2,36 kN.

Figura 21 - Estrutura da turbina. Fonte: TCC Guilherme Viegas 2014



### 8.3 TRANSMISSÃO

Com o intuito de baixo custo e utilizar alguns equipamentos muitas vezes descartados, para a transmissão da rotação do rotor da turbina até o alternador, é utilizada uma polia utilizadas em máquinas de lavar roupa de raio em torno de  $r = 233$  mm no eixo da turbina e outra sendo a do alternador ( $r = 30$  mm), as quais são interligadas por uma correia plana. A polia maior que é a motora, acoplada ao eixo da turbina irá transmitir força e velocidade, mover a polia menor que é a do alternador (Shigley,8ed) .

$$\omega_1/\omega_2 = d_2/d_1 \quad (4)$$

### 8.4 ALTERNADOR

O alternador será utilizado o de um veículo comum como do Vectra, de quatro pólos o qual a uma rotação mínima em torno de 1000 rpm ele irá carregar 120 Ah por hora na bateria, com uma tensão de 12V a 14,4V. Sendo possível que

faça uma alteração aumentando seus pólos para que utilize uma velocidade menor, mais isso aumenta seu consumo [12].

## 9 RESULTADOS OBTIDOS

### 9.1 TURBINA

Após terem sido selecionados e especificados os equipamentos que foram utilizados, foram feitos o dimensionamento, e dele obtemos alguns resultados para cada peça ou operação realizada, para um rendimento de 20% da turbina savonius como mostrado no mapa. No nosso caso a velocidade média utilizada é a de 5,1 m/s, sendo a máxima de 42 m/s, considerando que acima disso a variação desse rendimento vai ser pouca e assim desprezível.

**Tabela 2 – Valores de potência e torque da turbina para diferentes velocidades do vento**

| Número de Tonéis | 1             |            |
|------------------|---------------|------------|
| V (m/s)          | $P_{ext}$ (W) | $T_t$ (Nm) |
| 2                | 0,93          | 0,54       |
| 5.1              | 15,43         | 3,55       |
| 9                | 84,77         | 11,04      |
| 12               | 200,95        | 19,26      |
| 15               | 392,48        | 30,66      |

Fonte: TCC Guilherme Viegas 2013

Lembrando que quanto maior a velocidade angular, menos a vida útil do rolamento do rotor, então considerando  $\lambda=1$  temos:



**Tabela 3 – Velocidade angular**

| Velocidade do vento |       |
|---------------------|-------|
| (m/s)               | (rpm) |
| 8                   | 148.6 |
| 10                  | 185.7 |
| 43                  | 805.1 |

Fonte: Olo

## 9.2 ESTRUTURA

Para um vento de velocidade máxima 42 m/s, a máxima força que ele irá exercer sobre a estrutura da turbina é de 2,36 kN. Podendo ela suportar cargas um pouco maiores do que a tingida, mais para locais onde essa força aumenta muito, deve ser repensado o tipo de material a ser usado nessa estrutura.

## 9.3 ALTERNADOR

O alternador automotivo necessita de velocidades relativamente altas, se comparadas às geradas pela turbina. Na tabela abaixo há uma relação entre o número de pólos, a frequência e a velocidade de um gerador:

**Tabela 4 – Relação entre número de polos, frequência e a velocidade de um gerador**

| Número de Pólos | 25Hz     | 50Hz     | 60Hz     |
|-----------------|----------|----------|----------|
| 2               | 1500 RPM | 3000 RPM | 3600 RPM |
| 4               | 750      | 1500     | 1800     |
| 6               | 500      | 1000     | 1200     |
| 8               | 375      | 750      | 900      |
| 10              | 300      | 600      | 720      |
| 12              | 250      | 500      | 600      |
| 14              | 214      | 428      | 514      |
| 16              | 187,5    | 375      | 450      |






Fonte: Nova Energia

Portanto, o alternador deverá ter no mínimo 8 pólos com uma rotação mínima de 375 rpm, para gerar energia em 25 hz. No nosso caso, considerando

um vento de 20 m/s e utilizando uma relação de transmissão entre as polias, obtemos uma velocidade de aproximadamente 2300 rpm na polia do alternador. E para um alternador de 120 Ah gerará uma potência de aproximadamente 1440 w.

Figura 22 – Consumo dos aparelhos eletrônicos. Fonte: jcnet 2016

### CONSUMO MÉDIO MENSAL DOS PRINCIPAIS APARELHOS

| Aparelho eletrônico                     |    | Potência média (watts) | Média Uso/Dia | Consumo (kwh) médio mensal |
|---|---|------------------------|---------------|----------------------------|
| Aparelho de Som                         |   | 20                     | 4 horas       | 2,40                       |
| Aparelho de DVD                         |   | 20                     | 2 horas       | 0,24                       |
| Aparelho de som 3 em 1                  |   | 95                     | 3 horas       | 6,60                       |
| Aquecedor de ambiente                   |   | 1.000                  | 8 horas       | 193,40                     |
| Ar condicionado (janela) até 9.000 BTU  |   | 900                    | 8 horas       | 128,8                      |
| Ar condicionado (janela) até 14.000 BTU |   | 1300                   | 8 horas       | 181,6                      |
| Ar condicionado (split) até 10.000 BTU  |   | 1.400                  | 8 horas       | 142,28                     |
| Ar condicionado (split) até 15.000 BTU  |   | 1.800                  | 8 horas       | 193,76                     |
| Ar condicionado (split) até 20.000 BTU  |   | 2.800                  | 8 horas       | 293,68                     |
| Ar condicionado (split) até 30.000 BTU  |   | 3.600                  | 8 horas       | 439,20                     |
| Aspirador de pó                         |   | 1.000                  | 20 min        | 10,00                      |
| Boiler elétrico                         |  | 1.500                  | 2 horas       | 90,00                      |
| Bomba d'água                            |   | 300                    | 30 min        | 4,50                       |
| Cafeteira elétrica                      |   | 1.000                  | 1 hora        | 30,00                      |
| Chuveiro elétrico                       |   | 3.500                  | 40 min        | 70,00                      |
| Computador                              |   | 300                    | 8 horas       | 15,12                      |
| Ferro elétrico automático               |   | 1.000                  | 1 hora        | 12,00                      |
| Freezer                                 |  | 400                    | 10 horas      | 120,00                     |
| Forno a resistência                     |   | 1.500                  | 1 hora        | 45,00                      |
| Forno microondas                        |   | 1.300                  | 20 min        | 13,00                      |
| Geladeira (1 porta)                     |   | 200                    | 10 horas      | 60,00                      |
| Geladeira (2 portas)                    |   | 300                    | 10 horas      | 90,00                      |
| Lavadora de louças                      |   | 1.500                  | 40 min        | 30,00                      |
| Lavadora de roupas                      |  | 1.500                  | 30 min        | 9,00                       |
| Secadora de roupas                      |   | 3.500                  | 1 hora        | 42,00                      |
| Torneira elétrica                       |   | 3.500                  | 30 min        | 52,50                      |
| Ventilador                              |   | 100                    | 8 horas       | 24,00                      |
| Lâmpada                                 |   | 100                    | 5 horas       | 15,00                      |
| TV (20")                                |   | 90                     | 5 horas       | 13,50                      |
| TV (14")                                |   | 60                     | 5 horas       | 9,00                       |
| TV LCD (42")                            |  | 150                    | 5 horas       | 200,00                     |
| Torradeira                              |   | 800                    | 10 min        | 4,00                       |

115175

## 9.4 CUSTOS

**Tabela 5 – Relação de preços dos componentes**

| Equipamento   | Quantidade | Preço por unidade (R\$) |
|---|------------|-------------------------|
| Tonel de plástico   | 1          | 70,00                   |
| Barra metalon 6 m   | 1          | 75,00                   |
| Eixo retificado de 20 mm de diâmetro e 2,5 m de comprimento | 1          | 75,00                   |
| Mancal UFCL com rolamento para eixo de 20 mm                | 3          | 30,00                   |
| Parafuso sextavado M10x80 mm                                | 28         | 1,50                    |
| Parafuso sextavado M8x30 mm                                 | 12         | 2,00                    |
| Parafuso sextavado M5                                       | 3          | 2,00                    |
| Polia do tanquinho Colormaq 233 mm                          | 1          | 10,00                   |
| Correia lisa  | 1          | 20,00                   |
| Alternador 120 Ah usado                                     | 1          | 400,00                  |
| Fio 15 mm   | 6(m)       | 10,00                   |
| Bateria 150 Ah  | 1          | 400,00                  |
| Soldagem e usinagem   |            | 200,00                  |

Fonte: Autoria própria

Com exceção do alternador e da bateria em que foram utilizados valores de produtos seminovos, os demais valores são para os componentes novos, somando um total de R\$1422,00, sendo que estes custos serão diminuídos ao utilizarmos outros componentes usados ou reciclados também, como o barril de plástico, polias, etc.

## 10 CONCLUSÃO

Este projeto teve como objetivo criar um modelo de turbina eólica de eixo vertical que seja capaz de fornecer certa potência que vai auxiliar no fornecimento de energia elétrica para uma referente propriedade urbana no município de Cornélio Procópio/PR.

Foram abordados alguns conceitos fundamentais em relação à energia eólica e geração de energia, tomando como base a intensidade do vento na região indicada, sendo que os resultados de modelagem permitiram a compreensão das forças atuantes sobre o sistema e a transformação de energia cinética em energia mecânica, e daí para energia elétrica.

Com isso, o sistema eólico de baixo custo atendeu às necessidades iniciais do projeto, no qual utilizando de materiais de baixo custo e alguns conceitos diferentes, fez com que tivéssemos uma economia com relação à energia elétrica de uma propriedade, mantendo alguns aparelhos eletrônicos funcionando por um bom tempo.

A turbina apresenta uma composição modular, o que permite um fácil transporte e montagem da mesma, o que demonstra polivalência.

A utilização de equipamentos muitas vezes descartados, reciclados ou apenas usados apresentou um baixo custo de requisição para o gerador eólico. Então esse sistema é um meio barato e muito prático para gerar energia, claro que muitas vezes as condições não são favoráveis ou não é possível fazer a utilização dele, mas, em muitos lugares, como em pequenos sítios onde ainda não tem energia ou ela é muito cara, seria esse uma boa opção para que isso aconteça e melhore sem dúvida nenhuma a qualidade de vida deste local. E claro que também em residências para que se possam manter alguns aparelhos eletrônicos funcionando, gerando numa economia de energia.

## 11 REFERÊNCIAS

[1] Kuhn, Thomas Samuel. **Energia Eólica no Brasil**. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-brasil/>>. Acesso em: 05 setembro 2015.

[2] Ventura, Altino. **Energia elétrica no Brasil: Contexto atual e perspectivas**. Disponível em: <<http://interessenacional.uol.com.br/index.php/edicoes-revista/energia-eletrica-no-brasil-contexto-atual-e-perspectivas/>>. Acesso em: 15 setembro 2015.

[3] Eletrobrás. **Como a energia elétrica é gerada no Brasil**. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/natrilhadaenergia/energia-eletrica/main.asp?View=%7B61D475A6-BBFC-41CE-98E3-2BA4FD90DB2F%7D>>. Acesso em: 15 setembro 2015.

[4] Ôlo, Carlos Davi Vaz. **Projecto de uma turbina savonius com utilização de componentes em fim-de-vida**. Disponível em: <[http://run.unl.pt/bitstream/10362/8876/1/Olo\\_2012.pdf](http://run.unl.pt/bitstream/10362/8876/1/Olo_2012.pdf)>. Acesso em: 16 setembro 2015.

[5] Kuhn, Thomas Samuel. **Aerogerador de eixo vertical**. Disponível em: <<https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/gerador-eolico-de-eixo-vertical/>>. Acesso em 18 setembro 2015.

[6] Garcia, Sérgio Boscato. **Aspectos de desenvolvimento de turbina eólica de eixo vertical**. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/2006/2006-3-conem.pdf>>. Acesso em: 30 setembro 2015.

[7] Braga, Newton. **Como funciona o alternador**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/artigos/51-automotivos/709-como-funciona-os-alternadores-art094.html>>. Acesso em: 06 outubro 2015.

[8] Lopes, Artur Louback. **Como funciona a energia eólica?** Disponível em: <[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/educacao/conteudo\\_224740.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/educacao/conteudo_224740.shtml)>. Acesso em: 06 abril 2016.

- [9] Faria, Caroline. **Energia Eólica.** Disponível em: <<http://www.infoescola.com/tecnologia/energia-eolica/>>. Acesso em: 07 abril 2016.
- [10] Cide, Professor. **Energia gerada pelos ventos.** Disponível em: <<http://profcide.blogspot.com.br/2010/10/energia-gerada-pelos-ventos.html>>. Acesso em: 10 abril 2016.
- [11] Schultz, Dario J. **Atlas Eólico do Paraná.** Disponível em: <<http://www.porthuseventos.com.br/site/eventos/2009/eventobioenergia.com.br/congresso/br/tecnica/DarioSchultz.pdf>>. Acesso em: 15 abril 2016.
- [12] Dias, Anderson. **Componentes e Funcionamento dos Alternadores para Motores de Automóveis.** Disponível em: <<http://www.carrosinfoco.com.br/carros/2015/07/componentes-e-funcionamento-dos-alternadores-para-motores-de-automoveis/>>. Acesso em: 15 abril 2016.
- [13] Marketing Digital, Fizzy. **Componentes do alternador.** Disponível em: <<http://www.dinamicarpneus.com.br/alternador-automotivo/>>. Acesso em: 16 abril 2016.
- [14] Indústria Hoje, Redação. **O que é um alternador automotivo?** Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/o-que-e-um-alternador-automotivo>>. Acesso em: 16 abril 2016.
- [15] Collucci, Anthony. **Correias o que são?** Disponível em: <<http://amcollucci.com.br/2013/08/13/correias-o-que-sao/>>. Acesso em: 18 abril 2016.
- [16] Universal, Correias. **Correias de transmissão.** Disponível em: <<http://www.correiasuniversal.com.br/correias-transmissao>>. Acesso em: 18 abril 2016.
- [17] Mademil. **A Polia.** Disponível em: <<http://www.mademil.com.br/empresa/a-polia>>. Acesso em: 25 abril 2016.

- [18] Eletromecânica, Essel. **Polias e Correias**. Disponível em: <<http://www.essel.com.br/cursos/material/01/Manutencao/23manu2.pdf>>. Acesso em: 22 abril 2016.
- [19] Silva, RCS. **Multímetro**. Disponível em: <<http://interessante-211.blogspot.com.br/2013/07/multimetro.html>>. Acesso em: 22 abril 2016.
- [20] Portal Tributário. **Normas Regulamentadoras – Segurança e saúde do trabalho**. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nrs.htm>>. Acesso em: 04 maio 2016.
- [21] Monteiro, Marcele Medeiros. **Fontes de Energia Renováveis**. Disponível em: <[http://www.solar.coppe.ufrj.br/eolica/eol\\_txt.htm](http://www.solar.coppe.ufrj.br/eolica/eol_txt.htm)>. Acesso em: 04 maio 2016.
- [22] Merlin, Victor Luiz. **Generalidades sobre energia eólica**. Disponível em: <[http://www.engenheirosassociados.com.br/artigos/generalidade\\_energia\\_eolica.php](http://www.engenheirosassociados.com.br/artigos/generalidade_energia_eolica.php)>. Acesso em: 04 maio 2016.
- [23] Nova Energia. **Alternador automotivo em uma turbina eólica**. Disponível em: <<http://www.novaenergia.net/forum/viewtopic.php?f=79&t=8127>>. Acesso em 05 maio 2016.
- [24] Nova Energia. **Bobinamento de geradores**. Disponível em: <<http://www.novaenergia.net/forum/viewtopic.php?f=27&t=8273>>. Acesso em: 05 maio 2016.
- [25] Vegas, Guilherme Barrozo. **Sistema Eólico de Movimentação e Aquecimento de Água para Piscinas – SEMA**. Cornélio Procópio: UTFPR, 2014.
- [26] Milléo, Edifrancis Proença. **Gerador Eólico de Baixo Custo**. Disponível em: <<http://meuprofessordefisica.com/outros/arquivos%20Projeto%20Petrobras/12.%20003%20-%20Gerador%20eolico%20de%20baixo%20custo.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

[27] Solar, Portal. **Energia Solar no Brasil**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 05 maio 2016.

[28] Energia, Portal. **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar**. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>> Acesso em: 05 maio 2016.

[29] Boris, Fausto. **Energia Nuclear**. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/cienciastecnologia/energia\\_nuclear.htm](http://www.suapesquisa.com/cienciastecnologia/energia_nuclear.htm)>. Acesso em: 05 maio 2016.

[30] Santiago, Emerson. **Energia Nuclear**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/energia-nuclear/>>. Acesso em: 05 maio 2016.

[31] São Francisco, Portal. **Fontes Alternativas de Energia**. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/fontes-alternativas-de-energia/fontes-alternativas-de-energia.php>>. Acesso em: 06 maio 2016.

[32] Geradora. **O que é Energia Termelétrica**. Disponível em: <<http://www.ageradora.com.br/o-que-e-energia-termeletrica/>>. Acesso em: 06 maio 2016.

[33] Veiga, Marcelo. **Darrieus**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/electrorenovavel/darrieus>>. Acesso em: 06 maio 2016.

[34] CIMM, Portal. **O que é manutenção preditiva**. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/595-manutencao-preditiva>>. Acesso em: 06 maio 2016.

[35] Cabral, Paulo. **O que é manutenção**. Disponível em: <<http://www.significados.com.br/manutencao/>>. Acesso em: 06 maio 2016.

[35] ANEEL, Agência nacional de energia elétrica. **Energia eólica**. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: 12 julho 2016.



[36] Casa dos ventos. **Energia eólica**. Disponível em: <<http://casadosventos.com.br/pt/energia-dos-ventos/energia-eolica>>. Acesso em: 24 julho 2016.

[37] Einstein, Albert Instituto de pesquisa. **Energia elétrica**. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/energia-eletrica.htm>>. Acesso em: 15 agosto 2016.

[38] Costa, Fábio Gomes. **Importância dos projetos nas obras em Estruturas metálicas**. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/importancia-dos-projetos-nas-obras-em-estruturas-metalicas>>. Acesso em: 18 agosto 2016.

[39] Alves, Alison. **Projeto de geração de energia eólica**. Disponível em: <<http://cursos.unisanta.br/mecanica/polari/energiaeolica-tcc.pdf>>. Acesso em: 25 agosto 2016.

[40] Filho, Flávio de Marco. **Elementos de transmissão flexíveis**. Disponível em: <[http://www.graduacao.mecanica.ufrj.br/pdf/Elementos\\_de\\_Transmissao\\_Flexiveis\\_2009-4.pdf](http://www.graduacao.mecanica.ufrj.br/pdf/Elementos_de_Transmissao_Flexiveis_2009-4.pdf)>. Acesso em: 03 setembro 2016.

[41] Lino, Paulo Sérgio Costa. **Polias, correias e transmissão de potência**. Disponível em: <<http://blogdaengenharia.com/wp-content/uploads/2013/05/PoliaseCorreias.pdf>>. Acesso em: 05 setembro 2016.

[42] Faria, Caroline. **Armazenamento da energia elétrica**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/energia/armazenamento-da-energia-eletrica-energia-eolica/>>. Acesso em: 15 setembro 2016.

[43] SST. **Normas CLT e a segurança no trabalho**. Disponível em: <<http://blog.sst.com.br/normas-clt-e-seguranca-trabalho/>>. Acesso em: 20 setembro 2016.

[44] SSt. **Entenda mais sobre as normas de segurança no trabalho**. Disponível em:

<<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjfgsGlqebPAhVFFJAKHapKDuAQFghUMAk&url=http%3A%3A>

[blog.sst.com.br/?tenda-mais-sobre-as-normas-de-seguranca-do-trabalho%2F&usq=AFQjCNHOXFLdSbZsilHCHCuT-N2fntyxfw&bvm=bv.135974163,d.Y2l](http://blog.sst.com.br/?tenda-mais-sobre-as-normas-de-seguranca-do-trabalho%2F&usq=AFQjCNHOXFLdSbZsilHCHCuT-N2fntyxfw&bvm=bv.135974163,d.Y2l)>. Acesso em: 22 setembro 2016.

[45] SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p

[46] PINTO, Milton de Oliveira. **Fundamentos de energia eólica**. Rio de Janeiro, RJ: LTC. 2013.