



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**FACULDADE DE FÍSICA**

**FÁBIO ANDRÉ PENA MOURÃO**

**Conceitos de Física a partir de Energia Eólica: Uma  
proposta de ensino para Educação de Jovens e adultos**

Belém/PA

2019

**FÁBIO ANDRÉ PENA MOURÃO**

**Conceitos de Física a partir de Energia Eólica: Uma proposta de ensino para Educação de Jovens e adultos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como pré-requisito para obtenção do título de Licenciado em Física pela Universidade Federal do Pará - UFPA submetido à aprovação da banca examinadora.

Belém/PA

2019



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE FÍSICA

ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO –  
TCC

Ata da sessão de apresentação e defesa de Trabalho de Conclusão de Curso para concessão de grau de Licenciado(a) Pleno(a) em Física, realizado às 16:00h do dia 19 de Dezembro de 2019, no Auditório do Laboratório de Física - Ensino, cuja orientação teve início em 11 de Junho de 2019 sendo intitulada: "**CONCEITOS DE FÍSICA A PARTIR DE ENERGIA EÓLICA: UMA PROPOSTA DE ENSINO PARA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS**", contendo 43 páginas, que foi apresentado durante 30 minutos pelo(a) discente **Fabio André Pena Mourão**, matrícula Nº 201608140047 diante da banca examinadora aprovada pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará, assim constituída: Prof. Dr. *Rubens Silva* (Orientador - UFPA), Prof. MSc. *Breno Felipe Ferreira da Silva* (MNPEF- UFPA), e Profa. *Karoline Braga Aldenas* (MNPEF- UFPA). Em seguida o(a) mesmo(a) foi submetido à arguição, tendo demonstrado conhecimentos no tema objeto da proposta de TCC, favorecendo à banca examinadora apresentar contribuições para melhoras no desenvolvimento e decidir pelo conceito BOM do mesmo, bem como conceder o prazo máximo de 15 dias para serem efetuadas as modificações sugeridas pela banca, se for o caso, e em seguida a mesma será assinada por todos os membros. Para constar foram lavrados os termos da presente ata que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da banca examinadora e do(a) DISCENTE.

ORIENTADOR: \_\_\_\_\_

EXAMINADOR1: \_\_\_\_\_

EXAMINADOR 2: Karoline Braga Aldenas

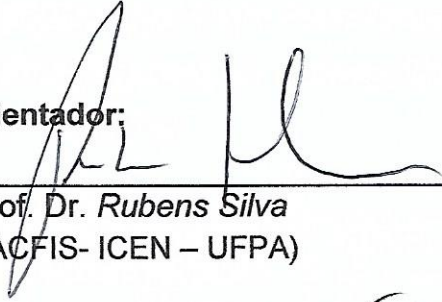
DISCENTE: Fabio A. Pena Mourão

# FABIO ANDRÉ PENA MOURÃO

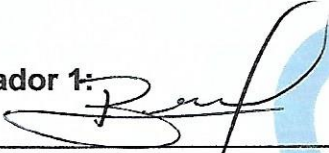
## "CONCEITOS DE FÍSICA A PARTIR DE ENERGIA EÓLICA: UMA PROPOSTA DE ENSINO PARA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS"

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de Licenciado Pleno em Física pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Pará, submetida à apreciação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:


Orientador:

  
Prof. Dr. Rubens Silva  
(FACFIS- ICEN – UFPA)

Examinador 1:

  
Prof. MSc. Breno Felipe Ferreira da Silva  
(MNPEF- ICEN - UFPA)

Examinador 2:

  
Profa. Karoline Braga Aldenas  
(MNPEF- ICEN - UFPA)

Belém, 19 de Dezembro de 2019.

# DEDICATÓRIA

*“Com grande satisfação, dedico este trabalho à Deus, a minha família que sempre me apoiou, a minha noiva que me ajudou em todos os momentos e aos meus amigos de curso”.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, sou grato ao Senhor e Salvador da minha vida Jesus Cristo. Não conseguiria realizar meus objetivos sem Ele.

À minha família que sempre me apoiou nos estudos.

À minha mãe que me ama e me dá suporte nos momentos de maiores dificuldades da minha vida.

Ao meu pai que me ensinou a importância do trabalho na vida do homem.

À minha noiva que nesse último ano apareceu na minha vida e me deu a alegria que faltava, e me ajudou no momento que pensei ser impossível escrever meu TCC.

A todos meus colegas de curso que me ajudaram a dar mais esse passo.

Ao meu Orientador Professor Rubens Silva que deu o suporte necessário para realização desse trabalho.

Ao professor Francisco Xavier que me ajudou na realização das aulas durante o segundo semestre desse ano.

Ao Centro de Ciências e Planetário do Pará, local onde estagiei nos últimos 2 (dois) anos, que me fez olhar a Ciência por novas perspectivas, e assim abranger meu conhecimento.

Ao Programa Residência Pedagógica que me proporcionou viver a docência antes da minha formação.

## LISTA DE FIGURA

Figura 1: Mecanismo de formação dos ventos .....	14
Figura 2: Aerogerador de eixo vertical.....	15
Figura 3: Componentes do aerogerador.....	16
Figura 4: Primeiro aerogerador do arquipélago Fernando de Noronha.....	18
Figura 5: Torque .....	22
Figura 6: Sistema de duas polias ligadas por corrente.....	23
Figura 7: (a) Caixa multiplicadora de duas fases da classe de potência de 200 a 500 kW (b) caixa multiplicadora da classe de potência 2 a 3 MW.....	24
Figura 8: Forma geométrica G atravessada por um fluido com velocidade (v) .....	25
Figura 9: Aerogerador de baixo custo, e na esquerda ventilador para simular o vento..	28
Figura 10: Multímetro registrando 1.57V (D.D.P) gerada pelo aerogerador .....	28
Figura 11: Multímetro registrando a passagem de 1.84V no circuito do aerogerador ...	29
Figura 12: Multímetro registrando 2.01V, voltagem máxima produzida por esse aerogerador de baixo custo .....	30

## **LISTA DE SIGLAS**

CBE	Conselho Básico de Educação
CNE	Conselho Nacional de Educação
EJA	Educação de Jovens e Adultos
LDB	Leis de Diretrizes e Bases
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica



## **RESUMO**

O trabalho proposto possibilitou a aplicação de uma metodologia que aproveita a vivência de alunos, da educação de jovens e adultos (EJA), de maneira a transcender o método conteudista, levando o aluno a refletir sobre questões mais profundas referentes a energias alternativas e renováveis, particularmente a energia eólica. Além de temas relacionados, como o meio ambiente, geração e uso de energia. Os alunos dessa modalidade de ensino, em sua maioria, costumam ter dificuldades na compreensão da Física que, no geral, é ensinada de forma densa e cansativa, por na maioria das vezes ser enfatizado apenas as fórmulas. Como a EJA é constituída por alunos de diferentes faixas etárias, e com diversos níveis cognitivos de aprendizado, trabalhou-se em sala de aula os conceitos da Física que estão envolvidos no processo de transformação da Energia Eólica em Energia Elétrica, além da construção de um aerogerador de baixo custo que auxiliou os alunos a relacionarem o cotidiano aos conceitos da Física.

**Palavras Chaves:** Educação de jovens e adultos, Energia Eólica, Ensino de Física.

## **ABSTRACT**

The proposed work allowed the application of a methodology that takes advantage of the student's experience, at the youth and adult education (EJA), in order to transcend the traditional method, leading the student to reflect on deeper questions regarding alternative and renewable energies, specifically the wind energy. In addition to related topics, such as the environment, generation and use of energy. Students in this type of teaching, most of them, often have difficulty understanding Physics, which is generally taught in a dense and tiring way, because most of the time only the formulas are emphasized. As EJA is constituted of students from different age, and with different cognitive levels of learning, the concepts of physics that are involved in the process of transforming wind energy into electric energy were worked in the classroom, besides the construction of a low cost wind generator that helped students to relate daily life to the concepts of physics.

**Key Words:** Young and Adult Education, Wind Energy, Physics Teaching.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
CAPÍTULO 1 – ENSINO DE FÍSICA NA EJA .....	11
1.1 Ensino de Física na Educação de jovens e adultos.....	11
CAPÍTULO 2 – ENERGIA EÓLICA .....	12
2.1 Histórico .....	12
2.2 Fundamentos da Energia Eólica .....	12
2.3 O que é energia eólica?.....	13
2.4 Como se da à formação dos ventos?.....	13
2.5 Aerogerador de eixo horizontal .....	14
2.6 Impactos ambientais provocados pela energia eólica.....	17
2.7 Parques eólicos no Brasil.....	17
2.8 Utilização de energia eólica para geração de energia elétrica.....	18
2.9 Potência de vento extraída por um Aerogerador .....	19
CAPÍTULO 3 – A FÍSICA DA ENERGIA EÓLICA.....	20
3.1 Conceitos físicos na Energia eólica .....	20
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA .....	27
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	31
CONCLUSÕES .....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35
ANEXO .....	39

## INTRODUÇÃO

A Lei de diretrizes e bases da educação nacional, (Lei N° 9394/96, cap. II, seção V, art. 37) diz que a educação de jovens e adultos é uma modalidade de ensino destinado aos cidadãos que não tiveram acesso a formação regular ou que não puderam concluir o ensino fundamental ou médio na idade recomendada.

Em termos de acesso a essa modalidade, a legislação educacional define que a idade mínima para o ingresso nos cursos de educação de jovens e adultos e a participação nos exames supletivos é de 15 anos completos para o ensino fundamental e de 18 para o ensino médio (LDB, art. 38).

Segundo Pierro (2010, p. 942) “conforme a constituição federal de 1988, no seu artigo 208: o dever do estado com a educação será efetivado mediante a garantia de: Ensino fundamental obrigatório e gratuito para todos aqueles que não tiveram acesso na idade própria”. “Em junho de 2010, o CNE reviu sua posição nas novas Diretrizes Operacionais para a EJA, em que, entre outras definições, as idades mínimas de ingresso nas etapas do ensino fundamental e médio da EJA foram fixadas em 15 e 18 anos” (PIERRO, 2010, p. 951).

Para Arruda (2014, p. 13) os alunos da EJA, apresentam diversas potencialidades e limitações, e desenvolver métodos diferentes de ensino é uma maneira de enriquecer o aprendizado. Esse tipo de prática permite um processo de aprendizagem mais significativo em uma disciplina que embora esteja relacionada ao cotidiano dos alunos, muitas vezes é ensinada de maneira formal como um aglomerado de conceitos e fórmulas que parece estar em uma realidade diferente, dificultando a aproximação entre o aluno e a disciplina.

De acordo com Muenchen (2007, p. 5)

Considera-se que as altas taxas de evasão estejam relacionadas à utilização de material inadequado para a faixa etária, aos conteúdos sem significado, às metodologias utilizadas por professores despreparados para trabalhar com esta modalidade de educação e aos horários de aula que não respeitam a rotina daqueles que trabalham e estudam.

O ensino de física agregado ao cotidiano é uma forte ferramenta de incentivo aos estudantes de EJA, visto que, objetiva relacionar aspectos comuns na rotina dos alunos ao conteúdo de física, estimulando-os a não abandonarem os estudos. “Um dos papéis mais importantes e essenciais do educador é o de estimulador” (ARRUDA, 2014, p. 23). Mostrando ao discente que Física é muito mais do que fórmulas e enunciados.

Krummenauer et. al. (2010, p. 70) relata que “segundo o parecer 11 do CBE, documento que regulamenta as diretrizes curriculares nacionais para a educação de jovens e

adultos aprovado em dez de maio de 2000, a EJA tem função de reparar, equalizar e qualificar os alunos dessa modalidade de ensino”.

Para Pierro et. al. (2001, p. 58) “a educação de jovens e adultos é um campo de práticas e reflexões que transbordam o ensino clássico, pois envolvem diversas áreas da vida do aluno o qual traz uma experiência consigo”. Podendo fazê-lo refletir acerca de qualificação profissional, desenvolvimento comunitário, formação política e cultural do indivíduo.

“Trata-se, de fato, de um campo pedagógico fronteiriço, que bem poderia ser aproveitado como terreno fértil para a inovação prática e teórica” (PIERRO et. al., 2001, p. 58). Logo, o ensino de Física contextualizando com o cotidiano dos alunos, torna-se uma importante ferramenta no entendimento que o aluno passa a ter sobre a Física.

Os índices de analfabetos apontam para elevados números de evasão escolar no Brasil, e com isso diversos alunos acabam terminando seus estudos muito depois do considerado padrão, que é em torno dos 17 anos de idade. Para suprir essas pessoas, o EJA pretende de modo dinâmico engajar os alunos atrasados no meio acadêmico, e podendo até reatar sonhos considerados perdidos.

O trabalho tem como objetivo despertar o interesse de jovens e adultos no aprendizado de Física, e estimular esses alunos para ingressarem no meio acadêmico. E especificamente conectar a vivência do aluno com a Física que está presente no cotidiano de todos.

Para abranger os conceitos físicos que envolvem a energia eólica, os capítulos a seguir relatam como ocorre a transformação da energia mecânica dos ventos em energia elétrica. Além de abordar os métodos relacionados com a aplicação desse ensino para uma turma EJA.

## CAPÍTULO 1 – ENSINO DE FÍSICA NA EJA

### 1.1 Ensino de Física na Educação de jovens e adultos

Abranger um público diferenciado, requer um método de trabalho diferenciado, e por meio desse trabalho, conseguimos abordar em sala assuntos relacionados à Física com o cotidiano dos alunos, em grande parte composto por adultos. Ao compactuar conceitos físicos com a rotina deles, percebemos melhor aprendizado dos assuntos, no caso do trabalho em questão, desenvolvemos uma abordagem sobre fontes de energia renováveis, enfatizando a energia eólica e seus princípios físicos.

De acordo com Krummenauer et. al. (2010, p. 70)

Ensinar Física na Educação de Jovens e Adultos (EJA) requer estratégias diferenciadas das utilizadas no ensino regular, pois além das características peculiares dos estudantes dessa modalidade, o período de tempo disponível é muito reduzido, havendo também a necessidade de revisar conhecimentos básicos do Ensino Fundamental.

Para Sato (2017, p. 1)

Nas aulas de Física, além dessas dificuldades, perceberam-se outros fatores que poderiam contribuir para o baixo desempenho escolar: falta de interesse, motivação e concentração para os estudos; atitudes de indisciplina, como conversas paralelas; utilização de aparelhos eletrônicos em sala de aula, sem autorização do professor; e saídas desnecessárias da sala de aula. Assim, o autor justifica a necessidade de contribuir por meio de um método alternativo às aulas tradicionais para a melhoria da qualidade no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Krummenauer et. al., (2010, p. 70) os alunos da EJA carregam consigo muitas experiências de vida, com diversos conhecimentos empíricos. Portanto, faz-se necessário ensinar Física na EJA através de uma metodologia diferenciada partindo do cotidiano do aluno, do que ele tem a seu alcance.

“Eles chegam em sala de aula na condição de não crianças, excluídos do processo de escolarização no tempo normal” (FREITAS; JÚNIOR, 2010, p. 6). Para Silva et. al. (2004, p. 1) o professor deve considerar o aluno aprendiz com toda sua visão de mundo, bagagem de vida e compreender as peculiaridades no modo de aprender de cada um.

De acordo com Silva et. al. (2004, p. 2)

Diante das demandas impostas pela sociedade atual, outro desafio se coloca para os educadores de jovens e adultos: não reduzir a alfabetização apenas ao “saber ler e escrever”, mas, principalmente, saber usar a leitura e a escrita em diferentes contextos, com diferentes objetivos interlocutores.

Para Soares (2006, p. 21) o educador da EJA, tem que identificar as necessidades dos seus alunos os quais trazem diversas experiências de vida, buscando diversificar o método de ensino, que no caso da Física visa o ensino por experimentação, fazendo o aluno colocar a “mão na massa”, participando ativamente do processo de aprendizagem. E relacionar a Física com a geração de energia, como se pode ler nos próximos capítulos.

## CAPÍTULO 2 – ENERGIA EÓLICA

### 2.1 Histórico

O ser humano busca a cada dia obter êxitos e satisfazer aquilo que almeja, e não é diferente quando o tema abordado é geração de energia. No decorrer do Capítulo 2, o foco é a Energia eólica, fonte de energia muito importante na sociedade pós moderna. E essa construção tecnológica não ocorreu de um dia para o outro, levou séculos para atingir o nível que se tem atualmente.

Segundo Martins et. al. (2008, p. 2)

A mais de 3000 anos, a sociedade já fazia uso da conversão da energia cinética dos ventos em energia mecânica para satisfazer suas necessidades. Uma das suas primeiras aplicações foi em utilizar moinhos movidos a vento em atividades agrícolas para o bombeamento de água para irrigação ou consumo e até mesmo para a moagem de grãos. Outra forma do aproveitamento do vento foi no desbravamento das expedições marítimas em busca de descobrir novos horizontes com embarcações a vela.

As diferentes formas de geração de energia elétrica são comumente abordadas no século XXI, entre elas está a energia eólica. Com o decorrer da história o homem vem buscando maneiras de gerar energia, e nos últimos séculos houve grande aceleração no processo de obtenção de energia. Fatores como energia sustentável e fontes renováveis de energia tornaram-se cada vez mais pertinentes em nosso meio social.

O planeta Terra tem grandes reservas de combustíveis fósseis, mas como demoram milhões de anos para se recompor na natureza, acabam por não ser fontes renováveis de energia. Com a revolução industrial no séc. XVIII, houve um impulso enorme na produção e consumo de energia no mundo, então se fez necessário o uso em grande escala dos combustíveis fósseis, e ainda se faz necessário o uso de energia renovável e com poucos impactos ao meio ambiente.

No Brasil, a maior fonte de energia elétrica é oriunda das usinas hidrelétricas que é uma fonte renovável, entretanto gera grandes impactos ao meio ambiente, então se faz necessário uma fonte que não cause um impacto grande ao meio ambiente, e entra em questão a energia eólica com seus parques eólicos que obtêm energia elétrica a partir da energia cinética dos ventos.

### 2.2 Fundamentos da Energia Eólica

De acordo com Dutra (2017, p. 6)

A energia eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Uma estimativa da energia total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que, aproximadamente, 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos. Este percentual, embora pareça pequeno, representa centena de vezes a potência anual instalada nas centrais elétricas do mundo.

Literalmente, a vida no Planeta Terra depende do Sol, e a energia eólica não é diferente. Tudo começa nessa estrela que nos dá vida, e todo esse processo para converter a energia eólica em energia elétrica será descrito no decorrer desse capítulo.

### **2.3 O que é energia eólica?**

A radiação solar causa na superfície terrestre zonas de diferentes pressões e temperaturas. Isso ocasiona as massas de ar que são estudadas pelo meteorologista, embora pareça simples, existem detalhes que precisam ser abordados para melhor esclarecimento da Energia eólica.

A energia está integrada no cotidiano das pessoas, “seu campo possui uma total diversidade, que pode ir desde a simples realização de um movimento, ou até mesmo a ignição de um motor” (BREITENBACH, 2016, p. 12). Com grandes parques ao redor do globo terrestre, a energia eólica teve uma grande evolução nas últimas décadas tanto em quantidade de watts gerados como no tamanho dos Aerogeradores, que são enormes construções as quais convertem energia cinética dos ventos em energia elétrica.

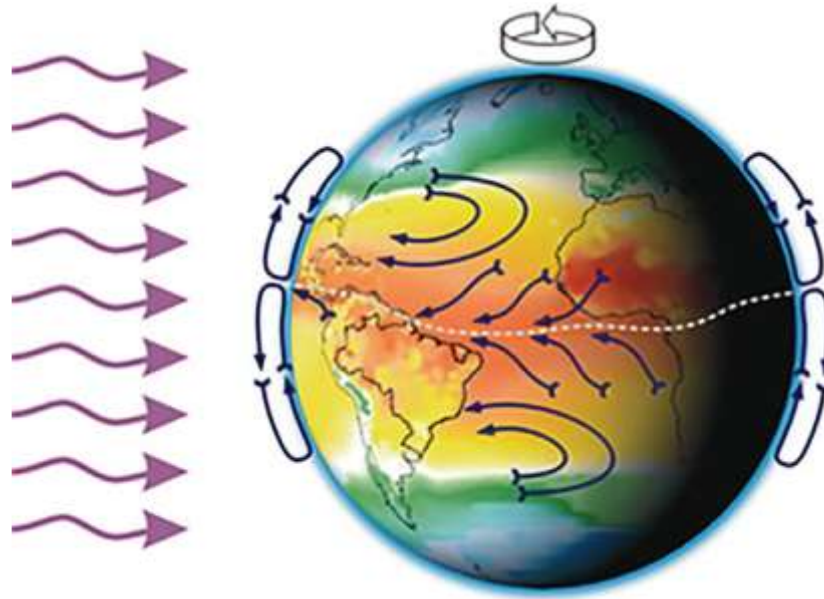
A energia eólica se forma quando uma certa quantidade de energia cinética do vento é convertida em energia elétrica, fazendo com que haja um torque nas hélices dos Aerogeradores. Em consequência disso ocorrem perdas de energia no decorrer do processo de conversão da energia, principalmente pelo atrito das hélices com o rotor do Aerogerador entre outros fatores que formam uma resistência calculada na extração parcial da potência total da energia cinética dos ventos.

### **2.4 Como se dá a formação dos ventos?**

Todo o processo começa no Sol, no interior solar ocorrem sucessivas reações nucleares que ocasionam em emissões de radiação no espaço ao redor da estrela. Essa radiação viaja pelo espaço e chega na Terra, ocasionando zonas de diferentes pressões e temperaturas, como mostra a Figura 1 abaixo.



Figura 1: Mecanismo de formação dos ventos



Fonte: Picolo et. al. (2014)

Miyashiro (2013, p. 27) retrata que

Os sistemas de conversão à energia eólica exploram a energia contida na movimentação das massas de ar atmosféricas que são causadas pelo aquecimento da superfície terrestre pelos raios solares. Eles aproveitam a energia cinética dos ventos para movimentar turbinas eólicas que por sua vez movimentarão os geradores de energia. Após sua instalação, apresentam um grande benefício no setor econômico além de diminuir impactos na flora e na fauna que são causados devido a utilização de recursos fósseis.

A Terra está na zona de alcance dessa radiação, mas para nossa sorte existe um campo magnético ao redor da Terra que protege a vida no planeta, e em adição ao campo existe uma atmosfera na Terra, composta em grande parte por gás carbônico, mas parte da radiação solar penetra as camadas da atmosfera chegando ao solo. Isso gera uma consequência na pressão do ar, zonas de diferentes temperaturas e pressões interagem entre si formando as massas de ar atmosféricas, no meio desse processo temos a formação dos ventos, que é algo que não vemos mas sentimos constantemente.

E Lavoisier diz que nada na natureza se perde ou finda, tudo se transforma, portanto o ser humano inventou uma máquina capaz de extrair potência dos ventos, como descrito acima nem sempre foi sofisticada e teve o nome que tem hoje, mas com a evolução das máquinas e a informatização do conhecimento, essa máquina que se chama Aerogerador teve grande evolução nas últimas décadas.

## 2.5 Aerogerador de eixo horizontal

Antes de entender o aerogerador de eixo horizontal, deve-se conhecer o outro modelo de aerogerador que está presente no mundo desde a época dos Babilônios. O aerogerador de eixo vertical, surgiu quando o homem teve necessidade de utilizar a energia mecânica para

suas atividades agrícolas. Para Batista (2013, p. 4) com o passar dos séculos o equipamento foi sendo aperfeiçoado, e no fim do século XIX, com a evolução dos estudos sobre eletricidade, os aerogeradores começaram a ser utilizados na transformação da energia eólica em energia elétrica. O exemplo da Figura 2 mostra o aerogerador de eixo vertical.

De acordo com Silva (2014, p. 14)

Os rotores de eixo vertical possuem a vantagem de não necessitarem de alinhamento com o vento, pois não possuem mecanismos de acompanhamento para variações da direção do vento, o que reduz a complexidade do projeto. Existem componentes do gerador, próximas do chão, o que facilita a montagem e manutenção, exigindo uma menor resistência estrutural do poste.

Figura 2: Aerogerador de eixo vertical



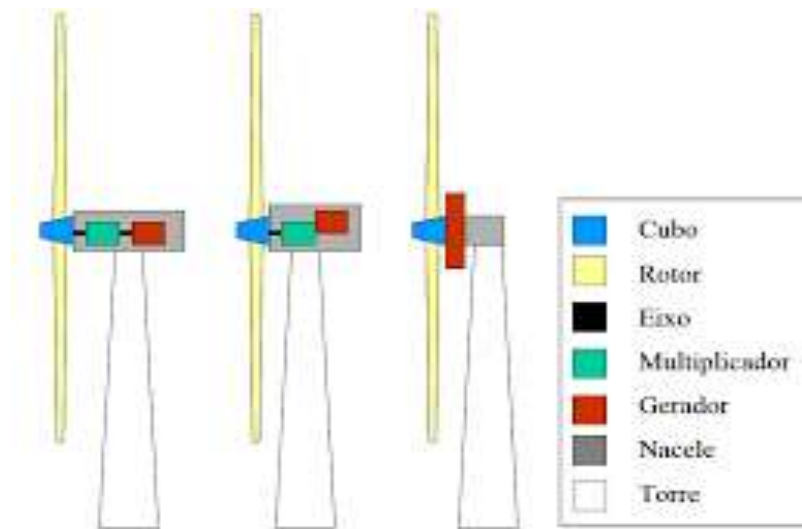
Fonte: Silva, 2014

O Aerogerador moderno possui diversos componentes que atuam em conjunto para reduzir os danos ambientais e para extrair maiores quantidades de potência do vento. “Com o avanço da rede elétrica, foram feitas, também no início do século XX, várias pesquisas para o aproveitamento da energia eólica em geração de grandes blocos de energia” (DUTRA, 2017, p. 10).

De acordo com Dutra (2017, p. 31)

Os aerogeradores de eixo horizontal são diferenciados pelo tamanho e formato da nacele, pela presença ou não de uma caixa multiplicadora e pelo tipo de gerador utilizado (convencional ou multipolos). A seguir são apresentados os principais componentes do aerogerador que são, de uma forma geral, a torre, a nacele e o rotor.

Figura 3: Componentes do aerogerador



Fonte: Cresesb, 2017

“A Nacela é a carcaça montada sobre a torre, onde se situam o gerador, a caixa de engrenagens (quando utilizada), todo o sistema de controle, medição do vento e motores para rotação do sistema para o melhor posicionamento em relação ao vento” (DUTRA, 2017, p. 32).

Segundo Dutra (2017, p. 32)

As pás são perfis aerodinâmicos responsáveis pela interação com o vento, convertendo parte de sua energia cinética em trabalho mecânico. Inicialmente fabricadas em alumínio, atualmente são fabricadas em fibras de vidro reforçadas com epoxi. Nos aerogeradores que usam controle de velocidade por passo, a pá dispõe de rolamentos em sua base para que possa girar, modificando assim seu ângulo de ataque.

As pás são deixadas fixas por meio de flanges na estrutura de metal a frente do aerogerador, denominada cubo o qual é feito de aço ou liga com resistência alta. Dutra (2017, p. 33) diz que por se tratar de uma peça mecânica de alta resistência, o cubo é feito de tal maneira que, quando sai da fábrica, este apresenta-se como peça única e compacta, viabilizando que, mesmo para os aerogeradores de porte grande, seu transporte seja realizado sem a necessidade de montagens no local onde o aerogerador ficará.

“O eixo é o responsável pelo acoplamento do cubo ao gerador, fazendo a transferência da energia mecânica da turbina. É construído em aço ou liga metálica de alta resistência” (DUTRA, 2017, p. 34).

Percebe-se a importância de cada peça do aerogerador, o movimento captado pelas pás é transmitido por meio do Eixo para a Caixa multiplicadora, e em seguida para o Gerador de energia, equipamento que fica dentro da Nacela.

“O projeto tradicional de uma turbina eólica consiste em colocar a caixa de transmissão mecânica entre o rotor e o gerador, de forma a adaptar a baixa velocidade do rotor à velocidade de rotação mais elevada dos geradores convencionais” (DUTRA, 2017, P. 34).

Segundo Dutra (2017, p. 35)

Mais recentemente, alguns fabricantes desenvolveram com sucesso aerogeradores sem a caixa multiplicadora e abandonaram a forma tradicional de construí-los. Assim, ao invés de utilizar a caixa de engrenagens com alta relação de transmissão, necessária para alcançar a elevada rotação dos geradores, utilizam-se geradores multipolos de baixa velocidade e grandes dimensões.

Dutra (2017, p. 35) afirma que ambos projetos possuem pontos positivos e negativos, e que a escolha depende do fabricante. Para Dutra (2017, p. 35) a transformação da energia mecânica de rotação em energia elétrica por meio de equipamentos de conversão eletromecânica é algo bem estabelecido na tecnologia que existe no mundo atualmente.

A parte de sustentação dos aerogeradores, fica por conta da Torre, sua principal função é estrutural.

Segundo Dutra (2017, p. 37)

Inicialmente, as turbinas utilizavam torres de metal treliçado. Com o uso de geradores com potências cada vez maiores, as naceles passaram a sustentar um peso muito elevado tanto do gerador quanto das pás. Desta forma, para dar maior mobilidade e segurança para sustentar toda a nacela em alturas cada vez maiores, tem-se utilizado torres de metal tubular ou de concreto que podem ser sustentadas ou não por cabos tensores.

## **2.6 Impactos ambientais provocados pela energia eólica**

De acordo com Breitenbach (2016, p. 34)

Empreendimentos eólicos são classificados como uma geração de baixo potencial poluidor, como é descrito no caput da Resolução N<sup>o</sup>: 462/2014, [...] os empreendimentos de energia eólica se apresentam como empreendimentos de baixo potencial poluidor e tem um papel imprescindível na contribuição para uma matriz energética nacional mais limpa. Segundo a mesma resolução, no artigo 3<sup>o</sup>, será o órgão licenciador que enquadrará o empreendimento quanto ao impacto ambiental.

Basicamente os impactos mais relevantes são referentes ao sombreamento do solo, causado pela estrutura do aerogerador. E em relação ao som emitido pelas pás ao girar, podem vir a causar efeitos colaterais em certos tipos de morcegos, deixando-os desorientados espacialmente. Já os pássaros podem ser afetados, caso os aerogeradores sejam colocados na rota de migração de certas espécies, causando a morte no momento da colisão entre o animal e as pás.

## **2.7 Parques eólicos no Brasil**

Um parque eólico é formado por um conjunto de aerogeradores conectados em paralelo, distribuídos ao longo de uma área e destinados a produção de energia elétrica. Custódio (2009, apud Zanchettin 2012, p. 42) “a disposição dos aerogeradores depende das características do terreno, da rosa dos ventos e da interferência que um aerogerador pode provocar sob o outro”.

Segundo Alves (2014, p. 167) o início da experiência brasileira com sensores especiais para medir o potencial eólico no país foi em 1990, com os centros de medição localizados no Ceará e em Fernando de Noronha. Nos últimos anos o Brasil apresentou crescimento significativo no setor de energia eólica. A região brasileira com maior potencial eólico é o Nordeste, pois tem localização geograficamente privilegiada devido as massas de ar que vêm do oceano atlântico, os conhecidos ventos alíseos.

De acordo com Melo (2013, p. 126)

O ano 2012 foi marcado pela comemoração da inserção de 2 GW de potência instalada de energia eólica no sistema elétrico nacional, de forma que o Brasil encerra o ano 2012 com 2,5 GW de potência eólica instalada e 2% de participação na matriz elétrica brasileira.

Figura 4: Primeiro aerogerador do arquipélago Fernando de Noronha



Fonte: Sovernigo, 2009

O incentivo ao desenvolvimento da energia eólica no Brasil iniciou-se em 2002, por meio do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa).

Segundo Melo (2013, p. 126)

O potencial eólico brasileiro é estimado em 300 GW, possuindo alta relevância em face da necessidade de aumento da capacidade instalada nacional. Em condições normais de PIB, o país contrata, por ano, cerca de 6 GW de potência nos leilões de energia nova e o potencial eólico disponível deve ser explorado para atender essa demanda.

## **2.8 Utilização de energia eólica para geração de energia elétrica**

Por ser considerada fonte de energia “limpa”, a energia eólica tem crescido em potência e a produção de aerogeradores é uma marca que comprova o crescimento dessa energia. Extraindo energia cinética do vento, os aerogeradores se conectam a rede de energia elétrica e distribuem grandes quantidades de Watts para as cidades.

De acordo com Soares (2012, p. 1)

A geração de energia eólica tem se tornado cada vez mais uma alternativa viável para a geração de energia elétrica em larga escala. A interconexão destes sistemas de geração à rede elétrica requer a utilização de um conversor eletrônico, responsável por permitir que a energia gerada, a tensão e frequência variáveis, seja transmitida à rede elétrica dentro de critérios de qualidade da energia cada vez mais restritivos.

Soares (2012, p. 1) propõe que a matriz energética mundial deva ser a mais limpa possível, diminuindo a quantidade de energia proveniente dos combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão. Utilizando-se cada vez mais de fontes renováveis de energia, como a eólica, biomassa, solar, geotérmica, energia das marés. E em especial no Brasil a energia eólica tem grande potencial para geração de energia elétrica, mas esse potencial ainda não foi bem explorado, tendo as regiões Norte e Nordeste com os maiores potenciais eólicos.

## **2.9 Potência de vento extraída por um Aerogerador**

Apesar das turbinas eólicas terem evoluído ao longo dos últimos anos, ainda hoje apresentam perdas no momento de conversão da energia cinética do vento em energia mecânica. Martins et. al. (2008, p. 8) diz que “através das turbinas eólicas, a energia cinética contida no vento é convertida em energia mecânica pelo giro das pás do rotor e transformada em energia elétrica pelo gerador”. As turbinas eólicas se encontram colocadas na camada superficial da atmosfera terrestre, utilizando a energia eólica em uma grande faixa de alturas. A equação 1 mostra o quanto de potência é extraída do vento, sendo que  $A$  é a área varrida pelas pás,  $\rho$  é o fator de resistência do ar, e  $v$  é a velocidade do vento.

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3 \quad \text{eq.[1]}$$

No processo de conversão da energia cinética do vento em energia mecânica ocorrem perdas de energia, em geral essas perdas ocorrem em decorrência do atrito das hélices com o rotor, as hélices no contato com o vento não conseguem extrair total potência do ar, e existem perdas na transmissão do gerador para a rede de energia. “Estudos mostram que o valor máximo da potência que pode ser extraída do vento corresponde a 59% da potência total disponível” (MARTINS et. al., 2008, p. 9).

## CAPÍTULO 3 – A FÍSICA DA ENERGIA EÓLICA

### 3.1 Conceitos físicos na Energia eólica

Com o avanço tecnológico dos últimos séculos, o conhecimento passou por um rápido avanço, em especial, a ciência chamada Física que busca entender as leis da natureza. No início do século passado, os conceitos gerais da mecânica clássica e o estudo do comportamento dos corpos em escala macroscópica estavam bem definidos.

Nesse período começou-se a aprofundar os estudos da matéria em escala microscópica, Max Planck em 1918 foi laureado com o prêmio nobel da física, devido seus estudos na área da mecânica quântica. Ele é considerado o pai da mecânica quântica, e responsável pelo início dos estudos que vieram a ser aperfeiçoados no decorrer do século XX até os dias atuais. Esse conhecimento prévio é importante para se entender o contexto que a Física tem no século XX.

“A pesquisa em ensino de Física no Brasil tem longa tradição e é reconhecida internacionalmente. Encontros nacionais de pesquisa em ensino de Física são realizados desde a década de 1980” (MOREIRA, 2018, p. 73). Sabendo disso e das dificuldades de alunos da EJA em absorver conteúdos densos, o método utilizado nesse trabalho foi aproximar a realidade do aluno para ensinar Física, e não o contrário. E a geração de energia elétrica é um importante aliado na busca pelo equilíbrio entre sala de aula e o mundo ao redor.

Para Moreira (2018, p. 74) os desafios para o professor de Física, iniciam-se na graduação, período em que muitas vezes o discente é ensinado com métodos tradicionais de ensino, resolução de exercícios e problemas com pouca contextualização com a sala de aula da educação básica. Então, esse discente ao se tornar professor, enfrenta dificuldades ainda maiores em sua metodologia de ensino.

A fim de melhorar esse aspecto monótono da aula, uma das estratégias que mais têm sucesso é o planejamento e elaboração de experimentos, de modo a diversificar e aproximar a realidade do aluno com a disciplina.

Segundo Seré et. al. (2003, p. 32)

Outra possibilidade é a que remete às atividades de produção, onde a relação entre a teoria e o experimento é bastante interessante. O que se aprende de teórico é utilizado de forma diferente da habitual, pois mesmo um engenheiro em uma construção não está todo o tempo servindo-se da física, mas agindo frequentemente por tentativa e erro.

Como maneira de aproximar os conceitos de Mecânica Clássica para os alunos, temas como geração de energia, meio ambiente e sustentabilidade, podem ser instigantes, gerando debates e proporcionando troca de ideias positivas a respeito da contextualização do ensino de

Física. “Eles induzem ao pensamento crítico ao retomar os questionamentos direcionados para a visão de mundo moderna e suscitam o diálogo entre diferentes formas de saber” (SILVA; CARVALHO, 2007, p. 7).

Segundo Silva e Carvalho (2009, p. 136) a docência não se limita apenas ao cálculo puro e aplicado, mas abrange diversos aspectos da sociedade, pois possibilita ao aluno participar de forma crítica e autônoma não somente na sala de aula, mas principalmente no meio social.

Entre os fatores que dificultam uma didática diferente em sala de aula, está a infraestrutura do ambiente em que o aluno se insere. Muitas vezes falta um apoio por parte da coordenação pedagógica da escola, ou falta materiais para desenvolver diversas atividades com os alunos. Para Silva et. al. (2018, p. 830) o professor, coordenação escolar e o governo devem estar em sintonia para ser possível um aprendizado significativo por para os alunos.

As energias renováveis e com baixo impacto ambiental têm sido assunto principal nas diversas áreas de pesquisa na atualidade, e como maneira de inserir alunos pouco letrados e com uma vida distante do centro de formação acadêmica, diversos conceitos físicos foram abordados ao longo do segundo semestre de 2019, na turma de 1<sup>a</sup> (primeira) etapa da EJA na Escola Vilhena Alves, relacionando os conceitos de energia com o cotidiano dos alunos.

Levando-se em conta o princípio geral de conservação de energia, que diz: “a energia total de um sistema isolado é sempre constante”, pode-se relacionar com o fato de que na casa de todos ocorrem trocas de energias, pois não conseguimos isolar um sistema por completo de maneira simples. Logo, a energia na natureza, em geral, não se conserva, não surge energia do “nada”. Lavoisier (1790) diz que na natureza nada se cria, ou se perde, tudo se transforma. Então a energia mecânica, que é obtida pela soma da energia cinética mais a energia potencial, está passível para perdas de energia durante o processo de transformação de energia.

No processo de obtenção da energia elétrica por meio da energia eólica ocorrem perdas de energia, ou seja, a energia extraída do vento não é totalmente aproveitada. Porém existem muitas vantagens em produzir energia eólica, “de acordo com a International Agency Energy (IEA) em 2015 a energia eólica é a grande responsável pelo crescimento na geração de energia por fontes renováveis no mundo, sendo que ela responde por 34%, seguida por hidroelétricas com 30% e por usinas heliotérmicas 18%” (ALBUQUERQUE et. al., 2018, p. 1).

As massas de ar que circulam pela atmosfera terrestre transportam energia de movimento, denominada energia cinética (Ec). A fórmula para obtenção dessa energia é:

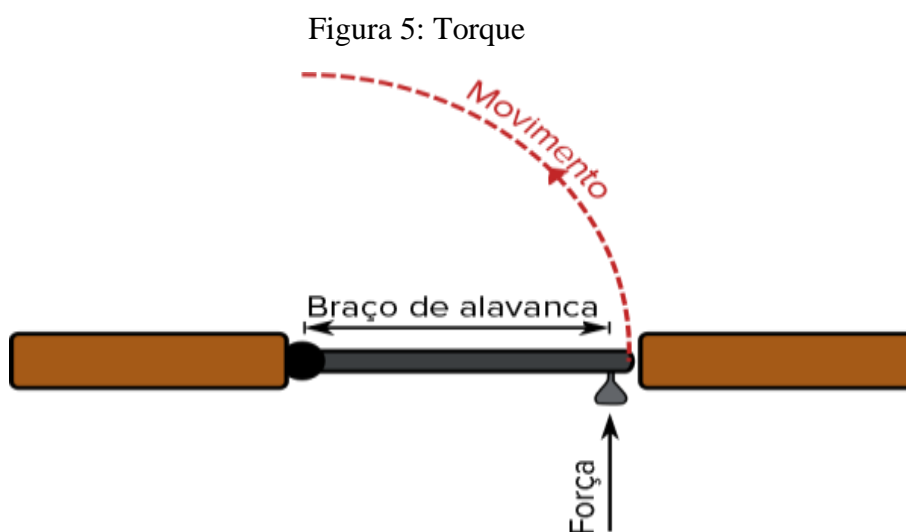


$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{eq.}[2]$$

Sendo (m) igual a massa [Kg] do corpo em estudo, no caso é o ar, e (v) igual a velocidade [m/s] com que o corpo se movimenta. O termo cinética origina-se no termo grego Kinesis, que significa movimento. Um corpo em movimento, devido a ação de uma força, é capaz de realizar trabalho, logo, possui energia, que no caso é cinética. No sistema internacional de medidas (SI), a energia cinética é obtida em Joule [J], nome dado em homenagem ao cientista inglês James Prescott Joule (1818 – 1889).

Para que o corpo entre em movimento, é necessário que uma força realize trabalho. Então pelo teorema da energia cinética, quando variada essa energia, obtemos o trabalho, que é medido em Joule [J].

O trabalho realizado pela força do vento ao bater nas pás do aerogerador, fazem com que o rotor comece a girar por meio da força de torque. O torque também é chamado de momento da força, é uma grandeza física vetorial que proporciona ao corpo rotacionar em torno do eixo de giro, vejamos o exemplo abaixo:



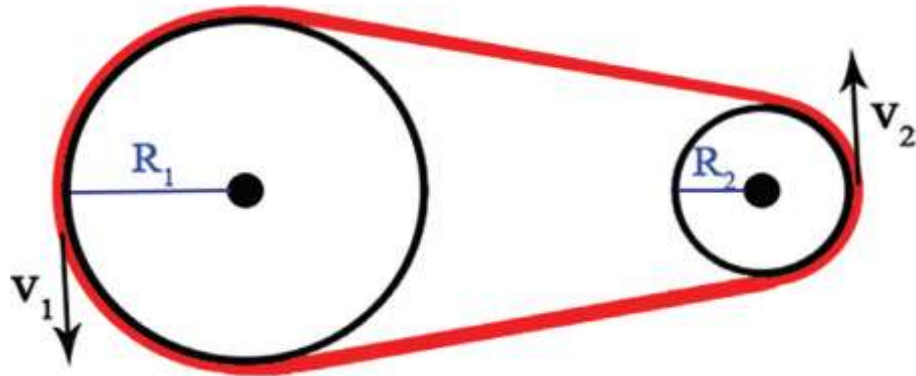
Fonte: Picolo et. al., 2014

Para calcular essa força, temos que levar em consideração o braço, que no caso do aerogerador é comprimento de uma pá, e a força aplicada no braço, no caso é a força produzida pelo vento. O torque é medido em [N.m], N a medida chamada Newton, e m igual a metro.

O rotor ao entrar em movimento, rotaciona o eixo do cubo que está ligado a transmissão a qual engloba a caixa multiplicadora. A caixa multiplicadora tem a função de fazer a adaptação entre a baixa frequência do rotor e a elevada frequência do gerador. “A frequência do rotor está entre, aproximadamente, 20 e 150 rpm enquanto que a frequência dos

geradores está situada entre, aproximadamente, 1000 rpm e 3000 rpm” (PICOLO et. al., 2014, p. 5).

Figura 6: Sistema de duas polias ligadas por corrente



Fonte: Picolo et. al. 2014

A figura acima ilustra de maneira simples o que ocorre na caixa multiplicadora, onde se tem diversas engrenagens de diferentes diâmetros. Com isso é possível movimentar ampliando ou reduzindo forças. Nessa tipo de sistema, a velocidade linear ( $v$ ) indicada nos pontos da Figura 4, em contato com a correia ou polia, tem o mesmo valor, eq. [3]. Ao relacionar a velocidade angular com a linear, obtém-se a eq. [4]. E sabendo que a velocidade angular pode ser expressa em função da frequência, obtém-se a eq. [6]. E por isso se pode relacionar os raios e frequências, conforme eq. [7]

$$v_1 = v_2 \quad \text{eq. [3]}$$

$$v = \omega \cdot R \quad \text{eq. [4]}$$

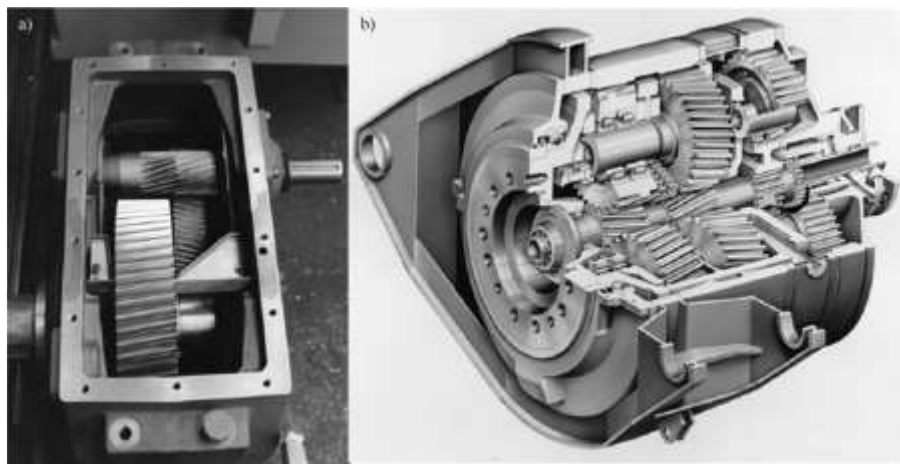
$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2 \quad \text{eq. [5]}$$

$$2\pi \cdot f_1 \cdot R_1 = 2\pi \cdot f_2 \cdot R_2 \quad \text{eq. [6]}$$

$$f_1 \cdot R_1 = f_2 \cdot R_2 \quad \text{eq. [7]}$$

Nos aerogeradores esse sistema de engrenagens é utilizado em larga escala, produzindo a potência desejada, conforme a Figura 7 ilustra.

Figura 7: (a) Caixa multiplicadora de duas fases da classe de potência de 200 a 500 kW (b) caixa multiplicadora da classe de potência 2 a 3 MW



Fonte: Pico et. al. 2014

O estudo da física que envolve o gerador é mais complexo, por que vai envolver eletromagnetismo, mais especificamente a Lei de Faraday – Lenz. O fluxo magnético que envolve um condutor eletrizado, gera no condutor um campo magnético induzido. De forma simples, o gerador possui ímãs e bobinas. E uma turbina do gerador produz movimento de rotação numa espira.

De acordo com Pico et. al. (2014, p. 5)

Essa espira gira em torno de um eixo posicionado de maneira perpendicular à direção das linhas de campo magnético produzido pelos ímãs ou bobinas. Isso permite que ocorra fluxo do campo magnético variando com o tempo na espira, gerando assim uma força eletromotriz induzida  $\epsilon$ .

O fluxo magnético ( $\Phi$ ) é calculado pelo produto escalar entre a indução magnética ( $B$ ) e a área da superfície plana da espira ( $A$ ), e como é um produto escalar se considera o cosseno entre eles.

$$\Phi = B.A. \cos \theta \quad \text{eq. [8]}$$

Com a variação desse fluxo ( $\Phi$ ) num intervalo de tempo ( $\Delta t$ ), obtém-se uma força eletromotriz induzida ( $\epsilon$ ) equivalente a corrente induzida.

$$\epsilon = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \quad \text{eq. [9]}$$

Analisando a eq. [9], vê-se que a variação do fluxo magnético é diretamente proporcional a Força eletromotriz [fem], logo, para se obter uma fem com valor elevado, é preciso que a espira gire em altas frequências.

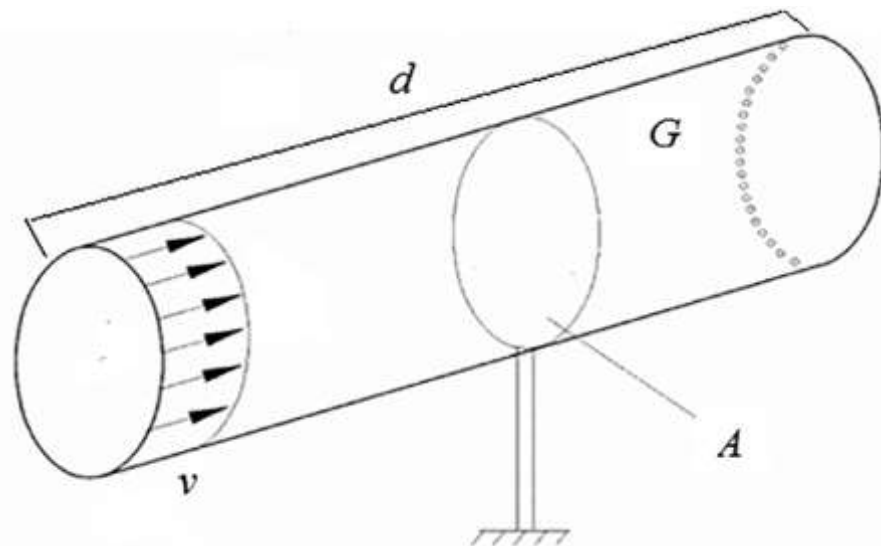
O aproveitamento dessa energia cinética do vento na produção de energia elétrica não é 100%, ou seja, ocorrem perdas de energia. No decorrer do processo de transformação de

energia mecânica em elétrica, ocorrem perdas de energia, com isso a potência extraída do vento é parcial.

O processo inicia no momento em que o vento incide nas pás do rotor, a área (A) corresponde a área varrida pelas pás durante a rotação, como foi descrito ao longo desse capítulo, o cubo ligado ao eixo horizontal do rotor, transmite a frequência de giro das pás ao multiplicador de forças (Caixa de multiplicação/transmissão), que por sua vez multiplica a frequência de giro, transmitindo-o para o gerador. E por fim gera corrente elétrica por meio da indução eletromagnética presente nos componentes do gerador.

Para calcular a potência extraída do vento, em primeiro lugar se deve remeter a eq. [2] a qual relaciona a energia cinética ( $E_c$ ) produzida pela massa de ar que movimenta o rotor. Agora, considere uma forma geométrica G feita por um cilindro de área transversal (A) e comprimento d, conforme a figura 6:

Figura 8: Forma geométrica G atravessada por um fluido com velocidade (v)



Fonte: Picolo et. al. 2014

O volume (V) de G é obtido pelo produto entre a área A e o comprimento d. Hipoteticamente, G está sendo atravessado por um fluido, o volume de fluido que passa pelo meio do cilindro é calculado pelo produto entre a área transversal (A), a velocidade do fluido (v) e o tempo t, vê eq. [10]

$$V = A.d = A.v.t \quad \text{eq. [10]}$$

A vazão (Q) do fluido é a quantidade de Volume (V) que passa por G em uma intervalo de tempo, e sua equação é dada pela eq. [11]

$$Q = A.v \quad \text{eq. [11]}$$

Em um regime de escoamento que seja permanente e incompressível, a quantidade de massa ( $\varphi m$ ) que passa pela forma geométrica (G) é calculado pela eq. [12],  $\rho$  é a massa específica do ar.

$$\varphi m = \rho \cdot v \cdot A \quad \text{eq. [12]}$$

A energia cinética ( $E_c$ ) fica escrita da seguinte maneira, veja a eq. [13]

$$E_c = \frac{1}{2} \rho V v^2 = \frac{1}{2} \rho A v t v^2 = \frac{1}{2} \rho A v^3 t \quad \text{eq. [13]}$$

Para finalizar, e saber a potência extraída do vento, tem-se que lembrar que a potência é a taxa de variação temporal da energia e, logo, utilizando um recurso matemático chamado derivada, obtém-se a Potência eólica (P) disponível no vento.

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \text{eq. [14]}$$

Lembrando que P é a potência do vento, A é a área que as pás varrem do aerogerador (G),  $\rho$  é a massa específica do ar e v é a velocidade do vento. Ao analisar a eq. [14], percebe-se o quanto a velocidade do vento influencia na potência do vento, logo quanto maior a velocidade do vento maior será a corrente elétrica induzida no gerador, por que conforme a eq. [9] maior vai ser o fluxo magnético gerado no processo.

#### **CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido na E.E.E.F.M VILHENA ALVES, em parceria com o Programa Residência Pedagógica da Universidade Federal do Pará (UFPA), para uma turma da Educação de Jovens e Adultos da 1ª (primeira) etapa. No decorrer das aulas a frequência dos alunos foi de 19 (dezenove) alunos por aula. As aulas ocorreram nas quintas-feiras, pela manhã, entre os meses de Setembro e Novembro de 2019. Cada aula teve duração de 50 (cinquenta) minutos e ao todo foram transcorridas 10 (dez) aulas sobre a temática transcrita ao longo desse trabalho.

Inicialmente foi apresentada a temática aos alunos objetivando a apresentação de uma mostra científica na feira de ciências escolar que foi realizada na Escola em 28 de Novembro de 2019. Então procedeu-se 10 (dez) aulas abordando o assunto energia, colocando-se em evidência a geração de energia elétrica por meio da captação da energia cinética do vento em energia mecânica do rotor no dispositivo chamado aerogerador.

Como retratado ao longo do capítulo 2, a energia eólica foi colocada no centro da temática geração de energia, como forma primária de obtenção de energia elétrica. Nas aulas formais definiu-se energia cinética como a energia que possui a matéria em movimento e posteriormente mencionou-se o fato de o vento transportar energia cinética o que neste contexto passaria a ser chamada de energia eólica. Todos os conceitos físicos, abordados durante as aulas, foram descritos no Capítulo 3, com exceção da Lei de Faraday que não foi trabalhada com os alunos pelo fato de não estar presente na grade curricular da 1ª etapa da EJA.

No dia 28 de novembro de 2019, foi realizado na escola uma feira de ciências interna, com a participação de diversas turmas da escola e professores. Nesse dia os alunos apresentaram e demonstraram os experimentos feitos, em especial o aerogerador de baixo custo, como mostra a figura 9. Com a temática central focada no que foi discutido e ensinado ao longo dos 2 (dois) meses em que os alunos da EJA participaram das aulas em parceria com o Professor Francisco Xavier, que é o professor de física titular da EJA na escola. A Figura 9 mostra um aerogerador de baixo custo, confeccionado pelos alunos e por mim:

Figura 9: Aerogerador de baixo custo, e na esquerda ventilador para simular o vento



Fonte: Autoria própria

Nesse primeiro aerogerador de baixo custo, os alunos abordaram os temas desenvolvidos no decorrer do capítulo 3 para professores e alunos de outras turmas.

Na sequência, medimos a voltagem gerada no segundo aerogerador, que foi produzido pelo Professor Francisco Xavier, como se vê na Figura 9:

Figura 10: Multímetro registrando 1.57V (D.D.P) gerada pelo aerogerador



Fonte: Autoria Própria

Nesse segundo aerogerador, foi utilizado uma base de tubo PVC, para sustentar o motor de impressora e a hélice de ventilador. O tubo PVC fez o papel da torre, o motor de impressora simulou a função do gerador, e a hélice de ventilador teve a função de captar a energia cinética do vento e rotacionar o motor de impressora por meio do eixo acoplado às pás.

Na Figura 8 vê-se uma Diferença de potencial (D.D.P) de 1.84V gerado pelo motor de impressora durante a ascendente rotação das pás:

Figura 11: Multímetro registrando a passagem de 1.84V no circuito do aerogerador



Fonte: Autoria própria

Como descrito no final do capítulo 3, para obter-se grandes frequências na rotação, precisa-se ter grandes velocidades de vento. Como pode-se ver, na feira de ciências da escola, o “simulador” de vento foi um ventilador comum, igual ao que geralmente a população têm em suas casas. Portanto, a quantidade de movimento nas pás não foi elevada. A voltagem máxima registrada na feira de ciências pelo aerogerador foi de 2.01V, como vê-se na Figura 12:



Figura 12: Multímetro registrando 2.01V, voltagem máxima produzida por esse aerogerador de baixo custo



Fonte: Autoria própria

Por fim, com o intuito de avaliar o aprendizado dos alunos a respeito da energia eólica, os alunos responderam à um questionário o qual contém 5 (cinco) questões subjetivas relacionadas com a temática geral desse trabalho. As perguntas do questionário estão listadas abaixo:

- 1) O que é energia eólica?
- 2) Que tipo de energia transporta o vento?
- 3) Como se forma o vento no planeta Terra?
- 4) Que tipo de equipamento transforma energia eólica em energia elétrica e como esse processo é realizado?
- 5) Descreva as suas experiências positivas e negativas durante o processo de experimentação.

## CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao fim da metodologia aplicada, obteve-se um total de 12 (doze) questionários respondidos, sendo que desse total de alunos 83,3% são do gênero masculino e 16,7% são do gênero feminino.

A faixa etária dos respondentes está, em sua maioria, entre 18 (dezoito) a 25 (vinte e cinco) anos de idade, valor que corresponde a 75% do total. Em seguida 16,7% corresponde a alunos com idade maior que 35 (trinta e cinco) anos. E por fim, apenas 8,3% dos alunos têm entre 26 (vinte e seis) e 35 (trinta e cinco) anos de idade.

Esses números revelam que a maioria dos estudantes da EJA passaram pouco tempo sem contato com a sala de aula, ou foram alunos repetentes durante anos anteriores. Em sua maioria, os alunos da EJA dessa turma, trabalham e estudam ao mesmo tempo, fato que incide no que foi abordado no capítulo 1.

Logo, uma metodologia alternativa que estimule o aluno aos estudos de Física e outras áreas é importante, pois foge do método tradicional de ensino, ajudando o aluno a ter uma aprendizagem significativa e tornar a aula mais dinâmica, diminuindo a rejeição dos alunos por essa disciplina.

Portanto a proposta de ensino por tema, melhora na fixação da atenção dos alunos no decorrer das aulas. Buscando fugir do método tradicional de aula, corroborando com um melhor aprendizado dos alunos.

Para a pergunta número 1, que trata a respeito do conceito de Energia eólica, obteve-se um total de 3 (três) linhas de pensamentos diferentes os quais classifiquei como: “vento como energia”; “gerada pelo vento” e “Processo total de transformação para energia elétrica”. Analisando esses pensamentos, conclui-se que um dos alunos compreendeu que o próprio vento é a energia. Fato que condiz aos argumentos norteados por Ausubel o qual diz que, além do material ser potencialmente significativo, o aluno precisa ter pré-disposição a aprender para que aja uma aprendizagem de forma significativa. Ou seja, reforça o fato de que, apesar da experimentação ter sido muito boa, existe 1 (um) aluno que tem dificuldade maior em aprender a Física relacionando com esse método experimental.

A resposta “gerada pelo vento” aparece em segundo lugar com o total de 5 (cinco) respostas. Essa linha de pensamento é a que chega mais próxima do conceito de Energia eólica, que se caracteriza pela energia cinética que o vento tem. E por último 6 (seis) alunos responderam que todo o processo de transformação de energia é a energia eólica. Esse dado revela que, por mais óbvio que possa parecer uma pergunta, fica sobre a responsabilidade do

professor se atentar para deixar claro os conceitos presentes no experimento, e se preciso intervir os alunos para que não haja falta de atenção.

Para a pergunta número 2 (dois), obteve-se um total de 11 (onze) respostas iguais e 1 (um) aluno não respondeu. Sabe-se que o vento transporta energia cinética a qual está relacionada com o movimento das partículas que compõe o ar atmosférico. Entretanto, os alunos acabaram confundindo os conceitos, visto que 11 (onze) alunos responderam que o vento transporta energia eólica. Esse debate conceitual revela o quanto é importante o professor se atentar no momento da explicação, pois os alunos da EJA apresentaram dificuldades, mesmo que o tema tenha sido explicado por meio de experimento.

Com isso, conclui-se que uma única explicação pode não ser suficiente, tendo que retomar os conceitos com outros exemplos, mas lembrando sempre que a aula tem dinâmica diferenciada com relação da aula para outras turmas.

Na pergunta 3 (três) a quantidade de respostas obtidas ficou divididas entre 2 (dois) grupos de ideias. O primeiro grupo respondeu que são “pelos raios solares”, e foram formados por 4 (quatro) alunos. O segundo grupo totalizou 8 (oito) alunos, responderam que é pelo processo de convecção térmica que ocorre na atmosfera terrestre.

Interessante a análise dessa pergunta 3 (três), pois revela uma divisão no modo de pensar sobre a formação dos ventos. O processo que começa no Sol, gera diferentes pontos de temperatura e pressão na atmosfera da Terra, ocasionando massas de ar com densidades diferentes, fato que pela convecção térmica gera os ventos.

É notável o nível conceitual que a abordagem proporcionou, pois levou alunos, que antes eram desinteressados, a pensar sobre um tema muito importante na produção de energia mundial. Fazer com que esses alunos reflitam sobre as causas e consequências da ação do homem na natureza, leva-os a questionar sobre acontecimentos que vão muito além das fórmulas que, em geral, fazem os alunos terem aversão a disciplina Física.

Na pergunta 4 (quatro) foi abordado sobre o equipamento e procedimento que fazem com a energia eólica se transforme em energia elétrica. A respeito do equipamento, 7 (sete) alunos responderam que é o “aerogerador” que transforma essa energia, 2 (dois) responderam que é o “gerador”, 2 (dois) ao invés de apontar o aerogerador, listaram as peças principais que compõe um aerogerador de eixo horizontal e 1 (um) não respondeu a pergunta.

A maioria dos alunos foram corretos e objetivos em suas respostas, e isso revela que apesar das dificuldades enfrentadas no decorrer das aulas, eles compreenderam sobre o aerogerador e sua função que é transformar a energia eólica em energia elétrica. No decorrer

da metodologia foi possível perceber que o ensino-aprendizagem é uma construção de conhecimento, ou seja, o aluno não vai assimilar todo o conhecimento de uma só vez.

Para Schnetzler (1992, p. 18) o professor e o aluno estão em diferentes níveis de conhecimento, e saber adaptar a aula para o nível de conhecimento do aluno deve ser uma prioridade, pois os alunos têm ideias e conhecimentos prévios, a respeito dos fenômenos e conceitos abordados em sala de aula.

Quanto ao procedimento, 5 (cinco) alunos responderam que esse é um processo de conversão de energia, explicando desde a captação da energia eólica pelas pás do aerogerador até chegar no gerador que gera energia elétrica para a rede. E 7 (sete) alunos não responderam a pergunta, evidenciando outros problemas enfrentados no decorrer da metodologia, que poderiam ser o medo do aluno em relação ao erro, ou por não saberem a resposta.

Pela análise das outras perguntas, os alunos conseguiram aprender grande parte do tema geração de energia. Mas o fato de 7 (sete) não terem respondido evidencia a timidez dos alunos no momento avaliativo, e lembrando que eles não foram obrigados a responderem o questionário.

E isso deixa em aberto um possível estudo no futuro, a respeito da insegurança dos alunos, no momento da avaliação, colocando em questão assuntos do tipo: como avaliar a ingressão de novos discentes nas faculdades brasileiras.

Por fim a pergunta 5 (cinco), tratou sobre pontos positivos e negativos que os alunos tiveram durante a experiência de construção e explicação do experimento aerogerador de baixo custo.

Esse tópico final deixa em evidência a importância de ministrar aulas dinâmicas para alunos da EJA, 3 (três) alunos relataram que a Energia eólica é de extrema importância para a geração de energia na atualidade, sendo uma das principais fontes de energia renovável no mundo.

4 (quatro) alunos relataram que a experiência trouxe para suas vidas, novos conhecimentos os quais agregam positivamente na formação social e política dos alunos. 3 (três) alunos avaliaram a experiência como boa, e 1 (um) aluno deixou claro que participar ativamente da experiência o fez olhar para a Física de modo que ainda não havia percebido, e isso corrobora para as metodologias alternativas que têm de serem aplicadas na EJA.

Os lados negativos relatados pelos alunos também comprovam que a EJA precisa de uma abordagem diferenciada de ensino, 4 (quatro) alunos responderam que o tempo de experimentação foi curto, ou seja, eles queriam que tivessem mais experimentações, fugindo do método que eles consideram monótono de ensino.

1 (um) aluno respondeu que a energia eólica depende das condições climáticas, e que o uso de um ventilador para simular o vento foi um ponto negativo. De fato, pela eq. [1] vê-se que a potência extraída do vento depende da velocidade com que o vento se move.

A maioria dos alunos, totalizando 7 (sete), relataram que não houve pontos negativos na experiência.

### **CONCLUSÕES**

Trabalhar por 2 (dois) meses com a EJA foi uma experiência inovadora e muito importante para a minha formação como futuro docente. Após a análise feita no Capítulo 5 (cinco) percebe-se que os alunos se interessaram em realizar a feira de ciências na escola, entretanto diversos percalços no decorrer da metodologia, foram desafiadores. E vivenciar essas dificuldades, e montar estratégias para superar as barreiras que o ensino no Brasil enfrenta, são essenciais para repassar aos alunos uma metodologia motivadora.

Os alunos apresentaram dificuldades motivacionais no começo, mas com o decorrer das aulas e montagem do aerogerador, os alunos ficaram motivados em aprender os conceitos Físicos que estão por trás do experimento. Como muitos trabalham e estudam, uma aula tradicional não conseguiria prender a atenção dos alunos, como foi abordado na Introdução.

Identificado esse problema, as aulas foram dinâmicas e proporcionaram uma reflexão acerca da realidade das fontes de energia no mundo. Com os recursos naturais sendo usados de maneira acelerada pelo Ser humano, fez-se necessário fontes de energias alternativas para manter um meio ambiente equilibrado e um planeta habitável.

Essas reflexões foram obtidas por meio do engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, passando de agentes passivos no processo, para agentes ativos.

Por mais que os alunos se mostrassem tímidos durante a feira de ciências, quando questionados a respeito do aerogerador, a maioria conseguiu desenvolver argumentos plausíveis para sanar a dúvida de quem perguntou. Até mesmo nas respostas erradas, pode-se analisar aspectos positivos dessa metodologia que mostrou ser eficiente, conseguindo fazer com que os alunos se engajassem na experimentação.

O aprendizado observado para futuras metodologias, é uma demanda de tempo maior para desenvolver uma quantidade elevada de experimentos, pois ao serem questionados a respeito dos pontos positivos e negativos da experimentação, 4 (quatro) alunos responderam que o tempo foi curto. Embora não contemplem a maioria dos alunos que participaram da metodologia, correspondem a 33%, porcentagem expressiva na análise de resultados.

O ensino para alunos da EJA precisa ser acompanhado de metodologias que aproximem o aluno do conteúdo, pois os alunos consideram a aula cansativa e monótona, por mais que os conceitos estejam sendo explicados de maneira sucinta. Os resultados do trabalho mostram uma aprendizagem melhor quando relacionado o cotidiano dos alunos com os conceitos abordados, fazendo com que os alunos participem ativamente do processo.

Logo, o professor tem que ser um mediador do conhecimento, e não o “dono” do conhecimento. Os holofotes da aula devem estar nos alunos, que são diferentes entre si, possuindo peculiaridades que o professor deve identificar e superar, mas isso com devido suporte da coordenação da escola, que nesse caso foi bastante deficiente. Tendo a responsabilidade ficado a cargo, somente, do professor. Mas apesar das dificuldades, foi satisfatório os resultados obtidos, e vivenciar tudo isso enriqueceu muito a maneira como devo trabalhar em sala de aula.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M. C. P. et al. **Energia eólica: Uma abordagem no ensino de física**. João Pessoa: IV CONEDU, 2017.

ALVES, J. J. A. **Análise regional da energia eólica no Brasil**. 6. ed. Taubaté: Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional, 2010.

ARRUDA, A. P. B. **A economia solidária na educação de Jovens e Adultos**. Campo Grande: Universidade estadual da Paraíba, 2014.

BREITENBACH, G. **Análise do potencial eólico para geração de energia elétrica em São Francisco de Paula, RS, utilizando método computacional wasp**. Lajeado: Centro universitário Univates, 2016.

BATISTA, N. A. V. C. **Novo aerogerador de eixo Vertical integrado numa rede Inteligente em contexto urbano**. Évora: Universidade de Évora, 2013.

CUSTÓDIO, R. S. **Energia Eólica para Produção de Energia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2009.

DUTRA, R. **Energia eólica princípios e tecnologias**. Cresesb, 2017. Disponível em: [https://cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=231](https://cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231). Acesso em: 28 nov. 2019.

FREITAS, E. T. F.; JÚNIOR, O. A. **Atividades de elaboração conceitual por estudantes na sala de aula de física na eja**. 12. ed. Belo Horizonte: Ensaio pesquisa em educação em ciências, 2010.

KRUMMENAUER, W. L. et al. **Uma experiência de ensino de física contextualizada para educação de jovens e adultos**. 12. ed. Belo Horizonte: Ensaio, 2010.

MARTINS, et al. **O aproveitamento da energia eólica**. 30. ed. São José dos Campos: Revista brasileira de ensino de física, 2008.

MELO, E. **Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade**. 27. ed. São Paulo: Estudos avançados, 2013.

MIYASHIRO, C. S. **Dimensionamento de sistemas eólicos no entorno geográfico do município de Marechal Cândido Rondon**. 3. ed. Marechal Cândido Rondon: Revista de fontes renováveis e limpas, 2013.

MUENCHEN, C. **Abordagem temática: Desafios na educação de jovens e adultos**. 7. ed. Santa Catarina: Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências, 2007.

PICOLO, A. P. **Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica**. 36. ed. Farroupilha: Revista brasileira de ensino de física, 2014.

PIERRO, M. C. et al. **Visões da educação de jovens e adultos no Brasil**. 21. ed. Campinas: Caderno CEDES, 2001.

PIERRO, M. C. **A educação de jovens e adultos no plano nacional de educação: avaliação, desafios e perspectivas**. 31. ed. Campinas: Educação e sociedade, 2010.

SATO, A. M. **Ensinando produção sustentável de energia elétrica por meio de jogos didáticos em sala de aula**. Santo André: Universidade federal do ABC, 2017.

SCHNETZLER, R. P. **Construção do conhecimento e ensino de ciências**. 11. ed. Brasília: Em aberto, 1992.

SERÉ, M. G. et al. **O papel da experimentação no ensino da física**. 20. ed. Porto Alegre: Caderno brasileiro de ensino de física, 2003.

SILVA, J. R. C. **Otimização da posição de aerogeradores em parque eólico**. Brasília. Universidade de Brasília, 2014.

SILVA, N. F. **Energias Renováveis na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Synergia, 2015.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. **A temática ambiental e o processo educativo: o ensino de física a partir de temas controversos**. 1. ed. Itajubá: Ciência e ensino, 2007.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. **Professores de física em formação inicial: o ensino de física, a abordagem cts e os temas controversos**. 14. ed. Itajubá: Investigações em ensino de ciências, 2009.

SILVA, P. O. et al. **Os desafios no ensino e aprendizagem da física no ensino médio**. 9. ed. Ariquemes: Revista da faculdade de educação e meio ambiente, 2018.

SIMAS, M.; PACCA, S. **Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável**. 27. ed. São Paulo: Estudos avançados, 2013.

SOARES, L. T. F. **Contribuição ao controle de um conversor reversível aplicado a um aerogerador síncrono a ímãs permanentes**. Belo Horizonte: Universidade federal de Minas Gerais, 2012.

SOARES, L. **Formação de educadores de jovens e adultos**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora autêntica, 2006.



SOVERNIGO, M. H. **Impacto dos aerogeradores sobre a avifauna e quiropteroфаuna no brasil**. Florianópolis: Univerdade federal de Santa Catarina, 2009.

ZANCHETTIN, M. G. **Análise da inserção de geração eólica com aerogeradores de indução**. Foz do Iguazu: Universidade estadual do oeste do Paraná, 2012.

**ANEXO**

**Universidade Federal do Pará  
Instituto de Ciências Exatas e Naturais - ICEN  
E.E.E.F.M. Vilhena Alves  
Turma: 1ª etapa EJA  
Docente: Rubens Silva  
Discente: Fábio André Pena Mourão**

**DADOS PESSOAIS****1. Gênero:**

Masculino  Feminino

**2. Idade:**

Menor que 18  De 18 a 25  De 26 a 35  
 Mais de 35

**QUESTIONÁRIO****1. O que é energia eólica?**

---

---

**2. Que tipo de energia transporta o vento?**

---

---

**3. Como se forma o vento no planeta Terra?**

---

---

**4. Que tipo de equipamento transforma energia eólica em energia elétrica e como esse processo é realizado?**

---

---

**5. Descreva as suas experiências positivas e negativas durante o processo de experimentação.**

---

---