



DA PARÁBOLA À ENERGIA LIMPA – A FÍSICA APLICADA À SUSTENTABILIDADE

Maurício Iriart Larroza

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Polo Rio Grande no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Luiz Fernando Mackedanz

Rio Grande

Agosto de 2022

Ficha Catalográfica

L334p Larroza, Maurício Iriart..

Da parábola à energia limpa: a Física aplicada à sustentabilidade
[Recurso Eletrônico] / Maurício Iriart Larroza. – Rio Grande, RS:
FURG, 2022.
22 f. : il. color.

Produto Educacional da Dissertação de mestrado do Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Física, para obtenção do título de
Mestre em Ensino de Física, sob a orientação do Dr. Luiz Fernando
Mackedanz.

Disponível em: <https://ppgmnpef.furg.br/dissertacoes>
<https://educapes.capes.gov.br/>

1. Ensino de Física 2. Movimento CTS 3. Metodologia de Projetos
4. Autonomia 5. Aprendizagem Significativa I. Mackedanz, Luiz
Fernando II. Título.

CDU 53:37

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

RESUMO

Partindo da curiosidade despertada nas aulas de Matemática, em relação às funções quadráticas, utilizamos um enfoque investigativo em torno das potencialidades de uma antena parabólica na concentração de energia solar, e discutimos pontos relacionados ao aquecimento solar, aos painéis fotovoltaicos, problematizando a questão da energia limpa.

A proposta do produto educacional desenvolve-se a partir de dois elementos essenciais:

- O processo de aprendizagem baseado na metodologia de projetos, utilizado pela Escola SESI de Ensino Médio Eraldo Giacobbe. Pelotas/Rs.
- Partindo da curiosidade de três alunos da Escola, que frequentavam o segundo ano do ensino médio, e paralelamente ao incentivo do desenvolvimento de suas habilidades e competências, fundamentado na estrutura de autonomia no processo de aprendizagem.

Dessa forma, a proposta do produto educacional, desenvolve-se a partir dos estudos realizados nas aulas de Matemática, ao estudarem as equações de segundo grau, e respectivamente seu gráfico, representado por parábolas, que levaram à hipótese: é possível potencializar a energia fotovoltaica utilizando antenas parabólicas e placas solares de menor área, e, conseqüentemente, de menor valor, gerando mais energia e transformando a antena parabólica em um dispositivo que amplifica essa captação. O projeto de desenvolvimento do produto teve como objetivo desenvolver um protótipo capaz de fornecer dados para testagem e comprovar a hipótese. Segundo análise dos estudantes, o estudo se mostra relevante de acordo com dados, de 2014, da IEA (Agência Internacional de Energia): 39,9% de toda energia utilizada tem origem petrolífera (embora o petróleo ainda seja muito utilizado, traz diversos malefícios). Nesse contexto, surge a ideia de utilizar a antena parabólica, na montagem de um protótipo, como amplificador das ondas eletromagnéticas, atrelados ao estudo dos conceitos dos espelhos esféricos, precisamente os espelhos côncavos, associada a uma placa fotovoltaica, posicionada próxima a região do foco da antena, para ampliar a captação das ondas eletromagnéticas.

O protótipo é composto pela antena parabólica revestida por uma película reflexiva e uma placa solar de 5W de potência e 21V de tensão contínua, ambas em tripés. Foi utilizado um multímetro para medir a tensão e um termômetro digital para medir a variação de temperatura na placa. Os resultados obtidos são positivos: houve um aumento de até 23,63% na tensão elétrica e 22% na potência. Assim sendo, construiu-se um protótipo automatizado com sistema de seguidor fotovoltaico. A pesquisa alia a teoria estudada com a prática, aprofundando o conhecimento obtido na sala de aula, em busca da potencialização da energia, considerada uma fonte de energia renovável. Assim, cria-se um método alternativo de geração de energia sustentável de custos reduzidos.

Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível observar que existiam vários

conceitos e estruturas da disciplina de Física, que poderiam ser explorados e aprofundados ao longo da realização do mesmo, que inicialmente, não faziam, de forma explícita, parte do contexto do trabalho. Abriu-se dessa forma a condição de estudarmos os conceitos de Termologia, Óptica, Eletromagnetismo e Física Quântica, que foram colocados, juntamente com a função de segundo grau, como tópicos estruturantes do projeto. Dentre os conceitos trabalhados, podemos citar:

- Temperatura
- Escalas termométricas
- Calor
- Energia
- Potência
- Ondas Eletromagnéticas
- Leis da Reflexão da Luz
- Espelhos Esféricos – Côncavo e Convexo
- Reações nucleares
- Efeito fotoelétrico
- Geração de energia elétrica no Brasil e sua matriz energética
- Sustentabilidade

O Ponto de partida para a elaboração e escrita do projeto, dá-se pelo estudo da importância da “geração” de energia elétrica e seu contexto histórico. Dessa forma, os alunos puderam perceber que a energia se configura como um bem necessário à vida humana. Em um breve relato histórico, a partir de pesquisas chegou-se à seguinte proposição: “Nos primeiros agrupamentos humanos, seu custo era nulo, pois era obtida através de materiais em alta abundância, como a lenha, para finalidades simples, como cozinhar. Ao longo da Idade Média, as energias advindas de cursos d’água e de moinhos de vento foram utilizadas, porém eram insuficientes devido às crescentes demandas exigidas pela população, principalmente em centros urbanos. Isso, até que no século XVIII durante a Revolução Industrial, se iniciou o uso do carvão, do petróleo e do gás como fontes de energia, que ainda utilizadas, têm um alto custo de produção e transporte até centros comerciais (GOLDEMBERG, 2007)”.

Também se abriu a possibilidade de tratarmos dos combustíveis fósseis, principalmente o carvão e o petróleo. Segundo a pesquisa dos alunos: “Tal como as

outras geratrizes fósseis, o carvão e o petróleo, são caracterizados por provocar mudanças climáticas perniciosas e inconversíveis, causadas pela contínua emissão de gases que contribuem para com o efeito estufa (SACHS, 2007). Além disso, o uso de biomassa para energia, quando não utilizada de modo sustentável também gera emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa). No entanto, a principal causa das emissões não é o uso da biomassa florestal para energia, e sim o combustível fóssil (PAREYN, 2010). Esses fatos requerem que sejam adotados novos, tecnológicos e sustentáveis modos de geração de energia, mudando os padrões de produção e uso da mesma. Para Bermann (2002):

As energias alternativas (eólica, solar, etc.) são a saída para o problema energético do mundo e se elas não são economicamente viáveis, isto se deve ao fato de que no custo do petróleo não estão embutidos os custos devastadores que o seu consumo impõe a sociedade.

Dentre as alternativas de energias limpas e sustentáveis, a que mais se destaca devido a sua grande capacidade de geração é a energia fotovoltaica.

A energia fotovoltaica é uma das alternativas energéticas mais promissoras da atualidade; é uma fonte inesgotável de calor e luz, porém, ainda é de difícil acesso devido o seu alto custo quando se deseja gerar uma quantidade significativa de energia necessária para equipamentos de maior consumo”. Pensando em aplicar os conceitos matemáticos, junto com os conceitos da Física, de forma interdisciplinar, estudados com os alunos, esse projeto de pesquisa visa estudar a hipótese da utilização de materiais reciclados como antenas do tipo Banda Ku, que não estavam mais em uso, películas refletoras e módulos fotovoltaicos de pequeno porte para potencializar a geração de energia elétrica que seria impossível apenas com os módulos fotovoltaicos.

Após abordar os temas de “geração” de energia e energia limpa, e da “Questão de Pesquisa”, A partir da observação de antenas parabólicas, no qual incidem ondas eletromagnéticas, podemos supor que, devido à propriedade da parábola, de convergir os raios refletidos em um único ponto (o foco), seria possível fazer uso dessas antenas para ampliar a captação da energia solar utilizando uma placa solar no ponto focal. Assim, surgem alguns questionamentos, dentre eles: Se a antena converge às ondas eletromagnéticas para o foco, e ao colocarmos a placa fotovoltaica no foco da antena, haveria riscos de danificar a placa, devido ao aumento de temperatura sobre a mesma.

Para encontrarmos a resposta, realizamos um experimento utilizando a antena parabólica, revestida com insulfilme (película refletora), para aproximar a superfície da antena a de uma superfície espelhada. Para a realização do experimento, utilizamos além da antena parabólica, duas garrafas pet, de 600 ml, sendo que uma delas teve seu exterior pintado de preto, e a outra se manteve na forma original, termômetros e cronômetro.

A seguir, apresentamos o projeto escrito pelos alunos, apresentado em feiras de inovação tecnológica da rede SESI, construído a partir das discussões com o professor orientador, com base nesse produto educacional.

UTILIZAÇÃO DE PARÁBOLAS PARA A POTENCIALIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA - FASE II

Projeto apresentado para a Rota Inovadora como conclusão do 3ºano da Escola de Ensino Médio SESI Eraldo Giacobbe.

Orientadora: Profa. Me. Joseane Angela Pasqualli do Amaral

Co-orientador: Prof. Maurício Iriart Larroza

PELOTAS

2019

RESUMO

Estudos sobre parábolas nos levaram à hipótese: podemos potencializar a energia fotovoltaica utilizando antenas parabólicas e placas solares de menor área, e, conseqüentemente, de menor valor, gerando mais energia e transformando a antena em um dispositivo que amplifica essa captação. O objetivo foi desenvolver um protótipo capaz de fornecer dados para testagem e comprovar a hipótese. O estudo se mostra relevante de acordo com dados, de 2014, da IEA (Agência Internacional de Energia): 39,9% de toda energia utilizada tem origem petrolífera (embora o petróleo ainda seja muito empregue, traz diversos malefícios). O protótipo é composto pela antena parabólica revestida por uma película reflexiva e uma placa solar de 5W de potência e 21V de tensão contínua, ambas em tripés. Foi utilizado um multímetro para medir a tensão e um termômetro digital para a variação de calor na placa. Os resultados obtidos são positivos: houve um aumento de até 23,63% na tensão elétrica e 22% na potência. Assim sendo, construiu-se um protótipo automatizado com sistema de seguidor fotovoltaico. Até o presente momento, novembro de 2019, uma placa arduino foi programada para fazer as medições da tensão elétrica gerada e comandar a movimentação do protótipo a partir de sensores de luz. A pesquisa alia a teoria estudada com a prática, aprofundando o conhecimento obtido na sala de aula, em busca da potencialização da energia, considerada uma fonte de energia renovável. Assim, cria-se um método alternativo de geração de energia sustentável de custos reduzidos.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica; Matemática; Parábolas.

1. INTRODUÇÃO

A energia é um bem necessário à vida humana. Nos primeiros agrupamentos humanos, seu custo era nulo, pois era obtida através de materiais em alta abundância, como a lenha, para finalidades simples, como cozinhar. Ao longo da Idade Média, as energias advindas de cursos d'água e de moinhos de vento foram utilizadas, porém eram insuficientes devido às crescentes demandas exigidas pela população, principalmente em centros urbanos. Isso, até que no século XVIII durante a Revolução Industrial, se iniciou o uso do carvão, do petróleo e do gás como fontes de energia, que ainda utilizadas, têm um alto custo de produção e transporte até centros comerciais (GOLDEMBERG, 2007).

O carvão e o petróleo, tal como as outras geratrizes fósseis, são caracterizados por provocar mudanças climáticas perniciosas e inconversíveis, causadas pela contínua emissão de gases que contribuem para com o efeito estufa (SACHS, 2007). Além disso, o uso de biomassa para energia, quando não utilizada de modo sustentável também gera emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa). No entanto, a principal causa das emissões não é o uso da biomassa florestal para energia, e sim o combustível fóssil (PAREYN, 2010).

Esses fatos requerem que sejam adotados novos, tecnológicos e sustentáveis modos de geração de energia, mudando os padrões de produção e uso da mesma. Para Bermann (2002):

“As energias alternativas (eólica, solar, etc.) são a saída para o problema energético do mundo e se elas não são economicamente viáveis, isto se deve ao fato de que no custo do petróleo não estão embutidos os custos devastadores que o seu consumo impõe a sociedade.”

Dentre as alternativas de energias limpas e sustentáveis, a que mais se destaca devido a sua grande capacidade de geração é a energia fotovoltaica.

A energia fotovoltaica é uma das alternativas energéticas mais promissoras da atualidade, é uma fonte inesgotável de calor e luz, porém, ainda é de difícil acesso devido o seu alto custo quando se deseja gerar uma quantidade significativa de energia necessária para equipamentos de maior consumo. Pensando em aplicar os conceitos matemáticos estudados com os alunos, esse projeto de pesquisa visa estudar a hipótese da utilização de materiais reciclados como resíduos de antenas de Banda Ku, películas refletoras e módulos fotovoltaicos de pequeno porte para potencializar a geração de energia elétrica que seria possível apenas com o módulos sozinho.

2. ELABORAÇÃO

2.1 Fundamentação teórica

2.1.1 Energia

A energia é capaz de mover navios, aviões, comboios, carros, motos, fazer funcionar máquinas e aparelhos, iluminar ruas e residências, entre outras coisas (APOLINÁRIO, 2014).

A primeira energia utilizada pelo ser humano foi a do seu próprio corpo

para sua sobrevivência. Posteriormente a isso, o homem descobriu o fogo e, assim, começou a utilizar a energia ao seu favor, cozinhando alimentos, aquecendo noites frias, iluminando e afastando animais e inimigos. Após séculos de evolução, o homem descobriu a força dos ventos. Através desta, ele foi capaz de encontrar e colonizar novos continentes e ainda construir a primeira forma de processo industrializado, os moinhos de vento, responsáveis por transformar produtos primários. (GOLDEMBERG, 2007)

Eis que então começou um dos mais notáveis momentos da história da energia, a Revolução Industrial. Surge a Máquina a Vapor, marcando o uso e a importância da energia para os tempos que se iniciavam. Ela foi utilizada pelas locomotivas, nos teares mecânicos, e em navios. Esse período e essas inovações marcaram o início da urbanização e da globalização, que acabariam por crescer constantemente acarretando numa necessidade cada vez maior de energia. (APOLINÁRIO, 2014)

Na metade do século XIX, há o uso do petróleo e da eletricidade. Surge o automóvel com motor a combustão interna, dando início à ascensão do petróleo como fonte de energia. A partir de então, a energia deixa de ser auxiliar à vida para se tornar fonte de entretenimento e lazer.

A tecnologia do mundo moderno nos proporciona o uso de energias sustentáveis, que são geradas e fornecidas de modo a atender as necessidades atuais sem comprometer as futuras. Elas podem ser produzidas através de forças da natureza, como por exemplo, a energia hidrelétrica, gerada a partir da rotação de pás pelo fluxo de massa das águas. É importante saber aproveitar essas energias e, dentre elas, se destacam as energias fotovoltaicas. Para Pereira, et al:

“Diferente das fontes convencionais de energia utilizadas, a energia solar é temporalmente intermitente e apresenta uma variabilidade espacial elevada em razão de sua forte relação com condições meteorológicas locais e fatores astronômicos associados aos movimentos orbital e de rotação da Terra.”

A energia fotovoltaica é temporalmente intermitente, como afirma Pereira, et al.: Dependendo da incidência de radiação solar pode ser um impasse, ao mesmo tempo de ser sua condição de funcionamento. Porém, isso vem sendo resolvido de duas principais formas: o uso de baterias cada vez mais leves, mais

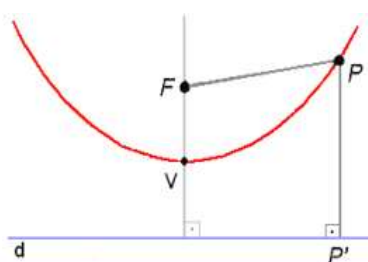
baratas, com densidade de carga maior e menor volume. A outra forma, mais popularizada através do ano 2012 devido a resolução 482 da ANEEL, utiliza a rede da concessionária para suprir as horas de ausência ou baixa incidência de radiação solar. Para Meyer e Neto (2015), o potencial de energia solar se aproveitado em seu máximo seria capaz de gerar 1800 vezes mais do que a humanidade consome.

2.1.2 Parábolas e espelhos parabólicos

A parábola é uma curva que se obtém através da intersecção da superfície de um cone e um plano paralelamente a uma geratriz do mesmo cone. Ela é uma curva simétrica, sendo assim, possui um eixo de simetria que atravessa seu vértice. Esse eixo acaba dividindo a parábola em duas partes idênticas.

Para a construção de uma parábola, deve-se nomear um ponto F (foco) e uma reta d (diretriz), sendo o ponto F não pertencente a reta d . A parábola é o conjunto de pontos equidistantes do ponto F e da reta d . (PAIVA, 1999) (Figura 1)

Figura 1: União de pontos equidistantes do foco e da reta diretriz



Fonte: MACHADO, 2007

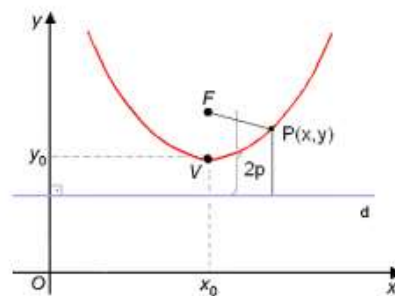
A Figura 1 representa a construção de uma parábola a partir de sua definição, e demonstra que independente da posição do ponto F e da reta d , a curva se formará. Comumente, as parábolas são abordadas a partir de funções quadráticas e por isso, são tratadas como tendo uma concavidade voltada para cima ou baixo. Deve se saber porém, que as parábolas também podem ter

concauidades voltadas para esquerda (sentido negativo) ou direita (sentido positivo) em relação ao eixo das abscissas. As parábolas com concavidade voltadas para os lados possuem formas diferentes das equações do tipo $ax^2+bx+c=0$.

- Se a diretriz de uma parábola é paralela ao eixo das ordenadas e sua concavidade é voltada para o sentido positivo do eixo X, sua equação tem dois tipos.
- Se a diretriz de uma parábola é paralela ao eixo das ordenadas e sua concavidade é voltada para o sentido negativo do eixo X, sua equação poderá ser de dois tipos.

Além das parábolas côncavas para os lados, há também as clássicas parábolas com concavidade voltadas para cima e para baixo.

Figura 2: Parábola com concavidade para cima



Fonte: MACHADO, 2007

O estudo da reflexão da luz por espelhos de formato parabólico de diversas formas foi feito por filósofos e matemáticos da Grécia Antiga, principalmente o estudo relacionado com os espelhos que apresentam a propriedade de concentrar, em pontos determinados, raios luminosos paralelos incidentes, como ocorre com os espelhos esféricos e os parabolóides de revolução. Consideramos Apolônio de Pergacomo o principal estudioso com relação às cônicas. Ele escreveu uma obra, considerada por muitos, como o ponto máximo da matemática grega. Constituído por oito livros, só os sete primeiros chegaram ao século XXI. Destes, só os quatro primeiros existem em grego. Os

outros três existem em uma tradução árabe. Em 1710, Edmund Halley fez uma tradução latina dos oito livros, surgindo posteriormente traduções em outras línguas. (BOVOLENTA, 2005)

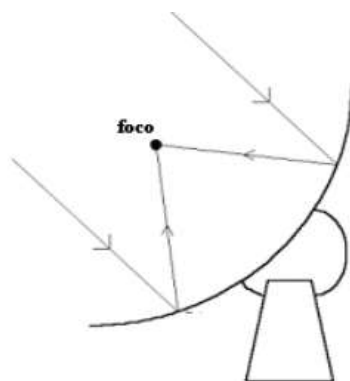
Os espelhos parabólicos tornam-se cada vez mais comuns no cotidiano. Existem diversas aplicações para esse tipo de espelho, desde refletores de luz em faróis de carros e telescópios, até refletores e receptores de ondas eletromagnéticas de diversas frequências, como nas transmissões de rádio e televisão. A sua principal característica, é que utilizada nesse experimento, é que as ondas mecânicas ou eletromagnéticas que nela incidem, convergem para um único ponto chamado foco. Na prática, só existem espelhos parabólicos côncavos, embora nada impeça que se construam espelhos parabólicos convexos.

Para entender por que as antenas utilizam refletores parabólicos, é preciso entender o papel do refletor. A antena, a rigor, não é o refletor, mas sim o receptor. O refletor é apenas o captador da energia radiante proveniente do satélite. Quanto maior o refletor, maior a quantidade de energia captada. Mas não basta captar essa energia, é preciso enviá-la ao receptor da forma mais eficiente possível, concentrando toda a radiação que incide na antena num só ponto. Como os satélites estão muito distantes, o que, para a óptica, significa estar no infinito, utilizam-se refletores parabólicos, que são estigmáticos para pontos localizados no infinito. Dessa forma, toda a radiação converge para o foco do refletor, onde se coloca o receptor da antena. Há ainda uma propriedade importante que acentua a vantagem do refletor parabólico. Ao contrário da esfera, cuja forma é única, existem parabolóides mais abertos ou fechados, o que torna possível projetar antenas com foco na posição tecnicamente mais propícia utilizando até mesmo focos secundários, como nas antenas parabólicas menores (BOVOLENTA, 2005).

A característica distinta de um espelho parabólico é que a luz emanada do ponto focal estará refletida em trajetos paralelos pelo espelho. Inversamente, os raios claros que viajam em trajetos paralelos diretamente para o espelho convergem ao ponto focal. Esse princípio é válido para todas as ondas, sejam mecânicas ou eletromagnéticas, portanto as ondas sonoras que incidem paralelamente ao eixo principal irão incidir no foco do espelho

(BOVOLENTA, 2005).

Figura 3: Raios incidentes em uma superfície parabólica são direcionados para seu foco.



Fonte: BOVOLENTA, 2008

2.2 Metodologia

A pesquisa teve início através de uma análise bibliográfica. Os estudos que fundamentaram o trabalho, que foram em sua maior parte encontrados no site Google Acadêmico, variam desde artigos de periódicos científicos até publicações online devidamente referenciadas que asseguram sua veracidade. Muito se utilizou também a plataforma RCAAP (Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal) para a obtenção de textos acadêmicos acerca da parábola e da energia fotovoltaica. Além dessas plataformas digitais, a Biblioteca SESI de Pelotas foi procurada para obtenção de livros relacionados à geometria analítica.

Os estudos, inicialmente, foram direcionados à parte matemática do projeto, com artigos que exploravam as parábolas. Posteriormente, obras que tratam sobre a energia fotovoltaica, painéis fotovoltaicos e à parte física do projeto, sobre termodinâmica e calor. A partir de então, foi elaborado o cronograma do projeto, desenvolvendo o plano de pesquisa, juntamente com a escrita do mesmo, associado a leitura e pesquisa de campo.

Para comprovação das hipóteses e análise de resultados, fez-se necessário a construção de um protótipo. Dessa forma, foi realizada uma visita técnica ao IFSUL (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense) - Campus Visconde da Graça - Pelotas/RS, que possui instalações de placas fotovoltaicas, contribuindo para elaboração e aperfeiçoamento do projeto.

A placa fotovoltaica utilizada no protótipo foi adquirida em uma cooperação com um docente do IFSUL - Campus Visconde da Graça. Ela foi produzida pela empresa Komaes Solar e possui uma potência de geração de 5W; gera uma intensidade de corrente elétrica de 0,286A; alcança uma tensão elétrica de 17,56 V; tem um peso de 0,9kg e dimensões 220 x 250 x 18mm.

Fotografia 1: Placa fotovoltaica utilizada no protótipo



Os estudos mostram que o uso da antena não só ampliaria a luz do sol no ponto focal, mas também a temperatura próximo a face da placa. Isso foi comprovado através de medições com uso de termômetros digitais.

Para quantificarmos a geração de energia que a antena parabólica seria capaz de amplificar, foi utilizado um multímetro, um aparelho usado para medições de grandezas físicas (tensão, corrente e resistência elétrica).

Para utilizar a antena parabólica com a finalidade do projeto, percebeu-se a necessidade de revesti-la com elementos refletores. Num primeiro momento utilizamos papel alumínio, mas o material não se mostrou o mais apropriado para o experimento, pois as partes amassadas acabavam dispersando raios, eles não convergiam para o foco.

Escolhemos, então, uma película plástica espelhada (insulfilm automotivo), configurando desta forma um espelho côncavo.

Após a finalização prévia do protótipo, demos início à coleta de dados. Os testes foram realizados em diferentes dias, horários e variações climáticas. Inicialmente posicionamos a placa solar sem a utilização da antena e, com o multímetro, medimos a tensão elétrica. Posteriormente, posicionamos a antena voltada para o sol e a placa na posição focal, onde o multímetro obteve maior tensão. A temperatura da placa fotovoltaica, com e sem o uso da antena parabólica, também foi medida. Repetimos os testes em dias com incidência menor de luz solar e os resultados foram muito próximos.

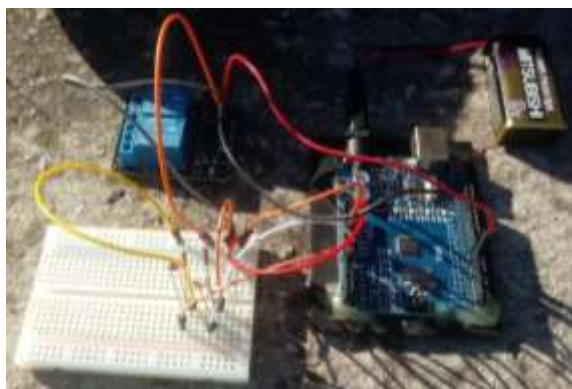
Após os primeiros testes, discutiu-se a necessidade de um suporte para antena e à placa fotovoltaica. A partir de tripés já existentes, ajustamos duas bases: uma para a antena parabólica e outra para a placa solar. A antena foi fixada no tripé com o uso de um parafuso e uma porca.

O tripé da placa solar já possuía um suporte, maior que a placa, sendo necessário apenas esmerilhar a parte excedente. Depois de retirar essas partes, foram feitos quatro furos, com o auxílio de uma furadeira, em cada extremidade da placa solar e quatro furos no suporte do tripé. Nesses furos, foram colocados parafusos e porcas, para fixar a placa no suporte, e, conseqüentemente, no tripé.

Fotografia 2: Posição da antena e placa durante os testes



Fotografia 3: Placa arduíno acompanhada de conectores e borne, com display LCD



2.3 Análise e resultados

Os testes foram feitos em horários e condições climáticas diversas. Em todos os testes os resultados foram positivos, registrando um aumento no valor medido da DDP quando comparada a placa sem o uso da antena parabólica e com o auxílio da mesma, assim potencializando a geração de energia fotovoltaica. As testagens abaixo explanadas foram realizadas em dias diferentes.

Tabela 1: Tabela referente aos dados coletados durante os testes

Tensão elétrica gerada sem o auxílio da antena parabólica	Tensão elétrica gerada com o auxílio da antena parabólica	Temperatura ambiente	Horário de realização do teste
17,4V	20,9V	16°C	16h58min
18,4V	21,4V	12°C	15h47min
17,1V	19,5V	15°C	15h52min
16,5V	20,4V	13°C	17h32min

As pesquisas e visitas técnicas com especialistas indicaram que em termos quantitativos, na cidade de Pelotas, os módulos solares instalados em residências demonstram um melhor desempenho na geração de energia com uma inclinação entre 15° e 30° voltado para o norte geográfico. Esse dado nos

auxilia na preparação de um futuro sistema automatizado de movimento da antena, semelhante a um seguidor solar.

6. CONCLUSÃO

Baseado nas análises qualitativas e quantitativas, é possível concluir que quando a placa solar está de frente à superfície parabólica, no momento em que a frente do módulo fotovoltaico (área de captação) não estiver alinhada com o sol, mas sim a superfície da antena parabólica, a antena refletirá e ampliará a DDP (ou tensão elétrica), devido a propriedade das parábolas de convergir os raios solares na placa, fazendo com que a mesma opere com capacidade equivalente ou superior ao desempenho obtido quando a placa está posicionada com a área de captação voltada para o sol.

O objetivo inicial foi atingido, construir um protótipo capaz de demonstrar que uma superfície parabólica reutilizada pode potencializar a captação da energia fotovoltaica, transformando as antenas parabólicas em um dispositivo que amplifica a geração de energia limpa e sustentável.

Está em construção a automação do protótipo, conectando a antena parabólica e a placa fotovoltaica através de um eixo, capaz de rotacionar o protótipo em um ângulo de 180°: um seguidor solar. Para isso, é esboçado que sejam utilizados um servo motor e uma placa arduíno.

O projeto está em desenvolvimento, os resultados são prévios. As visitas técnicas realizadas e a participação em mostras científicas e feiras contribuíram para compartilharmos nossa pesquisa e incorporar as sugestões dadas pelos avaliadores, na sua maioria docentes de universidades.

Aliar os conceitos desenvolvidos nas aulas de matemática, física e elétrica para minimizar a necessidade de altos investimentos para o aproveitamento da energia solar, criando um método alternativo com a intenção de utilizar uma pequena área e gerar o máximo de energia é a motivação para estudos futuros e aperfeiçoamento do projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Vanessa. **Os 10 maiores acidentes petrolíferos da história.** Exame. 10 out 2010. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/mundo/10-maiores-acidentes-petroliferos-historia-556774>. Acesso em: 20 ago 2017.

BERMANN, Célio. **Energia no Brasil, Para que? Para quem?:crise e alternativa para um país sustentável.** Editora Livraria da Física, 2002.

BOVOLENTA, Humberto D. **Telefone sem fio: espelhos acústicos parabólicos.** 2005. Instrumentação para ensino - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. [Orientador: Dirceu da Silva]

CASTRO, Rui MG. **Introdução à energia fotovoltaica.** DEEC/Secção de Energia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

CRESESB. **Centro de Referência para as energias Solar e Eólica Sérgio S. de Brito.** Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/> Acesso em: 11 jun 2018.

eCYCLE. **O que é energia hidrelétrica?** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2906-energia-hidreletrica>. Acesso em: 10 mai 2018.

EDP, Brasil. **História da energia.** Disponível em: <http://www.edp.com.br/pesquisadores-estudantes/energia/historia-da-energia/Paginas/default.aspx> . Acesso em: 06 nov 2017.

FOLHA DE S. PAULO (Brasil, São Paulo). In: FOLHA DE SÃO PAULO (SP). **Preço do petróleo despencou e caminha para a semana mais fraca em 6**

meses. São Paulo, 23 maio 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2019/05/preco-do-petroleo-despenca-e-caminha-para-a-semana-mais-fracas-em-6-meses.shtml>. Acesso em: 10 jun. 2019.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil.** Estudos avançados, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. **Energia Solar Fotovoltaica:** uma breve revisão. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2014.

MACHADO, Mirtes T. G. **Parábolas - As curvas preciosas.** 2007. Material didático (Programa de desenvolvimento educacional) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007. [Orientador: Dr. Ulysses Sodré].

MEYER, Rodolfo; NETO, Siqueira de M.. **Energia Renovável.** 18 abr 2015 Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>. Acesso em: 23 out 2017

MEYER, Rodolfo; NETO, Siqueira de M.. **O que é energia solar?**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-energia-solar-.html>. Acesso em: 20 ago 2017.

NEXO (SP). Rodolfo Almeida; NEXO (SP). Gabriel Zanlorenssi. **A produção, o consumo e o preço do petróleo no mundo ao longo dos anos.** [S. l.]: Conrado Corsalette, 6 jun. 2018. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/grafico/2018/06/06/A-produção-o-consumo-e-o-preço-do-petróleo-no-mundo-ao-longo-dos-anos>. Acesso em: 20 jun. 2019.

PAIVA, Manoel. **Matemática.** São Paulo. Moderna, 1999. p. 378-380.

PORTAL SOLAR. **Mercado de Energia solar no Brasil.** Empresa de PV. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br> Acesso em: 20 jun 2018

RIEGELHAUPT, Enrique Mario; PAREYN, Frans Germain Corneel. **A questão energética.** CAATINGA, 2010.

SACHS, Ignacy. **A revolução energética do século XXI.** Estudos avançados, v. 21, n. 59, p. 21, 2007.

SOLSTÍCIO ENERGIA. **Como funciona uma célula fotovoltaica?**. 17 ago 2017 Disponível em: <https://www.solsticioenergia.com/2017/08/17/como-funciona-celula-fotovoltaica/>. Acesso em: 06 mar 2018.

UTO, Letícia Neiva. **A energia solar fotovoltaica e seu mercado no Brasil.** 2012. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Econômicas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/121649>.

VALLÊRA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. **Meio século de história**

fotovoltaica. Gazeta da física, v. 29, n. 1, p. 10-15, 2006.

WAGNER, Eduardo. **Por que as antenas são parabólicas.**RPM, v. 33, p. 10-15, 1997. Disponível em: http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri/modulo4/complementos/antenas_parabolas1.pdf, acesso em abril/2018.