ESTUDO DA CURVA DE RADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE BAGÉ UTILIZANDO MÉTODOS NUMÉRICOS.

Elunize Baierle [1]

Mitiâni Tavares Fábrica Martins [2]

Marina Bresolin Rodrigues [3]

Leandro Blass [4]

Resumo:

O sol é a principal fonte de energia do planeta, capaz de suprir toda a demanda energética da terra, sendo assim, o estudo da radiação solar se torna cada vez mais importante devido as suas várias aplicações, além do uso na geração de energia elétrica, também é empregado na agricultura e no estudo do clima. Portanto, elaborou-se este trabalho para a componente curricular de cálculo numérico, o qual pretende analisar os dados da radiação solar no município de Bagé durante o ano de 2017, com o objetivo de realizar ajustes para a curva desse conjunto de dados pelo método dos mínimos quadrados, foi testado duas funções com diferente grau polinomial para então encontrar a curva característica com menor erro para os dados. Além do mais, o projeto serviu como um estimulador para a disciplina, visto que os alunos resolveram um problema prático relacionado com suas futuras áreas de atuação, aumentando o interesse e, consequentemente, o rendimento acadêmico.

Palavras-chave: Radiação Solar, Métodos Numéricos, Ajuste de Curvas.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ESTUDO DA CURVA DE RADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE BAGÉ UTILIZANDO MÉTODOS NUMÉRICOS.

[1] Aluno de graduação. elunize@alunos.unipampa.edu.br. Autor principal

[2] Discente. mitianitf@gmail.com. Co-autor

[3] Discente. marinabresolinr23@gmail.com. Co-autor

[4] Docente. leandroblass@unipampa.edu.br. Orientador

ESTUDO DA CURVA DE RADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE BAGÉ UTILIZANDO MÉTODOS NUMÉRICOS.

1 INTRODUÇÃO

O sol é a principal fonte de energia primária do planeta terra, seu calor é responsável desde o movimento das correntes marítimas até a fotossíntese das plantas, ou seja, direta ou indiretamente ele está sempre presente na vida humana. Além disso, é uma fonte não poluente e pode ser considerada inesgotável.

A energia total incidente sob a superfície terrestre é chamada de radiação solar, em unidades físicas, ela é definida como a quantidade de calor por unidade de área por tempo (KW/m2). Vários fatores podem influenciar na sua incidência, como as condições climáticas e atmosféricas, latitude local e a posição solar em relação ao referencial.

A radiação solar na natureza interfere diretamente no crescimento das plantas e aos seres humanos ela proporciona a vitamina D, fundamental para a saúde. Entretanto, um período grande de exposição a radiação solar pode provocar câncer de pele, entre outros problemas. Além disso, há muitas aplicabilidades no uso da radiação solar a fim de facilitar a vida humana, como para a geração de energia elétrica, através de painéis fotovoltaicos e para o aquecimento de água, pelos coletores solares.

Um estudo recente apresentado no 5° Encontro de energia no meio rural e geração distribuída afirma que:

> Somente parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Mesmo assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (MOGAWER et al, 2004).

Com esta citação percebe-se todo o potencial da energia solar que não é utilizado, podendo suprir toda nossa necessidade energética. Além disso, a utilização da energia solar traz várias vantagens econômicas e ambientais, explicadas na citação a seguir, retirada da dissertação de mestrado de Cássio Araújo do Nascimento:

> A utilização da energia solar possui várias vantagens, como a economia na conta de energia, a diminuição da demanda pela energia do sistema nacional, adiando assim, a construção de novas barragens e usinas termelétricas e nucleares, que geram diversos impactos – ambientais e por ser uma fonte de energia renovável e limpa, sem produzir resíduos poluentes (ARAUJO DO NASCIMENTO, 2004).

Sendo assim, este estudo cabe analisar o comportamento da curva de radiação solar durante o ano de 2017 no município de Bagé, região da campanha do Rio Grande do Sul, ou seja, encontrar uma função que descreva ou se aproxima do comportamento da curva da radiação solar durante o ano. Tendo como objetivo servir de base tanto para o planejamento da agricultura como para a geração de energia no município, buscando diversificar a matriz energética na região e ampliar o uso das fontes renováveis de energia.

2 METODOLOGIA

Para a análise da radiação solar no município de Bagé, obteve-se os dados no site da estação meteorológica do INMET, que tem uma de suas sedes localizada na EMBRAPA da cidade de Bagé. A estação fornece informações sobre as medidas realizadas a cada hora sobre radiação, volume de chuvas, temperatura, vento entre outros parâmetros.

Tomou-se como base o ano de 2017, analisando o índice de radiação solar positivo em cada dia, ou seja, as medidas entre as 9h e 22h de cada dia. Com a coleta destes dados, calculou-se (Equação 1) a média aritmética da incidência mensal de janeiro a dezembro.

$$M_x = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_n}{n} \quad [1]$$

Onde, M_x é a média mensal, x_n a radiação obtida em cada hora e n o número de medições por mês.

Os valores obtidos são analisados na tabela a seguir:

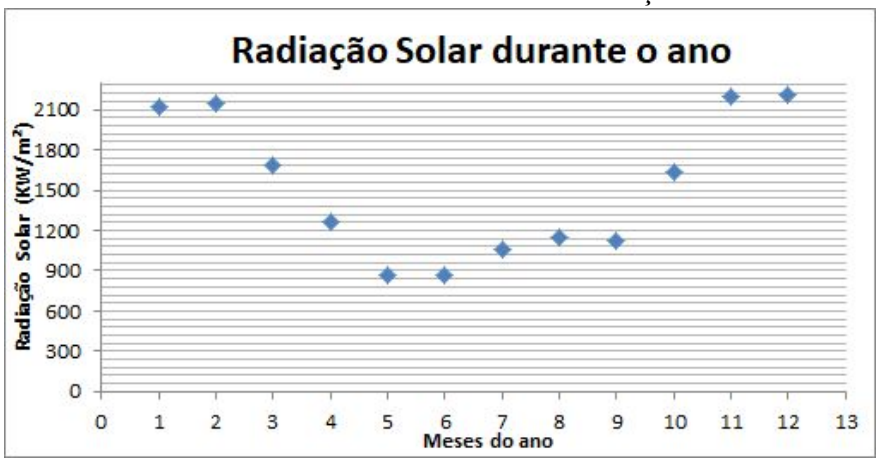
Tabela 1 - Média da radiação solar mensal durante o ano de 2017.

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Radiação (kW/m²)	2119,1	2139,8	1682,2	1266,1	873,1	867,3	1059,2	1144,1	1126,9	1630,6	2199,5	2206,1

Fonte: INMET, 2017.

A Figura 1 representa o gráfico da radiação em função dos meses do ano, os dados da Tabela 1.

Figura 1 - Gráfico da incidência média mensal de radiação solar durante o ano.



Fonte: dos autores, 2018.

Para o estudo da curva da radiação, resolveu-se o problema utilizando o método dos mínimos quadrados a fim de obter uma equação que mais se aproxima da curva analisada. Ou seja, com o auxílio do *software* MatLab (Matrix LaBoratory), por ser uma ferramenta matemática de alta performance e voltado para métodos numéricos, realizou-se dois tipos de ajustes: Ajuste Polinomial de 5° Grau e Ajuste Polinomial de 6° Grau.

Ajuste Polinomial de 5° Grau

Para a realização do ajuste polinomial de 5° Grau, inseriu-se o código da Figura 2 no *software.*

Figura 2 - Código do Ajuste Polinomial de 5° Grau.

```
poli6.m | poli5.m*
2 -  x=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];
3 -  y= [2119.07 2139.803 1682.192 1266.056 873.1434 867.3183 1059.197 1144.119 1126.904 1630.55 2199.519 2206.1];
4    %Plota o gráfico dos pontos
5 -  plot(x,y,'or')
6    %calculo do polinômio de ajuste de grau 5
7 -  p=polyfit(x,y,5)
8    % Resolve o polinomio nos pontos do novo vetor p
9 -  y=polyval(p,x)
10    %Congela o grafico
11 - hold on
12   % Plota função nos pontos ajustados
13 - plot(x,y)
```

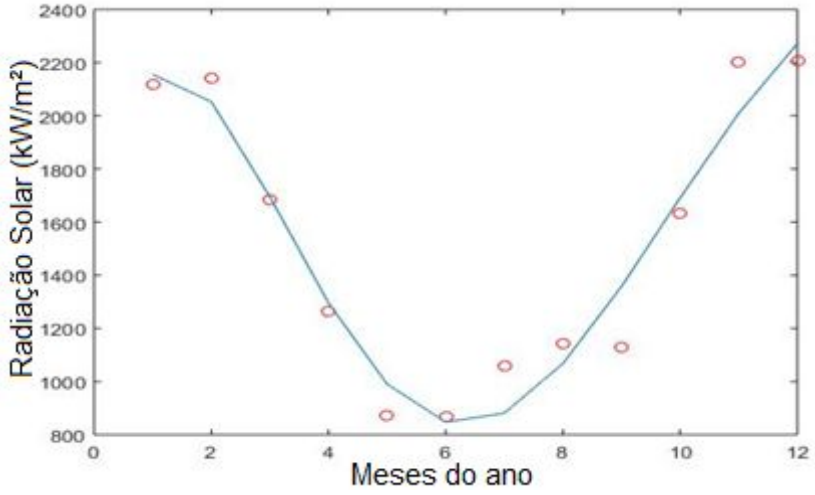
Fonte: dos autores, 2018.

Rodando o programa, obtém como resultado a função polinomial de Grau 5 observada na Equação 2.

$$R(x) = 0,1x^5 - 5.1x^4 + 79,4x^3 - 487,1x^2 + 876,4x + 1691,4 \quad [2]$$

Obtendo o gráfico da Figura 3, onde, o eixo x são os meses do ano e o eixo y a radiação. Em vermelho estão representados os pontos da radiação coletados e a linha em azul é a função encontrada pela a realização do ajuste.

Figura 3- Gráfico plotado para o ajuste polinomial de 5° grau.



Fonte: dos autores, 2018.

Nota-se que através do ajuste polinomial de grau 5 a curva encontrada aproxima-se dos pontos de radiação, em vermelho, adequando-se para esse tipo de aplicação.

Ajuste Polinomial de 6° Grau

A fim de diminuir o erro e obter uma função ainda mais exata, repetiu-se o processo de ajuste polinomial, agora para grau 6. Então, inseriu-se o código da Figura 4 no *software,*obtendo o ajuste polinomial de 6° grau:

Figura 4 - Código do Ajuste Polinomial de 5° Grau.

```
lin1.m | poli6.m | poli5.m | exp1.m
1   % Entrada dos dados
2 - x=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];
3 - y= [2119.07 2139.803 1682.192 1266.056 873.1434 867.3183 1059.197 1144.119 1126.904 1630.55 2199.519 2206.1];
4   %Plota o gráfico dos pontos
5 - plot(x,y,'or')
6   %calculo do polinomio de ajuste de grau 6
7 - p=polyfit(x,y,6)
8   % Resolve o polinomio nos pontos do novo vetor p
9 - y=polyval(p,x)
10   %Congela o grafico
11 - hold on
12  % Plota função nos pontos ajustados
13 - plot(x,y)
```

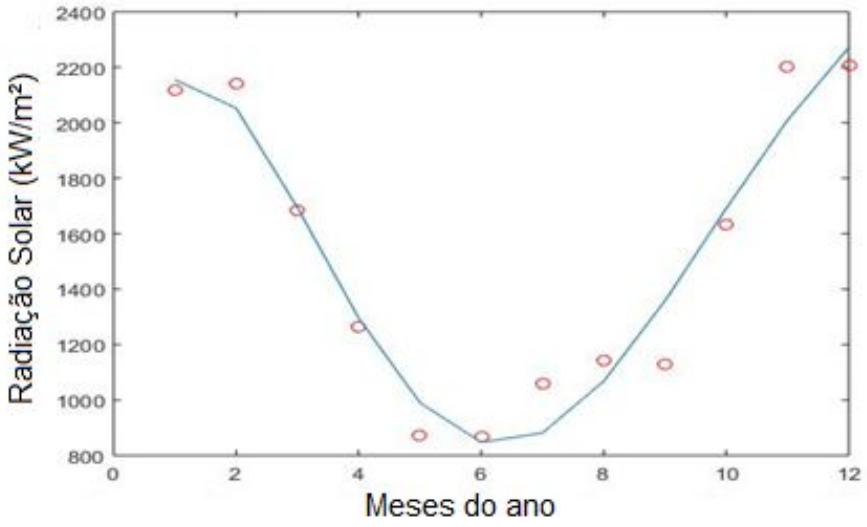
Fonte: dos autores, 2018.

Com o resultado do programa, tem-se a função polinomial de Grau 6 encontrada pelo ajuste na Equação 3, e o gráfico desta função pode ser observado na Figura 5.

$$R\,(x) = \; -\; 0,1x^6 + 5,7x^5 - 89,8x^4 + 699,3x^3 - 2750,3x^2 + 4628,9x - 390,5 \qquad [3]$$

Na Figura 5, pode-se observar o gráfico desta função.

Figura 5- Gráfico plotado para o ajuste polinomial de 6° grau.



Fonte: dos autores, 2018.

Percebe-se que a função do ajuste polinomial de 6° grau também se aproxima dos pontos marcados pela curva característica do problema, assim como o polinômio de 5° grau.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Para a análise da compatibilidade das funções com a curva da radiação real, calculou-se o erro relativo em cada mês, pela Equação 4, e após somou-se todos os resultados a fim de analisar qual função melhor representa esta curva, demonstrada na Tabela 2.

$$ERRO_{relativo} = \frac{R(x)_{prática} - R(x)_{função}}{R(x)_{prática}} \qquad [4]$$

Na qual, o $R(x)_{prática}$ é o obtido pelos dados coletados, e o $R(x)_{função}$ o encontrado pelas funções analisadas.

Tabela 2 - Cálculo do Erro Relativo para os quatro tipos de ajuste.

	Polinomial de 5°	**Polinomial de 6°**
Soma	**0,838018**	**0,545641**

Fonte: dos autores, 2018.

Com este cálculo, percebe-se que a função que mais se adaptou foi a encontrada pelo ajuste polinomial de 6° grau, Equação 3. Também observa-se que o erro diminuiu conforme o grau do polinômio aumenta, quanto maior o grau do polinômio, mais aproximada a curva característica, adequando-se mais ao problema e diminuindo o erro relativo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo desenvolvido para o ajuste de curvas, pode-se constatar que o ajuste polinomial de sexto grau foi o mais apropriado para o gráfico de incidência de radiação mensal no município de Bagé referente ao ano de 2017.

Verifica-se que a aplicação deste trabalho é pertinente pois a partir da equação característica consegue-se encontrar a radiação aproximada incidente em determinado mês do ano. As informações sobre radiação obtidas através da equação podem ser úteis para várias aplicações, como já citadas.

Quanto a implementação numérica do método através do software MATLAB, constatou-se sua eficácia, pois os resultados obtidos são coerentes com os encontrados utilizando meios de cálculo alternativos. Ressalta-se importância dos métodos numéricos computacionais que tornam a resolução do problemas mais rápida e precisa.

Além do mais, este trabalho contribuiu com a aprendizagem dos métodos dos mínimos quadrados, modelo utilizado que permite realizar um ajuste em um conjunto de pontos, buscando a minimização dos erros. Também, trouxe uma abordagem para a resolução de um problema prático e relacionado com as áreas de atuação dos alunos, ultrapassando a teoria apresentada na componente curricular de Cálculo Numérico, o que aumenta o interesse dos alunos, e consequentemente aumenta o desempenho acadêmico.

REFERÊNCIAS

ARAUJO DO NASCIMENTO, C. Princípio De Funcionamento Da Célula Fotovoltaica. 2004. Dissertação (Pós-Graduação Lato-Sensu em Fontes alternativas de energia), Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

Brasil. Instituto Nacional de Meteorologia, Estação Meteorológica. Dados de incidência solar. Bagé, RS. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDados Codigo_sim.php?QTgyNw==>. Acesso em: 1 jun. 2018.

MOGAWER, T.; MIGUEL DE SOUZA, T. Sistema solar de aquecimento para residências populares. LN: Anais do 5°. Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída; outubro 2004; Campinas. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2004.