**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

**CENTRO DE TECNOLOGIA**

**CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**TRACKER**

**BRUNO GABRIEL FLORES SAMPAIO**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2021**

**RESUMO**

**ABSTRACT**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE GRÁFICOS**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE EQUAÇÕES**

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**LISTA DE SIMBOLOS**

**SUMÁRIO**

[1. Introdução 3](#_Toc81584168)

[1.1 Aspectos gerais 3](#_Toc81584169)

[1.2 Antecedente do problema 6](#_Toc81584170)

[1.3 Descrição do problema 7](#_Toc81584171)

[1.4 Objetivo 7](#_Toc81584172)

[2. desenvolvimento 8](#_Toc81584173)

[2.1 Cálculo de incidência de raio solares na superfície terrestre 8](#_Toc81584174)

[2.1.1 Os movimentos da Terra 8](#_Toc81584175)

[2.2 Cálculos para captação da radiação solar 11](#_Toc81584176)

[2.3 Variáveis necessárias para a incidencia dos raios solares em painéis seguidores 12](#_Toc81584177)

[2.4 Local e condições 13](#_Toc81584178)

[2.5 Dilineamento e tratamento do problema 13](#_Toc81584179)

[2.6 Controle das condições de experimento 13](#_Toc81584180)

[2.7 Variáveis 13](#_Toc81584181)

[2.8 Análise estatística 13](#_Toc81584182)

[3. Resultados 13](#_Toc81584183)

[3.1 Resultados estatísticos 13](#_Toc81584184)

[3.2 Estatisticas descritivas e inferenciais 14](#_Toc81584185)

[3.3 Significancia dos dados 14](#_Toc81584186)

[3.4 Analise final pré discussão 14](#_Toc81584187)

[4. Discussão 14](#_Toc81584188)

[4.1 Relação entre resultado e hipótese 14](#_Toc81584189)

[4.2 Interpretação dos resultados 14](#_Toc81584190)

[4.3 Inplicações teóricas da pesquisa 14](#_Toc81584191)

[4.4 Confiança estimada da conclusão 14](#_Toc81584192)

[4.5 Restrições de projeto 14](#_Toc81584193)

[4.6 Recomendações para pesquisas futuras 14](#_Toc81584194)

[Conclusão 14](#_Toc81584195)

[Bibliografias 15](#_Toc81584196)

[ANEXO 17](#_Toc81584197)

[aPÊNDICE 17](#_Toc81584198)

# Introdução

## Aspectos gerais

Precedendo a era heliocentrista, baseados nos fortes argumentos propostos por Aristóteles (384 a.C. a 322 a.C.) e Ptolomeu (90 d.C. – 168 d.C.) de que a Terra era o centro do universo, adotou-se a visão geocentrista do mundo. Não é descabível pensar na terra ocupando o centro do universo e todos os astros girando em seu torno quando leis fundamentais da natureza ainda eram desconhecidas e as teorias eram obtidas com bases experimentais e através da pura observação, somados a recursos muito limitados.

No entanto, rompendo tais ideologias e indo contra a verdade adotada na época, Nicolau Copérnico (1473-1543), no ano de 1543, já em seu leito de sua morte, publicou uma obra “Da revolução de esferas celestes”, tradução livre para o português de “*De Revolutionibus Orbium Coelestium*”, um livro que continha todos os anos de pesquisa de Copérnico acerca do movimento do sol e os demais corpos celestes conhecidos na época com forte embasamento matemático. Além disso, Copérnico pela primeira vez apresentou publicamente a ideia de que o planeta Terra realiza 3 tipos de movimentos, sendo eles: O movimento de rotação em torno do seu próprio eixo (Rotação diária), o movimento de translação, que realiza ao redor do sol (Volta anual) e o movimento de precessão que realiza em torno do seu eixo eclíptico (inclinação anual de seu eixo). Tal livro gerou uma verdadeira revolução na maneira como o mundo era visto na época e foi o responsável por posteriormente derrubar por terra as teorias Geocentristas vigentes na época (COPÉRNICO, 2003).

Servindo de inspiração para outros grandes nomes da física, como Johannes Kepler (1571 - 1630) que em seu livro “Astronomia Nova” publicado em 1610, apresentava as suas duas primeiras leis acerca do movimento dos planetas ao redor do sol (TOSSATO; MARICONDA, 2010) e Galileu Galilei (1564 – 1642) com seu folheto “Mensageiro Sideral”, tradução livre de “*Sidereus Nuncius*”, publicado em 1610 que apresentou observações feitas do espaço através de telescópios desenvolvidos pelo próprio Galileu, trazendo novos fatos acerca do que viria ser descoberto como a Via Láctea e o universo, trazendo consigo fortes argumentos que confrontavam o geocentrismo.

Esses cientistas foram muito importantes nos seus campos de pesquisa e dedicaram suas vidas, arriscando-se para fazer ciência em um tempo que isso não era permitido, pois iniciaram uma busca por conhecimento nos céus, estudando os astros que nos rodeiam e trazendo informações a cerca deles, que formam a base de tudo que se é aprendido e aceito hoje.

Com as descobertas do comportamento dos astros, pode-se então compreender suas características de movimento, traçar trajetórias, calcular suas posições e fazer previsões de posição de cada um no céu de maneira precisa. Quando focamos no Sol como nosso astro de estudo, tais feitos se tornam ainda mais importantes uma vez que o sol é uma grande fonte de energia, principalmente nos dias de hoje, ao qual somos capazes de aproveitar sua energia, não apenas no âmbito da agricultura ou arquitetura, mas também como uma fonte geradora de energia elétrica inacabável.

Com as descobertas feitas por Alexandre Edmond Becquerel em 1839 quando descobriu o efeito fotovoltaico, efeito que transforma a energia dos raios solares em energia elétrica e Willoughby Smith que mais tarde, em 1873 descobriu a fotocondutividade do selênio, que originalmente era um isolante, mas se comportava como um condutor na presença de raios solares e não apenas conduzia eletricidade como também era capaz de gera-la, teve-se em 1883 a criação da primeira célula fotovoltaica por Charles Fritts e em 1958, Russell Ohl patenteou o primeiro sistema fotovoltaico, o mais próximo do que temos hoje (RICHARDSON, 2018), um sistema capaz de produzir energia elétrica através dos raios solares que poderia ser facilmente instalado em qualquer lugar.

Não se sabia na época que tais descobertas e invenções iriam mudar a forma como a geração de energia passou a ser feita ao redor do mundo, tornando a geração solar uma das principais e mais cobiçadas fontes geradoras de energia renováveis no planeta. Atualmente há um grande número de incentivos em escala global para essa prática de geração, um reflexo dos incentivos mencionados, foi a produção primária de energia solar por painéis fotovoltaicos aumentando 395% entre 2003 e 2013, frente a 56% das outras fontes renováveis. Somente o crescimento da geração de energia eólica superou a energia solar nesse período (SILVA, 2015).

No Brasil, em 2021 a marca de geração solar está para atingir 8GW de potência (sieBRASIL, sd), representando apenas 4% da geração de energia no país, como mostrado na Tabela 1, um valor baixo se comparado ao potencial de geração que esse tipo de tecnologia pode nos oferecer. Atualmente, a maior usina de geração solar do Brasil está localizada na cidade de São Gonçalo do Gurguéia, no Piauí. Contando com mais de 2.2 milhões de painéis solares em uma região semiárida do Brasil podendo chegar a gerar 2,2TW por ano de energia (GREEN POWER, 2021) sendo também considerada a maior Usina de geração solar da América do sul. A Usina de São Gonçalo por sua vez, conta com um sistema de rastreio do sol com um grau de liberdade, sendo capaz de seguir o sol no seu movimento de azimute e zenite, variado sua inclinação com o solo devido sua posição geográfica favorecida.

Tabela 1: Relação dos diferentes tipos de geração elétrica no Brasil.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo de geração | Unidade | Produção | Percentagem |
| Hidrelétrica | MW | 109294,05 | 60,89% |
| Eólica | MW | 17146,13 | 9,55% |
| Solar | MW | 7922,22 | 4,41% |
| Térmica | MW | 43152,37 | 24,04% |
| Nuclear | MW | 1990,00 | 1,11% |
| Total | MW | 179504,77 | 100,00% |
| Valores referentes a 01 set 2021 | | | |

Fonte: adaptação de sieBRASIL, sd

Ao contrário dos painéis móveis, os painéis solares fixos, que possuem uma limitação de irradiação que se agrava na medida em que se sai das regiões próximas à linha do equador. Devido aos movimentos do sol ao longo do dia (rotação), somados aos movimentos do sol ao longo do ano (translação), os painéis fixos perdem grande parte da irradiação que poderiam receber no período do dia. Estima-se que 40% da energia solar é desperdiçada para configurações de painéis fixos em regiões afastadas da linha do equador quando comparados com painéis não fixos com 2 graus de liberdade e até 30% com apenas um grau de liberdade (VALLDOREIX GREENPOWER, 2015).

Com esta perspectiva de rendimento, propoem-se o estudo e desenvolvimento de um sistema capaz de rastrear o sol, a fim de aumentar a produtividade dos painéis solares durante a irradiação diária de luz. Os sistemas capazes de realizar essa tarefa são comumente chamados de *Trackers,* nomenclatura que será adotada para se referir ao sistema. O rastreio do sol pode ser feito de duas maneiras, possuindo apenas um grau de liberdade, geralmente associado ao movimento de giro do sistema, seguindo o ângulo de azimute do sol, com inclinação fixa e os de dois graus de liberdade, associados aos movimentos de giro e inclinação do painél, associados respectivamente aos gruas de azimute e zenite do sol. O sistema a ser desenvolvido possuirá dois graus de liberdade.

## Antecedente do problema

O Brasil é um país de grande área territorial, possuindo muitos climas e caracteristicas próprias em cada região, possuindo predominantemente um clima tropical, semiárido e subtropical. Por possuir áreas que cortam desde a linha do equador até regiões subtropicais, a geração de energia solar torna-se um problema para as regiões mais afastadas da linha do equador, necessitando de sistemas mais inteligentes e capazes de gerar mais energia com menos irradiação solar. Na Figura 1 podemos ver os níveis de irradiação anuais médios para irradiação solar normal no território brasileiro. Destacam-se duas regiões no mapa, sendo a primeira região, a região de clima semiárido em vermelho, localizados aproximadamente em 10ºS 45ºW, que correspondem a zonas ideias para a implementação de usinas de paineis solares fixos ou de um grau de liberdade como a de São Gonçalo e a segunda região localizada aproximadamente a 30ºS 54ºW, de clima subtropical correspondente ao estado do Rio Grande do Sul que será o ponto estudado.

Fonte: (PEREIRA, E. B., 2017)

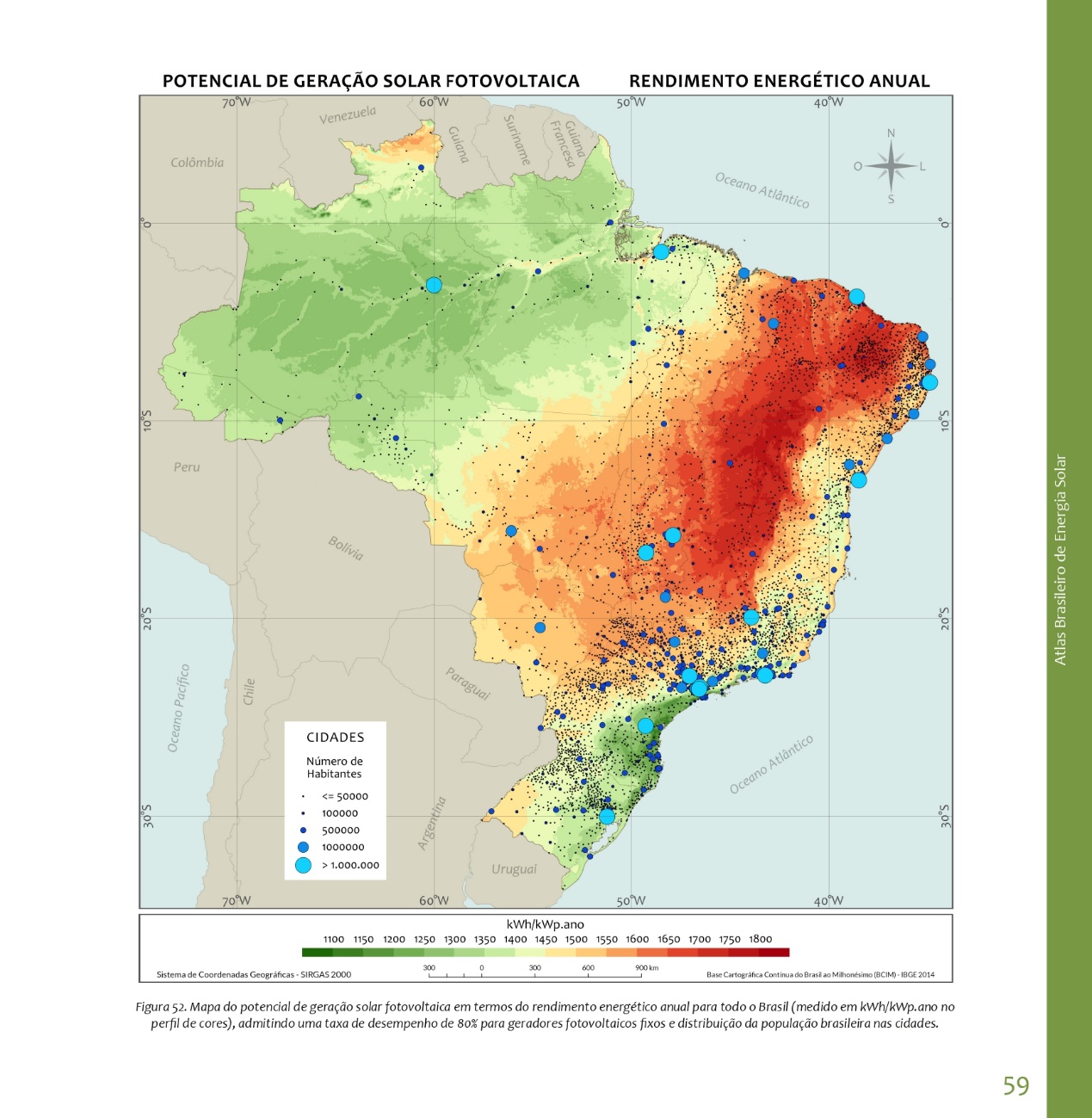


Figura 1: Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano )

## Descrição do problema

Devido à baixa incidência de luz solar anual nas regiões de clima subtropicais, como o caso da região de estudo localizada no Rio Grande do Sul, é necessário que se tire ao máximo do proveito de toda luz diária para que seja possível se montar uma usina de geração solar eficiente e que competitiva como a apresentada.

## Objetivo

Tendo em vista o problema e tomando os conhecimentos estimados da produtividade de seguidores solares de dois graus de liberdade (2 eixos), é necessário se fazer a comparação dos resultados de geração elétrica para painéis solares dotados de tal sistema com a geração tradicional e de um grau de liberdade (1 eixo). Com base na comparação da geração dos 3 sistemas, pode-se estimar a viabilidade do emprego de sistemas mais complexos ou a falta de necessidade caso os resultados não sejam satisfatórios.

A fim de fazer o rastreio solar, será necessário se ter os dados de posição solar, que serão calculados via *software* a fim de fazer o controle dos atuadores do sistema. Para a realização dos cálculos, será usado artifícios matemáticos empregados em cálculos meteorológicos a fim de se estimar a posição do sol em cada instante do dia. Para isso será usado uma unidade de processamento e controle individual para cada sistema, a qual serão realizados os cálculos de posição e atuação do *Tracker*.

A fim de comparações, serão desenvolvidos 3 sistemas de rastreio impondo limitações em dois deles, estando eles:

* 2 eixos em funcionamento;
* 1 eixo em funcionamento e 1 eixo fixo;
* 2 eixos fixos.

Dessa forma, captando os valores de geração para um mesmo local e dia, será possível avaliar o desempenho individual de cada sistema a fim de comparação. O foco principal de desenvolvimento estará na estrutura mecânica do sistema, nas etapas envolvidas para fazer a sua atuação, métodos de supervisão e nas formas de controle da estrutura geradora.

# DESENVOLVIMENTO

Estudando o atlas brasileiro de geração solar, observa-se que o Rio Grande do sul possui zonas de irradiação amenas, quando comparadas a outras regiões do Brasil como mostrado na Figura 1. No entanto, o nível de irradiação é suficientemente bom para se produzir energia elétrica suficiente para a criação de usinas elétricas lucrativas ou produção residencial. No levantamento realizado pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) em 2020, tinha-se que o Rio Grande do Sul estava em segundo lugar no ranking nacional de potência instalada em sistemas de microgeração e minigeração, batendo a marca dos 400MW, representando 10% do consumo de energia elétrica dos gaúchos. A posição incluía indústrias, comércios, empresas, casas, zonas e produtores rurais, bem como edifícios públicos. Além disso, a energia solar fotovoltaica é a fonte de energia alternativa que mais cresce no Rio Grande do Sul (ABSOLAR, 2020).

E segundo o Atlas solar do Rio grande do Sul, de acordo com os valores de irradiação levantados, tornam qualquer região do território gaúcho viável à implantação de projetos de aproveitamento solar dentro dos limites de inserção no Sistema Elétrico regional, ou em sistemas isolados (RIO GRANDE DO SUL, 2018).

Dessa forma, o primeiro passo para se iniciar o desenvolvimento da estrutura do *Tracker* está em entender os conceitos físicos envolvidos na irradiação solar na superfície terrestre, da captação da radiação solar e quais variáveis devem ser levadas em consideração para estimar-se as melhores posições físicas do sistema na posição geográfica requerida.

## Geometria da Terra e os movimentos do sol

### Sistema de coordenadas – Latitude (j) e Longitude (l)

Para melhor entendimento dos conceitos e nomenclatura abordados no corrente documento, serão abordados os conceitos necessários para se fazer o estudo da esfera celeste, nome dado a esfera imaginária que envolve o planeta Terra e estão localizados os corpos celestes projetados a partir de um observador na superfície terrestre (Figura 2). O nome advém das observações feitas na Grécia antiga, o qual ao observarem o céu a noite, indubitavelmente se sentiam ao centro de uma grande esfera incrustada de estrelar e corpos celestes, que giravam de leste para oeste, o que trazia uma conclusão de que essa esfera estava fixa nas extremidades e assim criaram os polos celestes o que hoje conhecemos como polos geográficos que compõem o eixo de rotação da Terra.

Fonte: (MILONE, 1999)

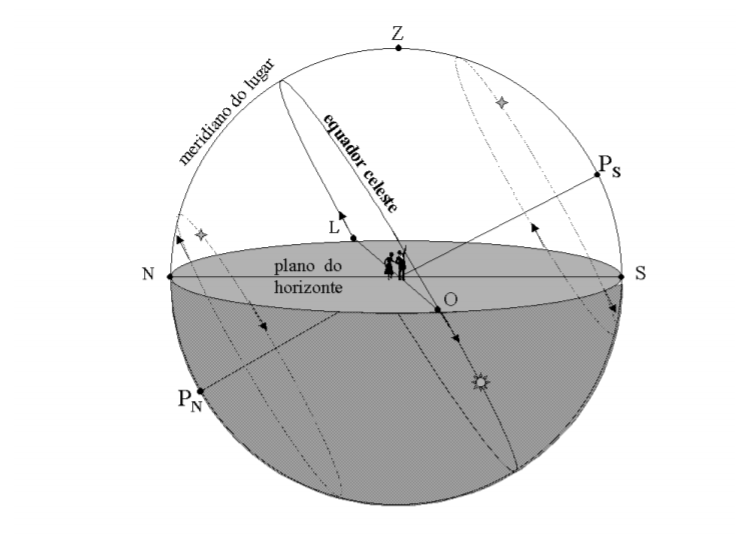


Figura 2: Esfera celeste vista por um observador sobre a Terra.

Pode-se então definir referencias fixos para se mapear a superfície terrestre através de coordenadas. Dessa forma, foi traçado um plano fundamental que corta a esfera em duas metades, passando ao centro da mesma de forma transversal ao eixo de rotação, sendo a circunferência gerada por esse corte chamada de Equador celeste ou Linha do equador como conhece-se atualmente, que definem a referência para os paralelos terrestre. Após definido a Linha do equador, traça-se um corte transversal arbitrário ao equador e define-se o meridiano principal ao qual conhecemos como Meridiano de *Greenwich,* em homenagem ao Observatório Astronômico Real de *Greenwich*. Com essas duas definições, tem-se a esfera celeste dividida em 4 grandes quadrantes. Norte e Sul, definidos pela Linha do equador e Leste e Oeste definidos pelo Meridiano de *Greenwich.*

Com isso, poder-se-ia estabelecer uma hora zero e convencionar as latitudes e longitudes para a posição geográfica terrestre, ideias essas já conhecidas e usadas por Ptolomeu. Estabeleceu-se então, que as circunferências paralelas à Linha do Equador seriam os graus de Latitude (j) e as circunferências paralelas ao Meridiano de *Greenwich*, seriam os graus de Longitude (l). Existem as Latitudes Geográficas, quando adotamos a Terra como uma esfera perfeita (sem o achatamento nos polos) e Latitudes Geodésica, quando se leva em consideração o formato elipsoidal da Terra e o mesmo acontece com a Longitude, existindo a Longitude Geográfica e Longitude Geodésica.

Para os graus de latitude, bastam 180 graus para se percorrer de cima a baixo o globo terrestre, sendo o marco 0º a própria Linha do Equador, definindo, portanto, valores positivos de latitude todos os paralelos acima da linha do equador, definidos como Norte terrestre (0º a 90º) e os valores negativos, todos os paralelos abaixo da Linha do Equador, definidos como Sul terrestre (-90º a 0º). Para os graus de longitude, no entanto, são necessários 360 graus para se definir a esfera terrestre. Tendo a marca 0º definida sobre o Meridiano de *Greenwich*, adotou-se medidas de valores negativos para toda porção a Esquerda desse meridiano, definido como a região Oeste terrestre (-180º a 0º) e valores positivos para toda porção a Direita do meridiano, definido como Leste terrestre (0º a 180º). Dessa forma, bastam dois valores de graus para se estabelecer qualquer posição à superfície terrestre como ilustrado na Figura 3(IBGE, 1999).

Fonte: (IBGE, 1999)

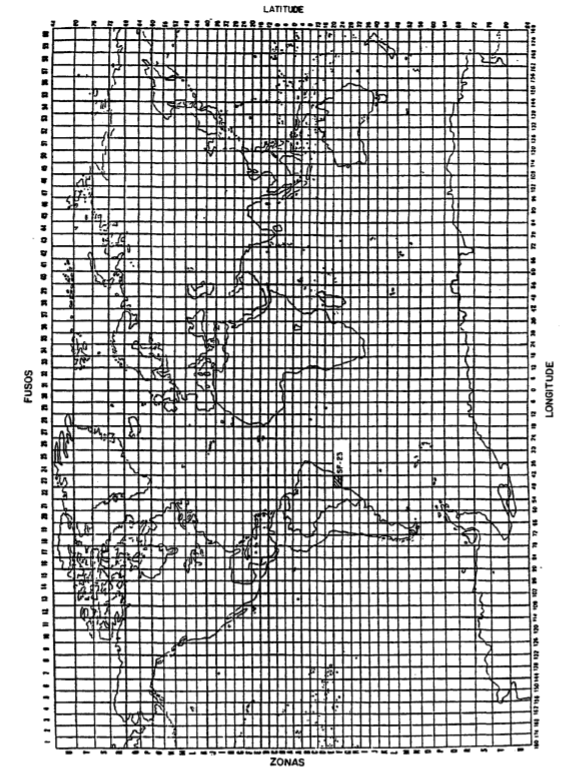


Figura 3: Mapa mundial com a divisão geográfica de Latitude e Longitude

### Os movimentos da Terra

Nicolau Copérnico, na sua obra “*Commentariolus*”, introduziu 7 axiomas a cerca do movimento planetário assim como, introduziu os 3 principais movimentos que a terra realiza em sua orbita sobre o sol: Revolução, Translação e Precessão. E com demasiada precisão, em sua obra “Da revolução de esferas celestes” as comprova através de artifícios matemáticos e a observação dos astros, sendo Keppler capaz de definir as trajetórias que o planeta Terra realiza no espaço e com isso desmitificou fenômenos já muito conhecidos, como os equinócios e solstícios além de explicar o fenômeno das trocas de estações. Mais tarde tais movimentos foram confirmados por Galileu e Isaac Newton (1642 - 1726), que foram capazes de definir as trajetórias dos corpos celestes através da sua estrela. Kepler definiu três leis simples a cerca desses movimentos: Lei das órbitas, Leis das áreas e sua Terceira lei de Kepler (GARMS & CALDA, 2018)

A primeira lei de Kepler, também conhecida como Lei das órbitas, fala que os planetas movimentam-se descrevendo órbitas elípticas, em que o Sol ocupa um dos focos da elipse, como mostra a Figura 2.

Fonte: (BIOLOGIA TOTAL, 2020)

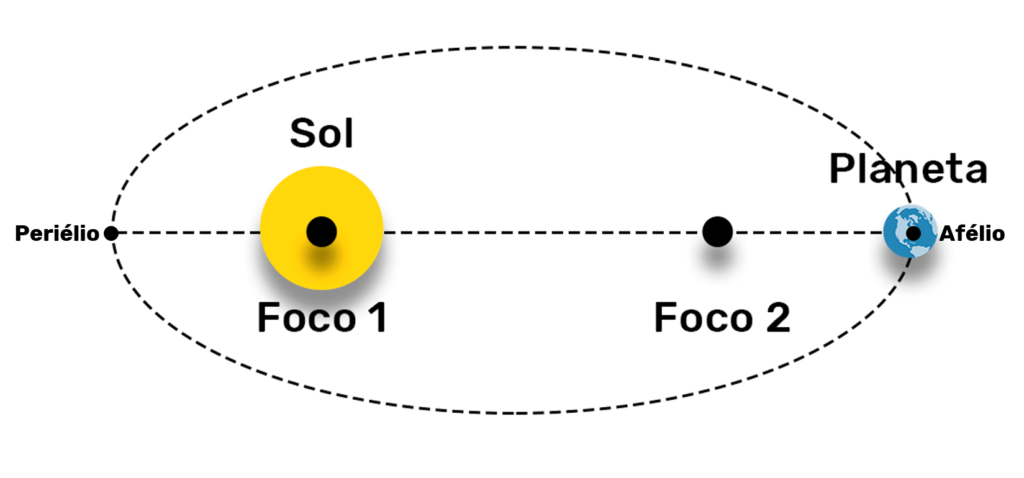


Imagem representativa.

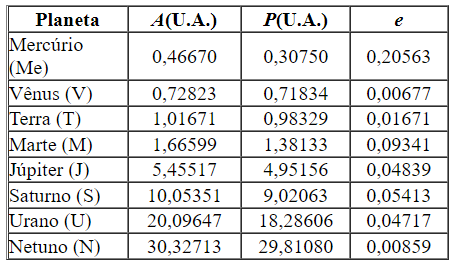
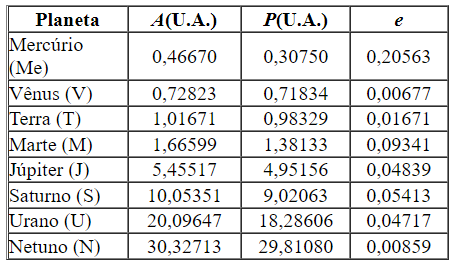
Figura 4: Primeira lei de Kepler - Órbita elíptica dos planetas

Como o planeta Terra possui uma órbita elíptica, em determinado momento durante seu movimento, ela encontra-se mais próxima ou mais afastada do sol e tais pontos recebem o nome de periélio (Ponto mais próximo do sol) e afélio (Ponto mais afastado do sol). O movimento planetário é definido pela sua excentricidade, que define a trajetória do elipsoide. Na equação 1 é mostrada a fórmula para se calcular a excentricidade de uma elipse e não possui unidade de medida, uma vez que é uma razão entre duas distâncias.

e = OF/OP (1) WORD QUEBRA QUANDO FAÇO FÓRMULAS :u

Onde e é o valor da excentricidade da elipse, OF a distancia do centro da elipse até um dos focos e OP a distância do centro da elipse até o Periélio ou Afélio. Na Tabela 2 tem-se a relação de excentricidade dos planetas do sistema solar onde o valor de excentricidade da trajetória da Terra vale 0,01671 o que quer dizer que a trajetória do planeta Terra é um elipsoide muito suave, quase circular.

Tabela 2: Valores de excentricidade de órbita dos planetas do sistema solar



Fonte 2: Disponível em: https://rpm.org.br/cdrpm/77/7.html - Acesso em: 02 set 2021

Com essas informações, podemos estimar que em determinados dias do ano, o planeta Terra estará mais próximo do sol do que em outros dias e com isso, a incidência de raios solares nos dias próximos ao periélio serão maiores do que nos dias próximos ao afélio.

Fonte: In Britannica Escola. Web, 2021. Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/estação-do-ano/482476/recursos/135530>. Acesso em: 2 de setembro de 2021.

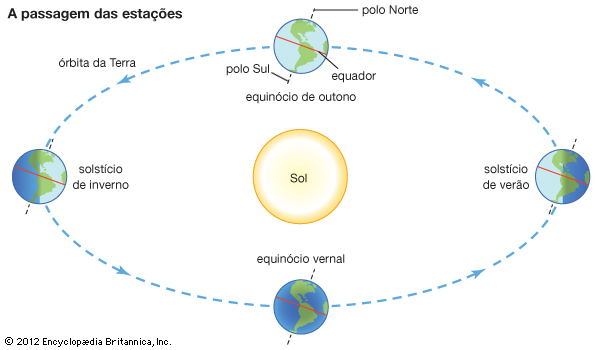


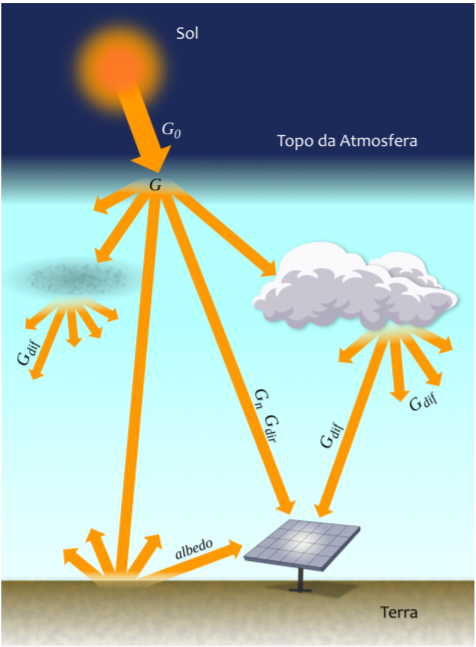
Figura 5: Movimento de translação da terra e as estações

CALCULOS -> (FERREIRA; JACOBINA; SANTOS & BARROS, 2014)

### Sistema de coordenadas celeste – Azimute e Zênite

## Cálculos para captação da radiação solar

CALCULOS SOLARES -> (PERAZA, 2013)



Fonte: (PEREIRA, E. B., 2017)

## Variáveis necessárias para a incidencia dos raios solares em painéis seguidores

## Local e condições

Impacto da posição geográfica para o rastreio do sol

Dados a cerca da irradiação em diferentes longitudes/latitudes

Movimento do sol – Azimute e Zenite

## Dilineamento e tratamento do problema

Considerar os aspectos de posição e cálculos de posição do sol

## Controle das condições de experimento

## Variáveis

## Análise estatística

# Resultados

## Resultados estatísticos

Simulações e cálculos realizados com base teórica

## Estatisticas descritivas e inferenciais

## Significancia dos dados

## Analise final pré discussão

# Discussão

## Relação entre resultado e hipótese

## Interpretação dos resultados

## Inplicações teóricas da pesquisa

## Confiança estimada da conclusão

## Restrições de projeto

## Recomendações para pesquisas futuras

# Conclusão

Solução ou não do problema abordado

# Bibliografias

COPÉRNICO. N. **Commentariolus**: PequenoComentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes. Tradução por Roberto de Andrade Martins. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003

DE MELO, Maciel S.: **da Ciência, G., visão de mundo de Nicolau, A., Copérnico, G. G., & Kepler, J. (2006). Uma breve história da Astronomia**. UNIMESP – Centro Universitário Metropolitano de São Paulo - <<http://files.katiafgp.webnode.com/200000276-d5580d5cc0/A%20vis%C3%A3o%20de%20mundo%20de%20Nicolau%20Cop%C3%A9rnico,%20Galileu%20Galilei%20e%20Johannes%20Kepler.pdf>>. Acesso em: 01 set 2021

SILVA, Rutelly Marques da. Energia Solar no Brasil:  **dos incentivos aos desafios. 2015**. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em: 01 set. 2021

sieBRASIL: **Ministério de minas e energia do brasil – Sistema de Informação de Energias SIE -** **Capacidade Instalada de Geração Elétrica**: Disponível em: <<https://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/consultas/reporte-dato42-jerarquizado.aspx?oc=30181&or=30182&ss=2&v=1>>. Acesso em: 01 set 2021.

RICHARDSON, L: **ENERGYSAGE**. mai 2018, Disponível em: < <https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/> >. Acesso em: 01 set 2021.

VALLDOREIX GREENPOWER: **The Benefits of Solar Trackers.** Julho de 2015.Disponível em: < <http://www.valldoreix-gp.com/the-benefits-of-solar-trackers/> >. Acesso em: 01 set 2021.

PEREIRA, E. B.; et al: **Atlas brasileiro de energia solar. 2.ed. São José dos Campos**: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 2 nov de 2021.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Ministério de Minas e energia. **Atlas solar Rio Grande do Sul**. 2018.

PERAZA, Danielle Goulart. **Estudo de viabilidade da instalação de usinas solares fotovoltaicas no estado do Rio Grande do Sul**. 2013.

GREEN POWER: **Parque solar São Gonçalo**. 2021. Disponível em: < <https://www.enelgreenpower.com/pt/nossos-projetos/highlights/parque-solar-sao-goncalo> >. Acesso em: 01 set 2021.

TOSSATO, Claudemir Roque; MARICONDA, Pablo Rubén: **O método da astronomia segundo Kepler.** Scientiae Studia, v. 8, p. 339-366, 2010.

KRENZINGER, A.; PRIEB, C. W. M.; GASPARIN, F. P. Mapas de produtividade fotovoltaica para o Rio Grande do Sul (Brasil). In: **CIES2020-XVII Congresso Ibérico e XIII Congresso Ibero-americano de Energia Solar**. LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2020. p. 307-314.

FERREIRA; JACOBINA; SANTOS & BARROS. Trigonometria e os raios de sol na terra. **Revista Diálogos** - N.° 11, pág. 145**.** Jan 2014.

ABSOLAR. **Energia solar no Rio Grande do Sul ultrapassa 400 MW.** 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-no-rio-grande-do-sul-ultrapassa-400-mw/>. Acesso em: 02 set 2021

GARMS, Ibere & CALDAS, Iberê. Síntese das Leis de Kepler. **Rev. Bras. Ensino Fís**. Vol. 40 Nº 2. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0253>. Acesso em: 02 set 2021.

BIOLOGIA TOTAL. **Leis de Kepler: tudo o que você precisa saber**. 2020. Disponível em: https://blog.biologiatotal.com.br/leis-de-kepler/ . Acesso em 3 set 2021.

MILONE, Andre. **A ASTRONOMIA NO DIA-A-DIA**. 1999.

IBGE. **Noções Básicas de Cartografia**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - 1999.

# 

# ANEXO

Anexo de projetos e material de apoio sem autoria

# aPÊNDICE

Anexo de projetos e material de apoio com autoria