

## 1-Diagrama Unifilar

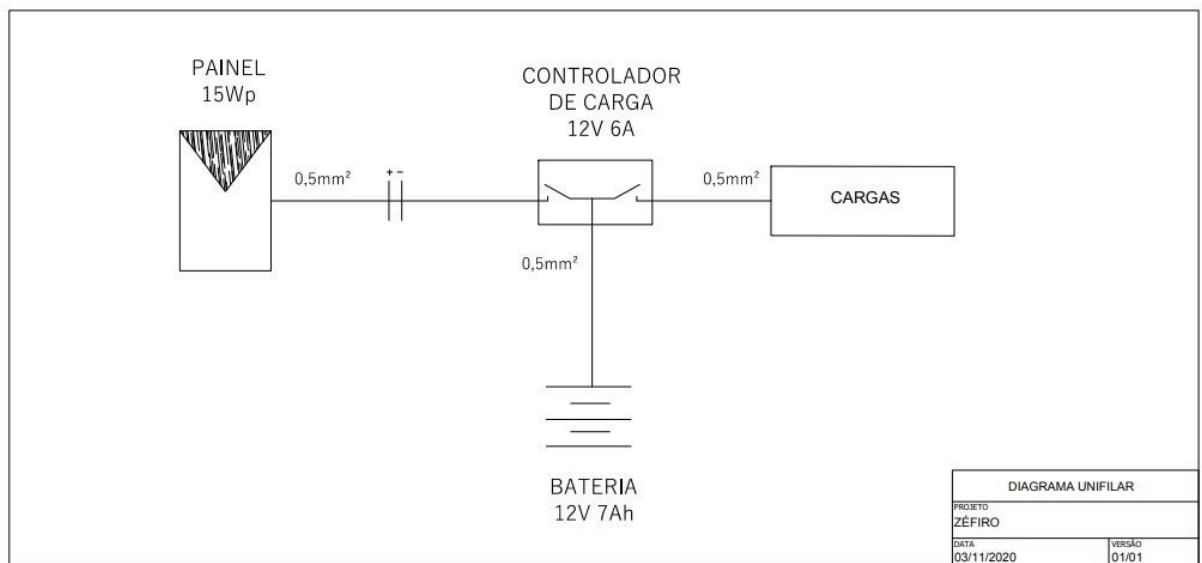


Figura: Diagrama Unifilar em AutoCad

## 2-Dimensionamento dos Fios

O dimensionamento dos cabos fotovoltaicos é realizado observando-se sempre critérios de Normas Brasileiras Regulamentadoras a respeito do funcionamento de placas fotovoltaicas. O primeiro cálculo realizado objetiva conhecer o valor da bitola do cabo e é definido da seguinte maneira:

$$S = N * I_{sc}$$

S: Seção do cabo fotovoltaico

N: Número de strings

I<sub>sc</sub>: Corrente de curto-circuito

$$S = 1 * 0,93 = 0,93 \text{ A}$$

Segundo a NBR 70 C (figura abaixo):

TABELA DE CONDUTORES, DE ACORDO COM A CAPACIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA	
SEÇÃO DO CONDUTOR (mm <sup>2</sup> )	CORRENTE ELÉTRICA (A)
0,50	6
0,75	10
1,00	12
1,50	15,5
2,50	21
4,00	28
6,00	36
10,00	50
16,00	68
25,00	89
35,00	111
50,00	134
70,00	171
95,00	207
120,00	239
*Escala métrica NBR 70C	

Fonte: ABNT

A seção do cabo escolhida é de  $S = 0,5 \text{ mm}^2$ .

Para finalizar os cálculos de dimensionamento dos cabos fotovoltaicos, necessita-se saber qual a queda de tensão máxima permitida aplicada à este projeto. Segundo a NBR 5410:

“Limites de **queda** de tensão fixados pela **NBR 5410**: **4%** para as instalações alimentadas diretamente pela rede de distribuição pública de baixa tensão; e **7%** para as instalações que contam com subestação própria ou com geração própria. Além disso, a **queda** de tensão máxima admissível nos circuitos terminais é de **4%**.

Considerando a NBR acima, abaixo seguem os cálculos para descobrir a máxima queda de tensão permitida no presente projeto:

$V_{mp}$  = Tensão máxima permitida = 17,5V

4% de 17,5V = 0,7V

Máxima tensão de queda permitida = 16,8V

### 3-SEGUIDOR SOLAR

Os seguidores solares são os únicos capazes de acompanhar o movimento do sol, a partir de um único ponto de referência ou a partir de dois pontos de referência. O seguidor solar de um eixo segue apenas o movimento do sol, enquanto o seguidor duplo se movimenta de leste para oeste e de norte a sul.

Medeiros (2016) descreve os tipos de rastreadores solar de dois eixos com ajuste de inclinação sendo:

- Rastreador de eixo vertical: eixo de norte-sul com o eixo do zênite, conhecido como rastreador de azimute do sol;
- Rastreador de eixo horizontal: orientado em paralelo à superfície da terra, pode ser orientado de leste-oeste ou norte-sul;
- Rastreador azimute-elevação: tem dois eixos de movimento, podendo gerar um melhor rendimento na captação de radiação solar, porém é necessário correção angular a partir do ângulo de azimute ( $Z$ ) e o ângulo de elevação ( $H$ ).

O sistema de dimensionamento do Zéfiro será feito com um rastreador azimute/elevação, figura 1, onde o sistema se movimenta a partir do eixo de rotação e translação, tendo o sol como referência, o fuso horário e dia no ano local (SANTOS, C. A. S; SILVA, H. A. A; CARVALHO, J. L, 2015).

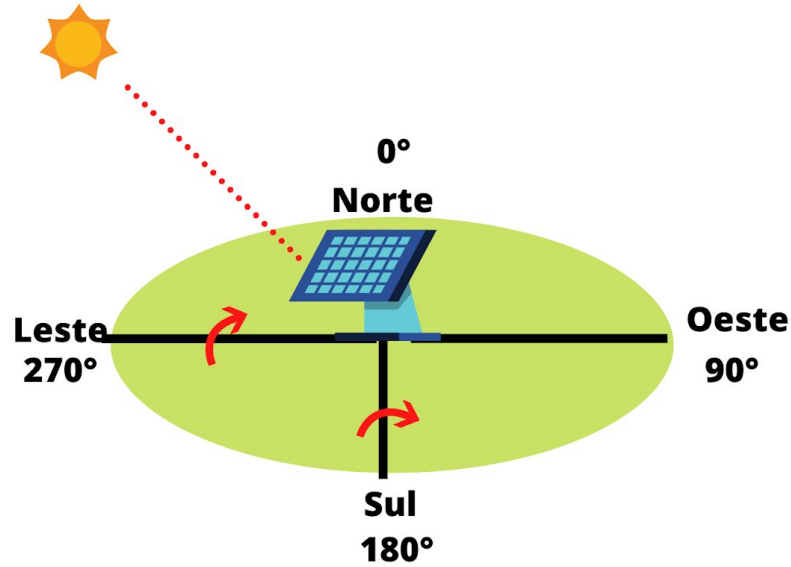


Figura 1: Modelo Rastreado Azimute-Elevação

Fonte: Própria Autoria

A partir do *Local Standard Time Meridian (LSTM)* é feita a compensação do fuso local pela equação 1:

$$LSTM = 15^\circ \Delta T_{GMT} \quad (1)$$

Onde,  $\Delta T_{GMT}$  é a diferença entre o fuso horário local com relação ao fuso horário do meridiano de Greenwich. Outro ponto que deve ser considerado é a trajetória do sol (EoT) que tem como finalidade corrigir a excentricidade da órbita terrestre.

$$EoT = 9,37 \sin(2B) - 7,53 \cos(B) - 1,5 \sin(B) \quad (2)$$

$B = \frac{360}{365}(d - 81)$ , d é o número de dias do ano;

A partir da compensação do fuso local e a longitude do ambiente é possível obter o fator de correção,

$$TC = 4 (Longitude - LSTM) + EoT \quad (3)$$

O horário solar local (LST) é obtido a partir do horário local (LT) definido e do fator de correção

$$LST = LT + TC \quad (4)$$

Para converter os dados obtidos em valor angular é necessário passar todos os dados em horário angular (HRA):

$$HRA = 15^\circ (LST - 12) \quad (5)$$

Com os dados em valor angular é possível obter o ângulo de declinação, que varia a cada estação do ano, ou seja, quando se inicia uma nova estação a incidência dos raios solares da Terra mudam, com isso nos período de equinócio o ângulo de declinação é considerado igual a  $0^\circ$ , enquanto para os períodos de solstício o ângulo deve ser calculado conforme a equação 6, onde  $d$  é o número de dias do ano e  $23,45^\circ$  é utilizado para os meses de solstícios que é de junho a dezembro.

$$\delta = \sin^{-1}(\sin(\alpha)\sin((\frac{360}{365})(d - 81))) \quad (6)$$

Onde  $\alpha = 0^\circ$  ou  $23,45^\circ$

A partir do ângulo de elevação (H) é possível calcular a altura da placa solar, equação 7, e o azimuth solar de rotação (Z), equação 8, ou seja, para cada hora do dia o azimuth/elevação muda de acordo com os ângulos obtidos pela equação 7 e 8:

$$H = \sin^{-1}[\sin\delta\sin\varphi + \cos\delta\cos\varphi\cos(HRA)] \quad (7)$$

$$Z = \cos^{-1}[(\sin\delta\cos\theta - \cos\delta\sin\theta\cos(HRA))] \quad (8)$$

Para analisar o comportamento da placa solar a partir das equações utilizadas que determinam seu grau de deslocamento, se escolheu o dia 22/10/2020 para, primeiramente realizar o cálculo de forma analítica, os resultados obtidos podem ser vistos na tabela 2.

Tabela 2- Resultados obtidos de forma analítico para o dia 22/10/2020

HORÁRIO	AZIMUTE(Z)	ALTURA(H)
06h00	113°	45°
07h00	115,21°	56°
08h00	116°	67°
09h00	117°	68°
10h00	116°	60°
11h00	113°	48°
12h00	110°	34°
13h00	106°	20°
14h00	103°	6°
15h00	99°	-7°
16h00	95°	-22°
17h00	91°	-37°
18h00	88°	-54°

Fonte: Própria autoria

A partir da tabela 2 foi possível compreender o sistema de mecanismo de funcionamento de movimentação da placa solar para um dia, sendo assim se criou um modelo no excel, figura 2, para observar o comportamento da mudança do azimuth/elevação para cada dia do ano, pois para cada dia do ano o ângulo de incidência muda, além do mais de janeiro a maio o ângulo  $\alpha$  do ângulo de declinação é igual a 0°, enquanto de junho a dezembro o  $\alpha$  é igual a 23,45°, interferindo na posição de elevação e de rotação dos eixos da placa solar.

Figura 2- Modelo Matemático das Equações de Azimute-Elevação em Excel para os 365 dias do ano

Dias do Ano	Hora				
1	6				
2	7				
3	8				
4	9				
5	10				
6	11				
7	12				
8	13				
9	14				
10	15				
11	16				
12	17				
13	18				
14					
15					
16	Eq. Ou Sol				
17	0				
18	23,45				
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Dia	292
Hora	9

LSTM	45
Delta T	3

EoT	15,13662966
B	208,109589

TC	27,29662966
Longitude	48,04

LST	36,29662966
-----	-------------

Equinocio ou Solsticio	23,45
HRA	364,4494449
Ang. Declinação	-10,80676429

Latitude	15,98
Altura	68,07699318

Azimute	116,7344672
---------	-------------

	Fórmulas, não efetuar modificação
	Dados fornecidos

Fonte: Autoria Própria

#### 4- Referência Bibliográfica

SANTOS, C. A. S; SILVA, H. A. A; CARVALHO, J. L. Desenvolvimento de um Mecanismo de Posicionamento de Placas Fotovoltaicas para Rastreamento Solar via Rasperry PI. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação de Curso 2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Automação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba-PR,2015.

MEDEIROS, I. P. M. Sistema de Controle Rastreável para painéis fotovoltaicos: Protótipo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica .Natal-RN,2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Referências**. Rio de Janeiro, p. 24. 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 70c: Tabela de Condutores de Acordo com a Capacidade de Corrente Elétrica: Referências**. Rio de Janeiro, p. 24. 2002