



# SESAI

SECRETARIA DE SAÚDE INDÍGENA

## MEMORIAL DE CÁLCULO

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

BRASÍLIA  
2024



MINISTÉRIO DA  
SAÚDE





**DETALHES DO DOCUMENTO**

<b>Nº DO DOCUMENTO</b>	25055.002228/2023-24-SAA-ELE-MC-R00
<b>NOME DO DOCUMENTO</b>	Memorial de cálculo do Projeto de Sistema de Abastecimento de Água - SAA - Aldeia PYKARARANKRE pertencente São Félix do Xingú - PA
<b>ELABORADO POR</b>	Luan Silva Barreto Engenheiro Eletricista (COAEP/CGISA/DEAMB/SESAI) E-mail: luan.barreto@saude.gov.br
<b>VERSÃO</b>	Emissão inicial (Rev.: 00) - 18/01/2023



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de aterramento .....	12
---	----



## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Tensão de circuito aberto de um arranjo fotovoltaico ..... 10



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CGISA	Coordenação-Geral de Infraestrutura e Saneamento para Saúde Indígena
COAEP	Coordenação de Análise e Elaboração de Projetos de Infraestrutura
DEAMB	Departamento de Projetos e Determinantes Ambientais da Saúde Indígena
DSEI	Distrito Sanitário Especial Indígena
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
SESAI	Secretaria Especial de Saúde Indígena
UBSI	Unidade Básica de Saúde Indígena



## ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO .....	8
1.1. OBJETIVO.....	8
1.2. NOTA GERAL .....	8
2. DEFINIÇÕES.....	8
2.1. CONCEITOS GERAIS .....	8
2.1.1. Tensão Elétrica .....	8
2.1.2. Potência Elétrica .....	8
2.1.2.1. Potência ativa ( $P$ ).....	8
2.1.2.2. Potência aparente ( $S$ ) .....	8
2.1.3. Fator de potência ( $\cos\phi$ ).....	9
2.1.4. Corrente Elétrica .....	9
2.1.5. Frequência Elétrica .....	9
2.1.6. Fator de demanda ( $FD$ ) .....	9
2.1.7. Arranjo fotovoltaico .....	9
2.1.8. Cabo da série fotovoltaica .....	9
2.1.9. Cabo do arranjo fotovoltaico.....	9
2.1.10. Caixa de junção .....	10
2.1.11. Irradiância solar .....	10
2.1.12. Tensão de circuito aberto de um arranjo fotovoltaico .....	10
2.1.13. Tensão de circuito aberto de um arranjo fotovoltaico .....	10
2.1.14. Unidade de condicionamento de potência (UCP) .....	10
2.1.15. MPPT – Maximum power point tracking.....	11
2.1.16. Aterramento .....	11
2.1.17. Dispositivo de proteção contra surtos (DPS) .....	11
2.2. CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO .....	11
2.2.1. Entrada de Energia.....	11
2.2.2. Especificação dos condutores.....	11
2.2.2.1. Cabo CC .....	11
2.2.2.2. Cabo CA.....	11
2.2.2.3. Alimentação da bomba .....	12
2.2.3. Esquema de aterramento .....	12
3. ELEMENTOS DOS CIRCUITOS .....	12
3.1. ILUMINAÇÃO .....	12
4. PREMISSAS DO DIMENSIONAMENTO .....	13



4.1. Condutores .....	13
4.1.1. Critérios adotados .....	13
4.1.1.1. Critério da capacidade de corrente .....	13
4.1.1.2. Critério da queda tensão .....	13
4.2. Dispositivos de proteção .....	13
4.3. Eletrodutos .....	14
4.3.1. Critérios adotados .....	14
4.3.2. Eletrodutos adotados .....	14
5. RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO .....	14
5.1 Definição das cargas .....	14
Equipamento .....	14
Potência total (HP) .....	14
Utilização média (h/dia) .....	14
Consumo (Wh/dia) .....	14
5.2 Definição do inversor solar .....	15
5.3 Definição dos módulos fotovoltaicos .....	15
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16





# 1. APRESENTAÇÃO

## 1.1. OBJETIVO

Este memorial tem como objetivo apresentar as especificações, critérios de cálculo e dimensionamento do projeto de instalações elétricas para Projeto do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da Aldeia PYKARARANKRE pertencente São Félix do Xingu - PA, da Secretaria de Saúde Indígena (SESAI) - Ministério da Saúde.

## 1.2. NOTA GERAL

O projetista responsável pelo projeto executivo deverá observar as normas técnicas e as normas da concessionária de energia elétrica local vigentes. Caso necessário, o projeto deverá ser compatibilizado com os novos parâmetros.

# 2. DEFINIÇÕES

## 2.1. CONCEITOS GERAIS

### 2.1.1. Tensão Elétrica

A tensão elétrica corresponde a diferença de potencial entre dois pontos (ddp) necessária para mover uma unidade de carga através de um elemento.

Unidade: Volt [V]

### 2.1.2. Potência Elétrica

Quantidade de energia elétrica desenvolvida em um circuito elétrico, seja em consumo ou fornecimento.

#### 2.1.2.1. Potência ativa ( $P$ )

Potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento etc.

Unidade: Watt [W]

#### 2.1.2.2. Potência aparente ( $S$ )

Representa a quantidade de energia um aparelho consome.





Unidade: Volt-Ampere [VA]

#### 2.1.3. Fator de potência ( $\cos\varphi$ )

Relação entre potência ativa e potência aparente, valor varia entre 0 e 1.

#### 2.1.4. Corrente Elétrica

Quantidade de carga elétrica que atravessa a seção transversal de um condutor

Unidade: Ampere [A]

#### 2.1.5. Frequência Elétrica

Número de oscilações, ondas ou ciclos por segundo que ocorre na corrente elétrica alternada

Unidade: Hertz [ $H_z$ ]

#### 2.1.6. Fator de demanda ( $FD$ )

Razão entre a demanda máxima e a potência total instalada.

#### 2.1.7. Arranjo fotovoltaico

Conjunto de módulos fotovoltaicos ou sub arranjos fotovoltaicos que estão de forma mecânica e eletricamente integrados, incluindo a estrutura de suporte. Um arranjo fotovoltaico não inclui sua fundação, aparato de rastreamento, controle térmico e outros elementos similares.

#### 2.1.8. Cabo da série fotovoltaica

Cabo que interliga os módulos fotovoltaicos em uma série fotovoltaica e/ou cabo que conecta a série fotovoltaica a uma caixa de junção.

#### 2.1.9. Cabo do arranjo fotovoltaico

Cabo de saída de um arranjo fotovoltaico que transporta a corrente de saída total do arranjo fotovoltaico.



2.1.10. Caixa de junção

Invólucro no qual sub arranjos fotovoltaicos, séries fotovoltaicas ou módulos fotovoltaicos são conectados em paralelo, e que pode alojar dispositivos de proteção e/ou de manobra.

2.1.11. Irradiância solar

Taxa na qual a radiação solar incide em uma superfície, por unidade de área desta superfície.

Unidade: Watts por metro quadrado (W/m<sup>2</sup>)

2.1.12. Tensão de circuito aberto de um arranjo fotovoltaico

Tensão de circuito aberto de um arranjo fotovoltaico nas STC dada pela equação a seguir:

$$V_{oca} = V_{ocm} \times M$$

**EQUAÇÃO 1 – TENSÃO DE CIRCUITO ABERTO DE UM ARRANJO FOTOVOLTAICO**

Onde,  $V_{oca}$  = tensão de circuito aberto do arranjo fotovoltaico;  $V_{ocm}$  = tensão de circuito aberto do módulo; M é o número de módulos fotovoltaicos conectados em série.

2.1.13. Tensão de circuito aberto de um arranjo fotovoltaico

Tensão de circuito aberto do arranjo fotovoltaico ( $V_{oc}$  ARRANJO) corrigida para a condição menos favorável de temperatura ambiente.

2.1.14. Unidade de condicionamento de potência (UCP)

Sistema que converte a potência elétrica entregue por um arranjo fotovoltaico na potência elétrica com valores apropriados de tensão e/ou frequência para ser entregue à carga, e/ou armazenada em uma bateria e/ou injetada na rede elétrica.

NOTA 1: Uma UCP pode ser um inversor c.c./c.a. para conexão à rede, um inversor c.c./c.a. para sistema autônomo, um controlador de carga e descarga de baterias, dentre outros.

NOTA 2: Os requisitos para inversores são estabelecidos na IEC 62109-2.



#### 2.1.15. MPPT – Maximum power point tracking

Significa rastreamento do ponto de máxima potência, é um sistema eletrônico lógico, cuja função é rastrear o ponto de maior potência do arranjo fotovoltaico.

#### 2.1.16. Aterramento

Ligação à terra de um ponto de um equipamento ou de um sistema por razões relacionadas à segurança.

#### 2.1.17. Dispositivo de proteção contra surtos (DPS)

Dispositivo destinado a limitar as sobretensões e desviar correntes de surto. Contém pelo menos um componente não-linear.

### 2.2. CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO

#### 2.2.1. Entrada de Energia

Este memorial considera que o fornecimento de energia para o SAA será por meio de um sistema fotovoltaico isolado (off-grid).

Do ponto de saída do arranjo fotovoltaico, os cabos partem, através de eletrodutos corrugados reforçado (PVC laranja) para a string box, posteriormente para a UCB, através de eletrodutos de PVC rígidos em instalações aparentes. Após a UCB, os cabos partem para alimentação e controle da bomba por meio de eletrodutos corrugados reforçado (PVC laranja).

#### 2.2.2. Especificação dos condutores

##### 2.2.2.1. Cabo CC

Serão utilizados cabos fotovoltaicos, cobre estanhado flexível, 1,8kV CC.

Referência: Prysmian ou similar.

##### 2.2.2.2. Cabo CA

Serão utilizados condutores de cobre, sem blindagem, classe 5, 0,6/1 kV, isolados com PVC, capa de proteção de PVC.

Referência: Prysmian, Nexans ou similar.



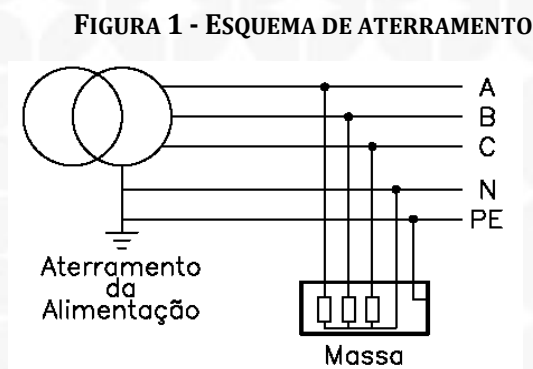
#### 2.2.2.3. Alimentação da bomba

Para alimentação da bomba será utilizado cabo PP, 4 condutores, 450/750V, com isolamento.

Referência: Prysmian, Nexans ou similar.

#### 2.2.3. Esquema de aterramento

Adotou-se o esquema de aterramento TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor proteção são distintos, conforme exemplificado pela figura a seguir:



Para detalhes acerca do projeto de aterramento, vide memorial 25056.000012/2021-52 -SAA-ELE-DE-R00.

### 3. ELEMENTOS DOS CIRCUITOS

#### 3.1. ILUMINAÇÃO

Visto que o SAA é um sistema fotovoltaico isolado e os módulos são para a alimentação da bomba e para atender as necessidades de eventuais manutenções e/ou intervenções, foi projetada a iluminação que poderá ser utilizada de dia com o sistema fotovoltaico e a noite por meio de Bateria.





## 4. PREMISSAS DO DIMENSIONAMENTO

### 4.1. Condutores

#### 4.1.1. Critérios adotados

##### 4.1.1.1. Critério da capacidade de corrente

Condutores instalados sob condições diferentes das de referência das tabelas de fabricantes sofrerão alteração em sua capacidade de condução. Aplicou-se aos valores das tabelas, fatores que convertam as condições de referência para as condições da instalação. São eles:

F1 - fator de correção da temperatura ambiente/solo diferente da definida nas tabelas de capacidade de condução.

F2 - fator de correção para mais de um circuito ou mais de um cabo multipolar agrupados sob uma superfície ou contidos em eletroduto.

Tais fatores são determinados automaticamente na seção 5.2 após a definição dos valores de temperatura, do número de circuitos agrupados do método de instalação dos circuitos e da isolamento dos condutores.

##### 4.1.1.2. Critério da queda tensão

A queda de tensão máxima adotada nos circuitos terminais do projeto é 3 %.

### 4.2. Dispositivos de proteção

Os disjuntores foram dimensionados visando a proteção das pessoas, corrente de fuga nos circuitos de áreas molhadas e da instalação, contra correntes de sobrecarga e curto-circuito.

Conforme a ABNT NBR 5410:2004, para que a proteção dos condutores fique assegurada, as características de atuação do dispositivo destinado a essa finalidade devem atender aos requisitos abaixo:

a)  $I'_B \leq I_n \leq I_z$

b)  $I_2 \leq 1,45 I_z$

Onde,  $I'_B$ =Corrente corrigida do circuito, em A;  $I_z$  é a capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas para sua instalação;  $I_n$  é a corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste, para dispositivos



ajustáveis), nas condições previstas para sua instalação; I2 é a corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

## 4.3. Eletrodutos

### 4.3.1. Critérios adotados

O dimensionamento do diâmetro dos eletrodutos foi realizado utilizando-se os critérios da norma ABNT NBR 5410:2004 que definem a taxa de ocupação da área da seção transversal interna do eletroduto como sendo:

- a) 53% no caso de um condutor;
- b) 31% no caso de dois condutores;
- c) 40% no caso de três ou mais condutores.

### 4.3.2. Eletrodutos adotados

Foram adotados para o projeto eletrodutos flexíveis reforçados, de 20 cm a 32 cm de diâmetro para saída do arranjo fotovoltaico alimentação e controle da bomba.

## 5. RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO

### 5.1 Definição das cargas

A definição de carga foi dimensionada de acordo com a vazão esperada para atender o consumo. Com essas variáveis foi dimensionada uma bomba de 1 HP com uma vazão de 2,25m³/hora para encher o reservatório. A bomba submersa trabalhará por 10h por dia que é suficiente para encher o reservatório elevado. Desta forma o consumo diário pode ser visto conforme a definição de carga citado abaixo.

DEFINIÇÃO DAS CARGAS			
Equipamento	Potência total (HP)	Utilização média (h/dia)	Consumo (Wh/dia)
Bomba monofásica	1	10	7.457
TOTAL			7.457





## 5.2 Definição do inversor solar

O inversor solar off-grid híbrido UP-3000 foi escolhido conforme potência da bomba monofásica instalada e características da instalação. Dessa forma, optou-se por utilizar um inversor integrado com controlador de carga.

Referência: Inversor UPower-Hi 80A 3000W 48/127 UP-3000-HM 8041 – EPEVER ou similar.

CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DO INVERSOR SOLAR	
Corrente nominal de saída (A)	5,9 A
Potência nominal do motor (CV)	1 CV
Tensão nominal de bateria (V)	48 VCC
Corrente máxima de carga (A)	80 A
Faixa de tensão MPPT (V)	60 - 200 VCC

## 5.3 Definição dos módulos fotovoltaicos

Nesta etapa os módulos foram definidos de forma que, dado as características de irradiância e sazonalidade do local, o arranjo seja capaz de suprir a necessidade de alimentação da bomba e tensão mínima Vcc de alimentação da bomba. Dessa forma, optou-se pela utilização de módulos fotovoltaicos monocristalinos com potência nominal de 550Wp.

Referência: Trina, Risen ou similar.

CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DO MÓDULO FOTOVOLTAÍCO	
Potência nominal (Wp)	550 Wp
Tensão de circuito aberto (Voc)	49,60 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	14,04 A
Tensão máxima (Vmp)	40,83 V
Corrente máxima (Imp)	13,48 A
Eficiência do módulo (%)	21,28



Dessa forma, para atender as características das cargas e inversor instalado o arranjo foi dimensionando com utilização de 2 (duas) strings de (três) módulos conectados em série.

CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DO ARRANJO FOTOVOLTAICO	
Potência nominal (Wp)	3.300 Wp
Tensão de circuito aberto (Voc)	148,8 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	28,08 A
Tensão máxima (Vmp)	122,5 V
Corrente máxima (Imp)	26,92 A

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABNT NBR 16690/2019** Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto.

**ABNT NBR 16612:2017** Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kVcc entre condutores – Requisitos de desempenho

**ABNT NBR 10899:2020** Energia solar fotovoltaica - terminologia.

**ABNT NBR 5410:2004 Errata 1:2008** Instalações elétricas de baixa tensão.

**ABNT NBR 5419:2015 Partes 1 a 4 Errata 1:2018** Proteção contra descargas atmosféricas.