CHARLES STEWART MOTT FOUNDATION®

SAÚDE & ALEGRIA

CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

PROJETOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

DEZEMBRO DE 2019

ORGANIZAÇÃO

Tatiane S. Costa
MsC em Engenharia Elétrica pela UNICAMP

COLABORADORES

Jussara Salgado
Davide Pompermaier

CAPA E DESIGN

Glaucia Rodrigues

PUBLICAÇÃO E DIREITOS AUTORAIS

Esta publicação foi financiada pela MOTT Foundation. Os direitos autorais são de propriedade do Centro de Estudos Avançados de Promoção Ambiental e Social (CEAPS) e/ou Projeto Saúde e Alegria (PSA). O material desta publicação pode ser livremente usado, compartilhado, copiado, reproduzido, impresso e/ou armazenado, desde que seja dado o reconhecimento e referência apropriada.

.

Conteúdo

1 Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns 4

2 Sistemas fotovoltaicos 5

2.1 Dimensionamento do sistema fotovoltaico 5

2.1.1 Cálculo da energia produzida com MPPT 5

2.1.2 Cálculo da produção de energia sem MPPT 6

2.2 Baterias 6

2.3 Inversores e controladores de cargas 7

2.4 Cabos e condutores 8

2.5 Proteção de corrente contínua - String box CC e CA 8

2.6 Sistema de aterramento 9

3 Sistema de Bombeamento de Água 10

3.1 Sistema de 1.5 CV 11

3.2 Sistema de 2 CV 14

3.3 Sistema de 3 CV 17

3.4 Sistema de 5 CV 20

4 Sistema Fotovoltaico Residencial 25

4.1 Sistema fotovoltaico 1 - 310Wp (PWM) 25

4.2 Sistema fotovoltaico 2 - 310Wp (PWM) 29

5 Sistema Fotovoltaico para Refrigeração 35

6 Sistema Fotovoltaico para Acesso à Internet 38

1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Um sistema fotovoltaico converte energia luminosa em energia elétrica através do efeito foto-elétrico que ocorre no interior das células fotovoltaicas. Com a ajuda de um inversor, a energia produzida, inicialmente sob tensão e corrente contínuas (CC), é convertida para alternada, podendo ser utilizada para o funcionamento de equipamentos elétricos diversos ou inserida diretamente na rede de distribuição. Ou em algumas aplicações podem ser utilizados em CC como em iluminação e refrigeração.

Comumente os sistemas são compostos por equipamentos eletrônicos como controladores de carga que podem ou não dispor de algoritmo de MPPT que apresentam a função de interface entre geração, armazenamento de energia e cargas. Os inversores para sistemas isolados são fontes de tensão e sua função é converter os parâmetros CC para CA (corrente alternada) para alimentação de eletrodomesticos e eletrônicos.

1.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Ao dimensionar um sistema fotovoltaico é necessário obter a produção diária do painel fotovoltaico. Para realizar o cálculo serão utilizados os dados de potencial energético solar para a localidade da instalação. A seguir são apresentados dois modos de obter esses resultados, com e sem o uso de MPPT.

1.1.1 CÁLCULO DA ENERGIA PRODUZIDA COM MPPT

Este método é baseado no valor de energia solar disponível diariamente, sendo válida para sistema com aplicação do algoritmo de MPPT em controladores de carga ou inversores para a extração máxima possível de energia dos módulos fotovoltaicos. Este método é aplicado com base na insolação média anual, o que pode causar a falta de energia durante o período de inverno e excesso no verão. A melhor forma de dimensionamento visando suprir toda a energia necessária durante o ano é usar nos cálculos o mês com o nível mais crítico de insolação.

O método da insolação é dado pela fórmula [2]:

$$E_P = E_S * A_M * \eta_M \quad (1)$$

em que:

E_P = Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh/dia]

E_S= Insolação diária [Wh/m^2/dia]

A_M= Área da superfície do módulo [m]

η_M = Eficiência do módulo [%]

A partir do resultado de produção de energia do módulo fotovoltaico junto a informação de consumo da carga, é possível calcular a potência que deverá ter o sistema fotovoltaico.

O cálculo do número total de módulos para composição do projeto é dado por:

$$N = E_c / E_p \quad (2)$$

em que:

N = Número total de módulos

E_c= Energia consumida pela carga diariamente [Wh]

E_p= Energia produzida por módulo diariamente [Wh]

1.1.2 CÁLCULO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA SEM MPPT

Sem o aproveitamento da melhor performance do sistema fotovoltaico, esse método considera a operação de acordo com a tensão do banco de bateria. As características padrão de teste do módulo (STC) são levantadas para aplicar na formula [3]:

$$E_p = P_M * H_s \quad (3)$$

em que:

E_p= Energia produzida pelo módulo [Wh/dia]

P_M = Potência nominal do módulo [W]

H_s= Horas de sol no local [Horas]

As horas de sol pode variar no decorrer do ano, devendo ser utilizado a média anual ou a situação mais crítica.

1.2 BATERIAS

As baterias mais utilizadas em sistemas fotovoltaicos off−grid (ou isolados) são de chumbo-ácido por causa de suas características de aplicação estacionária. O dimensionamento do banco de baterias é realizado a partir da capacidade total de armazenamento necessário .

O cálculo da quantidade de baterias em série é dado por:

$$N_{BS} = V_{BBat} / V_{V\,Bat} \quad (4)$$

em que:

N_{BS} = Quantidade de baterias ligadas em série

V_{BBat} = Tensão do banco de baterias [V]

$V_{V\ Bat}$ = Tensão da bateria escolhida [V]

A capacidade do banco de baterias é a quantidade de energia que pode ser armazenado e seu cálculo é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$Cap_{BBat} = E_A / V_{BBat} \quad (5)$$

em que:

Cap_{BBat} = Capacidade de armazenamento do banco de baterias [Ah]

E_A = Energia armazenada [Wh]

V_{BBat} = Tensão do banco de baterias [V]

A capacidade do banco de baterias para armazenar energia em Wh é:

$$CB = (E_c * N_{aut})/P_d \quad (6)$$

em que:

E_c = Energia consumida [Wh]

N_{aut} = Número de dias de autonomia do sistema (varia tipicamente entre 2 a 4)

P_d = Profundidade de descarga da bateria (para ciclos profundo são usados entre 50 a 80%)

Após os cálculos de capacidade do banco de baterias, é necessário determinar o número de componentes em paralelo.

$$B_{paralelo} = CB/Cap_{BBat} \quad (7)$$

1.3 INVERSORES E CONTROLADORES DE CARGAS

Entre os componentes dos sistemas fotovoltaicos isolados estão o inversor que é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia em corrente contínua. A tensão CA de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas a serem utilizadas [1].

O dimensionamento do inversor para conexão off-grid é baseado na potência máxima de cargas utilizadas ao mesmo tempo em algum período do dia. Por exemplo, se a carga máxima de eletrônicos ligados ao mesmo tempo soma o total de 300W, esse deve ser a potência escolhida para o inversor a ser inserido nessa instalação.

O controlador de cargas é um componente que atua em corrente contínua responsável pela manutenção da vida útil de armazenadores de energia controlando o processo de carga e descarga. A carga é realizada com controle de tensão e corrente, de acordo com a fonte de energia, podendo ser a partir de painel fotovoltaico [1].

O controlador de cargas é dimensionado considerando a corrente máxima fornecida pelo SFV e adicionando um fator de segurança de 30% (1,3). Hipoteticamente, se a corrente da(s) string(s) for de 8,13A seu cálculo será de:

$$8,13A * 1,3[30\%] = 10,57A \quad (8)$$

Dessa forma, o controlador de carga a ser instalado deve suprir essa corrente.

1.4 CABOS E CONDUTORES

Os condutores deverão ser de cobre, com seção suficiente para suportar queda de tensões, assegurando que esta não ultrapasse os 4% no cabeamento, de acordo com a norma ABNT NBR 5410 [4].

O lado CC das instalações, deverá ser composto por cabos preparados para ambientes externos com secção entre 4 e 6 mm². Serão utilizados conectores do tipo MC4, concebidos especificamente para utilização em sistemas fotovoltaicos para interligar os módulos um ao outro em série e/ou paralelo entre as strings.

Quando necessário, os cabos serão condicionados em eletrodutos e os cabos serão de cobre isolado (preferência do tipo HEPR 90º) 0,6/1 kV de tensão nominal não inferior a 1000 V de isolação, com proteção UV e Cobertura em composto não-halogenado com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Essas especificações garantem vida útil prolongada e segurança para a instalação.

Para não comprometer a segurança dos trabalhadores durante a instalação, verificação ou manutenção, sugere-se que os condutores sigam uma padronização de cores conforme indicado:

- Cabos de proteção (aterramento): Verde
- Cabos com polaridade negativa: Preto
- Cabos com polaridade positiva: Vermelho

1.5 PROTEÇÃO DE CORRENTE CONTÍNUA - STRING BOX CC E CA

Proteção contra curto circuito deverá ser coordenada com a proteção geral da unidade consumidora, através de disjuntor. O DPS deve ser instalado entre o sistema fotovoltaico e a entrada do inversor e entre o a saída do inversor e a carga, a fim de proteção do circuito, desviando a alta corrente proveniente de um surto para a terra e limitar as sobretensões. Para eventual necessidade de manutenção do gerador fotovoltaico.

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, deverão ser incorporados aos circuitos CC (Corrente Contínua) e CA (Corrente Alternada) os seguintes dispositivos.

Circuito de Corrente Contínua:

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto)
- Disjuntores bipolares Vcc
- Fusíveis gPV cilíndricos (com a presença de mais de 2 strings em paralelo)

Os DPS podem ser classificados nas Classes I, II e III. A norma IEC 60364 sugere o uso da Classe II para sistemas fotovoltaicos [5]. Em relação aos fusíveis para a proteção das strings, é recomendado o uso do tipo gPV, sua fabricação para aplicação fotovoltaica segue a norma IEC 60269-6 [6].

Circuito de Corrente Alternada:

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto)
- Disjuntores bipolares Vca

Todos os equipamentos deverão ser condicionados em quadros elétricos com proteção de intempéries, devidamente sinalizados, para a proteção e instrução de pessoal autorizado, quanto às manobras de operação dos dispositivos de proteção, em caso de manutenções futuras.

1.6 SISTEMA DE ATERRAMENTO

As instalações de aterramento devem cumprir com a norma ABNT NBR 5419 [7] proteções de estruturas contra descargas atmosféricas. Toda peça condutora da instalação elétrica que não faça parte dos circuitos elétricos, mas que, eventualmente ou acidentalmente, possa ficar sob tensão, deve ser aterrada, desde que esteja em local acessível a contatos. A este aterramento se conectará a estrutura de fixação dos geradores fotovoltaicos e o borne de aterramento do inversor. O sistema de aterramento da instalação fotovoltaica deve ser interligado ao sistema de aterramento principal da instalação.

Os cabos condutores isolados utilizados para proteção (aterramento) devem ser constituídos de cabos unipolares termoplásticos, classe térmica de 70°C, formado por fios de cobre, isolação em PVC 750V. Esses mesmos condutores devem ser indicados pela coloração verde. Os condutores de cobre nu deverão atender a NBR 6524 [8].

2 SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA

O uso de energia solar para bombeamento de água é uma alternativa promissora aos sistemas de bombeamento convencionais baseados em eletricidade e diesel. O bombeamento solar de água é baseado em energia fotovoltaica(PV) que converte energia solar em energia elétrica para acionar uma bomba de água com base em motor CC ou CA.

Um sistema de bombeamento de água consiste em um painel fotovoltaico, um conjunto de bomba de motor e componentes eletrônicos. A água é bombeada durante o dia e armazenada em tanques, para uso durante o dia, noite ou sob condições nubladas. O tanque de água atua como armazenador e geralmente esse sistema não é provido a bateria para armazenar eletricidade dos módulos.

Os painéis fotovoltaicos são conectados ao inversor de frequência que regula a frequência e velocidade do motor sem maiores gastos de energia para manter a vazão máxima. Em seguida o inversor é conectado ao conjunto motobomba. A partir dos projetos executados pelo PSA, o dimensionamento da capacidade do sistema de bombeamento solar é realizado considerando a demanda de água necessária para cada comunidade. Para fins de pro- jeto, a pressão pode ser considerada como o trabalho realizado por uma bomba para elevar uma certa quantidade de água até o tanque de armazenamento. A diferença de elevação entre o poço de água e o tanque de armazenamento determina o trabalho que uma bomba precisa fazer. A bomba de água consumirá uma certa energia que um o sistema fotovoltaico será res- ponsável por disponibilizar.

Neste caderno estão especificados projetos de sistemas fotovoltaicos[1] para bombeamento de água de potência entre 1.5 CV a 5 CV. Englobando as necessidades de acesso básico das comunidades atendidas pelos projetos do PSA.

[1] Todos os sistemas foram dimensionados a partir de módulo FV de 335W, mas esses sistemas podem abrigar faixas de potências entre 320 a 335W

2.1 SISTEMA DE 1.5 CV

O atendimento de uma bomba de 1.5 CV (1103 W) [2] é composto por um sistema fotovoltaico de 2,68 kWp com 8 módulos de 335W. O inversor de frequência segue as especificações do IF20-203-1 da Metaltex que apresenta características de alimentação 220V 50/60Hz - 1 fase, capacidade de 3HP – 2,2kW e corrente nominal de saída de 10A. O sobredimensionamento do inversor de frequência em relação a bomba não causa danos ao sistema e se justifica também pelo valor econômico de aquisição em relação a outros equipamentos. O sistema de bombeamento de água poderá ser utilizado com outros inversores de frequência de fabrincantes diversos, desde que respeitado a potência calculada e apresentada neste projeto. A Tab. 1 apresenta as especificações dos componentes elétricos de proteção (DPS e disjuntores) para a instalação do sistema de acordo com o diagrama apresentado.

Tab. 1: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA DE 1.5CV

Componentes	Quantidade
Conversor de frequência 3HP	1
Módulo fotovoltaico de 335W	8
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 275 VAC 3P	1
Chave Reversora (2 posições), 30 A, Trifásica (se necessário)	1
Disjuntor bipolar 16 A, Corrente Continua	1
Disjuntor trifásico 10 A, Corrente Alternada	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção min 2,5mm² até 50m de distância secção de 4mm² para distâncias acima de 50 até 160m secção de 6mm² para distâncias acima de 160 até 250m Maiores distâncias ou correntes no circuito requer novo dimensionamento e projeto	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-

Para a realização do cálculo de geração de energia individual do módulo utilizado, com especificações do módulo FV da UPSolar de 335W que tem como área 1,94 m^2 e demais especificações constando em seu datasheet.

Aplicando a fórmula com os dados do pior mês de insolação no local e do módulo, temos que:

$$E_P = 4,37kWh/m^2/dia * 1,94m^2 * 17,23\% \quad (9)$$

$$E_P = 1463,97Wh \quad (10)$$

Logo, cada módulo fotovoltaico deve produzir 1463,97 Wh/dia. Esse cálculo não leva em consi- deração as perdas por mismatch como temperatura, sujeira, degradação desigual dos

[2] Bomba Leão em alimentação de 220V/6,7A, modelo Leão 4R8-PB-360

módulos, vegetação, sombreamento parcial e poeira.

Simulando o sistema a partir do PVsyst, a geração FV é de 3.691 kWh/ano e a produção mensal pode ser vista na Fig. 1. Esse resultado considerado o sistema instalado idealmente voltado para o norte com inclinação de 12°, podendo ser alterado com a presença de sombreamento ou algum outro problema que possa ser causado aos módulos fotovoltaicos.

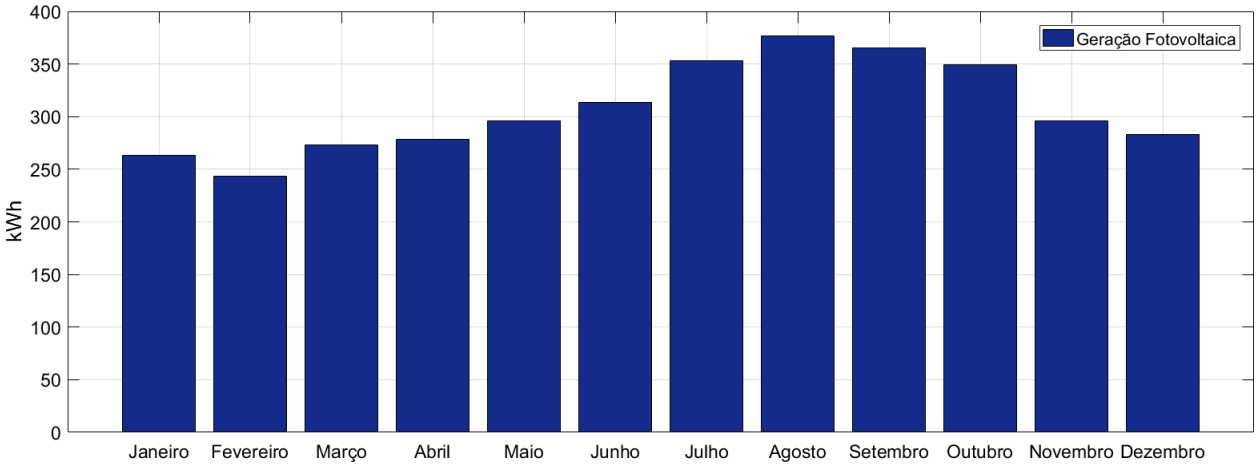


Fig. 1: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DO SISTEMA DE 2,68KWP

O diagrama elétrico e funcional do sistema pode ser encontrado no Anexo 1

2.2 SISTEMA DE 2 CV

O sistema é formado com a composição da bomba Leão modelo 4R8-PB-360 de 2CV (1470,998 W) com alimentação de 220V e corrente de 6,68A. Composto por um sistema fotovoltaico de 3,35 kWp com 10 módulos de 335W. O inversor de frequência segue as especificações do IF20-203-1 da Metaltex que apresenta características de alimentação 220V50/60Hz-1fase, capacidadede 3HP–2,2kW e corrente nominal de saída de 10A. O sobredimensionamento do inversor de frequência em relação a bomba não causa danos ao sistema e se justifica também pelo valor econômico de aquisição em relação a outros equipamentos. O sistema de bombeamento de água poderá ser utilizado com outros inversores de frequência de fabrincantes diversos, desde que respeitado a potência calculada e apresentada neste projeto. A Tab. 2 apresenta as especificações dos componentes elétricos (DPS e disjuntores) para a instalação do sistema de acordo com o diagrama apresentado.

Tab. 2: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA DE 2CV

Componentes	Quantidade
Conversor de frequência 3HP	1
Módulo fotovoltaico de 335W	10
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 275 VAC 3P	1
Chave Reversora (2 posições), 30 A, Trifásica (se necessário)	1
Disjuntor bipolar 16 A, Corrente Continua	1
Disjuntor trifásico 10 A, Corrente Alternada	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção min 2,5mm² até 50m de distância secção de 4mm² para distâncias acima de 50 até 160m secção de 6mm² para distâncias acima de 160 até 250m Maiores distâncias ou correntes no circuito requer novo dimensionamento e projeto	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-

Para a realização do cálculo de geração de energia individual do módulo utilizado, com especificações do módulo FV da Canadian de 335W que tem como área 1,94 m^2 e demais especificações constando em seu datasheet.

cada módulo fotovoltaico deve produzir 1463,97 Wh. Esse cálculo não leva em consideração as perdas por mismatch como temperatura, sujeira, degradação desigual dos módulos, vegetação, sombreamento parcial e poeira.

Simulando o sistema a partir do PVsyst, a geração FV é de 4778,7 kWh/ano e a produção mensal pode ser vista na Fig. 2. Esse resultado considerado o sistema instalado idealmente voltado para o norte com inclinação de 12°, podendo ser alterado com a presença de sombrea-

mento ou algum outro problema que possa ser causado aos módulos fotovoltaicos.

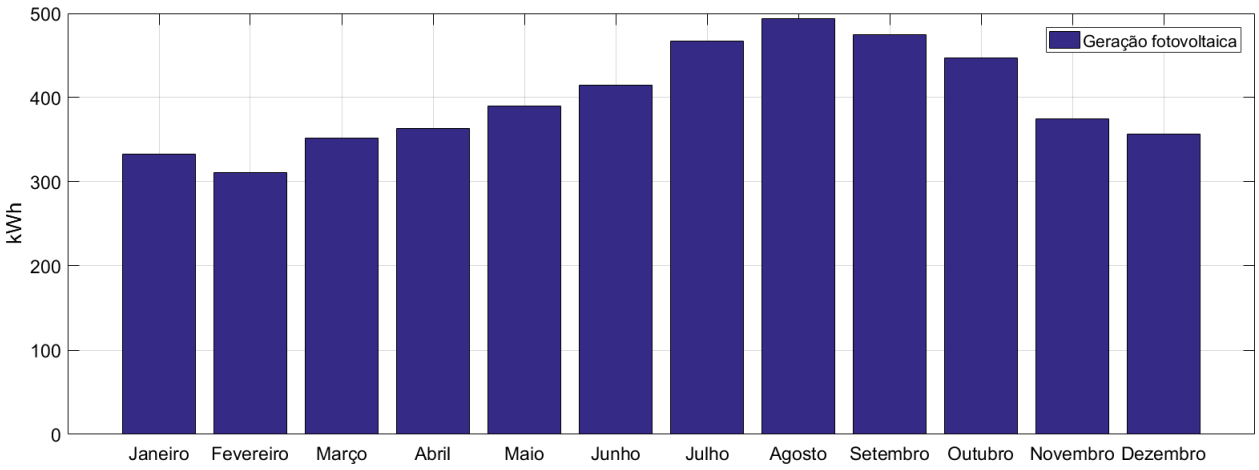


Fig. 2: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DO SISTEMA DE 3,35 KWP

O diagrama elétrico e funcional do sistema pode ser encontrado no Anexo 2.

2.3 SISTEMA DE 3 CV

O sistema com bomba Leão modelo 4R8-PB-360 de 3CV (1470,998 W) com alimentação de 220V e corrente de 10A é composto por um sistema fotovoltaico de 5,36 kWp com 16 módulos de 335W. O inversor de frequência segue as especificações do IF20-203-1 da Metaltex que apresenta características de alimentação 220V50/60Hz-1fase, capacidadede 3HP–2,2kW e corrente nominal de saída de 10A. A Tab. 3 apresenta as especificações dos componentes elétricos para a instalação do sistema de acordo com o diagrama apresentado.

Tab. 3: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA DE 3CV

Componentes	Quantidade
Conversor de frequência 3HP	1
Módulo fotovoltaico de 335W	16
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 275 VAC 40/65kA 3P	1
Chave Reversora (2 posições), 30 A, Trifásica (se necessário)	1
Disjuntor bipolar 25 A, Corrente Continua	1
Disjuntor trifásico 15 A, Corrente Alternada	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) - Imax=12A secção minima de 4mm² para distâncias até 159m secção de 6mm² para distâncias de 160m até 250m Maiores distâncias ou correntes no circuito requer novo dimensionamento e projeto Cabos	-
CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
secção de 6mm² para distâncias acima de 160 até 250m Maiores distâncias ou correntes no circuito requer novo dimensionamento e projeto	

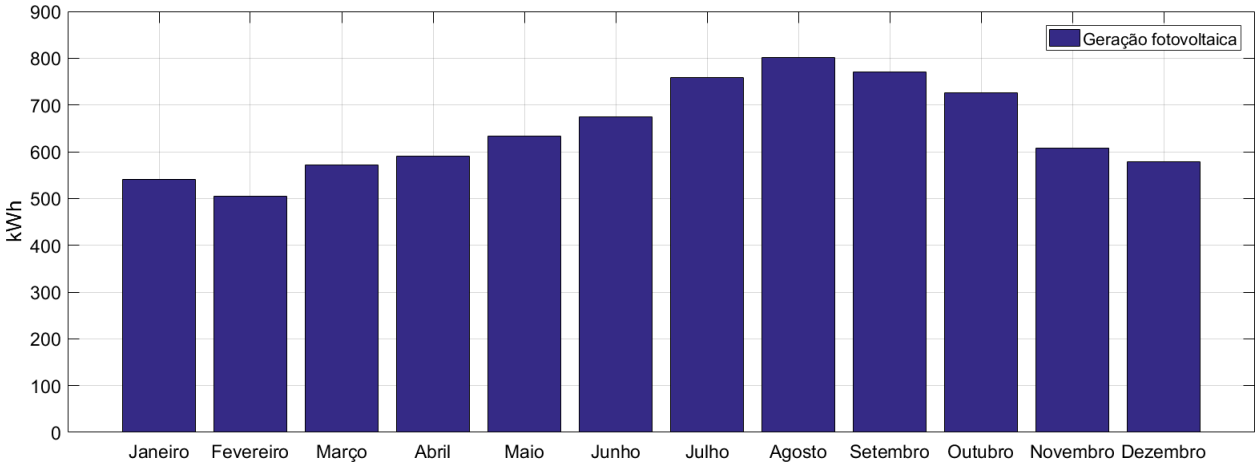


Fig. 3: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DO SISTEMA DE 5,36KWP

Para a realização do cálculo de geração de energia individual do módulo utilizado, com especificações do módulo FV da Canadian de 335W que tem como área 1,94 m^2 e demais espe-

cificações constando em seu datasheet.

Cada módulo fotovoltaico deve produzir 1463,97 Wh. Esse cálculo não leva em consideração as perdas por mismatch como temperatura, sujeira, degradação desigual dos módulos, vegetação, sombreamento parcial e poeira.

Simulando o sistema a partir do PVsyst, a geração FV é de 7755,3 kWh/ano e a produção mensal pode ser vista na Fig. 3. Esse resultado considerado o sistema instalado idealmente voltado para o norte com inclinação de 12°, podendo ser alterado com a presença de sombreamento ou algum outro problema que possa ser causado aos módulos fotovoltaicos.

O diagrama elétrico e funcional do projeto pode ser visto no Anexo 3.

2.4 SISTEMA DE 5 CV

O sistema com bomba Leão modelo 4R8-PB-360 de 5CV (3677,5 W) com alimentação de 220V e corrente de 16A é composto por um sistema fotovoltaico de 8,04 kWp com 24 módulos de 335W. O inversor de frequência segue as especificações do IF20-205-1 da Metaltex que apresenta características de alimentação 220V50/60Hz-1fase, capacidadede 5HP – 3,7kW e corrente nominal de saída de 16A. A Tab. 4 apresenta as especificações dos componentes elétricos para a instalação do sistema de acordo com o diagrama apresentado.

Tab. 4: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA DE 5CV

Componentes	Quantidade
Conversor de frequência 5HP	1
Módulo fotovoltaico de 335W	24
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 1000 VCC 40/65kA 3P	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 275 VAC 40/65kA 3P	1
Chave Reversora (2 posições), 30 A, Trifásica (se necessário)	1
Disjuntor bipolar 35 A, Corrente Continua	1
Disjuntor trifásico 20 A, Corrente Alternada	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) - Imax=12A secção minima de 4mm² para distâncias até 159m secção de 6mm² para distâncias de 160m até 250m Maiores distâncias ou correntes no circuito requer novo dimensionamento e projeto	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
secção de 6mm² para distâncias acima de 160 até 250m Maiores distâncias ou correntes no circuito requer novo dimensionamento e projeto	

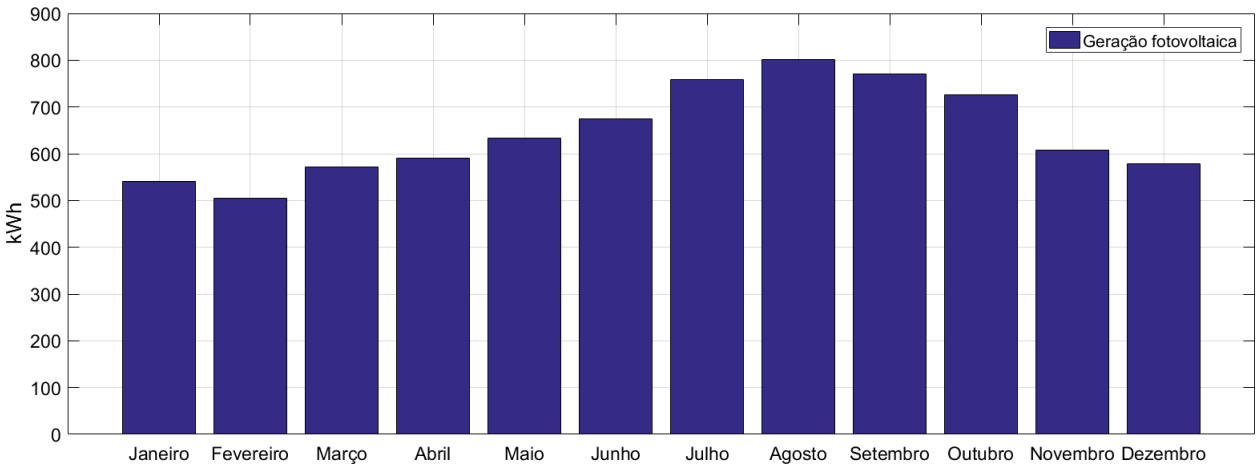


Fig. 4: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DO SISTEMA DE 8,04 KWP

Para a realização do cálculo de geração de energia individual do módulo utilizado, com especificações do módulo FV da Canadian de 335W que tem como área 1,94 m^2 e demais espe-

cificações constando em seu datasheet.

Cada módulo fotovoltaico deve produzir 1463,97 Wh/dia. Esse cálculo não leva em consideração as perdas por mismatch como temperatura, sujeira, degradação desigual dos módulos, vegetação, sombreamento parcial e poeira.

Simulando o sistema a partir do PVsyst, a geração FV é de 12695 kWh/ano e a produção mensal pode ser vista na Fig. 4. Esse resultado considerado o sistema instalado idealmente voltado para o norte com inclinação de 12°, podendo ser alterado com a presença de sombreamento ou algum outro problema que possa ser causado aos módulos fotovoltaicos.

O diagrama funcional e elétrico do projeto pode ser visto no Anexo 4.

SISTEMA ALTERNATIVO

O sistema com bomba de 5CV apresenta uma versão alternativa de instalação utilizando 3 disjuntores ao lado CC de 15Acc, diferente da versão anterior que consta um único disjuntor de 35Acc. Essa versão pode ser aplicada na instalação quando houver dificuldades em encontrar equipamentos no mercado.

Todos os dados de dimensionamento, conexão e configuração do sistema FV permanece inalterado. Assim, como todos os outros componentes (DPS, demais disjuntores Vcc e Vca, baterias, conversores, cabeamentos) e dados resultantes da geração.

As especificações dos componentes elétricos podem ser vistas na Tab. 5 e o diagrama eletríco e funcional pode ser visto no Anexo 5.

Tab. 5: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA DE 5CV ALTERNATIVO

Componentes	Quantidade
Conversor de frequência 5HP	1
Módulo fotovoltaico de 335W	24
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 1000 VCC 40/65kA 3P	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 275 VAC 40/65kA 3P	1
Chave Reversora (2 posições), 30 A, Trifásica (se necessário)	1
Disjuntor bipolar 15 A, Corrente Continua	3
Disjuntor trifásico 20 A, Corrente Alternada	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) - Imax=12A secção minima de 4mm² para distâncias até 159m secção de 6mm² para distâncias de 160m até 250m Maiores distâncias ou correntes no circuito requer novo dimensionamento e projeto	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-

3 SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL

O sistema fotovoltaico para aplicação residencial funciona alimentando diretamente uma carga (equipamentos de consumo de uma residência) ou um banco de baterias para cobrir os horários noturnos e prever dias de autonomia para períodos chuvosos ou nublados de baixa produção do sistema FV. Assim, quando a carga não consome a energia necessária, o sistema de geração isolado precisa armazenar esta energia através de um banco de baterias.

Os sistemas FV residenciais se apresentam em três propostas de instalação, com o uso de módulos FV com potências diferentes e controladores de carga com PWM e MPPT. A seguir são apresentados os respectivos projetos.

BANCO DE BATERIAS

Para o dimensionamento serão consideradas baterias de ciclo profundo e com 50% de descarga diária, encontrando assim a energia nominal mínima das baterias.

CONTROLADORES DE CARGAS

O controlador de carga deverá operar isolado com tecnologia de algoritmo de controle MPPT (Maximum Power Point Tracking) ou PWM. A finalidade do controlador com MPPT é extrair a máxima potência do painel solar fotovoltaico. Mas ambas tecnologias devem transferir a potência gerada para o banco de baterias, controlar a carga/descarga, equalização das baterias e disponibilizar potência para as cargas, em 12/24V. No geral o controlador de carga MPPT/PWM poderá operar detectando automaticamente a tensão do sistema, e suportar uma corrente gerada pelo sistema FV. Além de possuir proteção contra sobrecarga, curto-circuito e polaridade invertida.

Se houver a necessidade de monitoramento de alguma instalação, o componente deverá possuir uma porta de comunicação de dados que possibilite o monitoramento do sistema via PC através de software.

INVERSORES OFF-GRID

O dimensionamento do inversor é realizado a partir das cargas necessárias ou levando em consideração a potência de energia que pode ser enviada as cargas pelo sistema FV dimensionado previamente sem dados de cargas.

3.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO 1 - 310WP (PWM)

O sistema fotovoltaico neste projeto é composto por 2 módulos fotovoltaicos de 155W, controlador de carga de 20A com tecnologia PWM, inversor de 350W e bateria de 105A. A potên-

cia nominal total é de 310Wp distribuídos em uma área de 3 m². Modalidade de conexão da rede de alimentação Baixa Tensão em monofásico com tensão de fornecimento em 127 V.

O inversor fotovoltaico 350W foi escolhido com base na potência instalada do sistema.

Para a conexão dos módulos fotovoltaicos deve-se atentar as descrições elétricas de entrada do inversor, onde a tensão de máxima potência de cada arranjo deve cumprir os requisitos de limites de faixa de tensão máxima potência do inversor.

A proteção elétrica do sistema fotovoltaico será realizada através de disjuntores, DPS e aterramento. Os disjuntores serão utilizados para proteger o circuito do painel solar e o circuito das baterias. Os disjuntores devem ser bipolares e terem sido desenvolvidos para aplicação em corrente contínua, atendendo a NBR IEC 60947-2, a curva de operação deve ser a C (disparo instantâneo entre corrente de ruptura compreendida entre 5 e 10 vezes a corrente nominal). Estas especificações são apresentadas na Tab. 6.

Tab. 6: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA FV (1) RESIDENCIAL

Componentes	Quantidade
Módulo FV de 155W	2
Controlador de carga 20A PWM	1
Inversor CC-CA 350W	1
Baterias chumbo-ácido estacionária 105Ah	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	1
Disjuntor 35A/40A Vc.c. 2P	2
Dispositivo de proteção contra surto 20/40 kA 175 Vc.a. ou 275 Vc.a. Tipo II 2P	1
Disjuntor 25A Vc.c. curva C 2P	1
Disjuntor 10A Vc.a. curva C 2P	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção minima de 2,5mm² ou 4mm²	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
Haste de aterramento de cobre	1

A produção de energia neste sistema é calculada levando em consideração que não existe o uso de componente com MPPT. Logo, a energia do módulo FV é igual a:

$$E_p = P_M * H_s \tag{11}$$

$$E_p = 155W * 4,73 = 677,35Wh/dia \tag{12}$$

Dessa forma, é esperado a produção de 1354,7 Wh/dia (112Ah/dia) do sistema FV em um sistema de 12V.

Utilizando os dados específicos desse sistema, são realizadas as simulações que apresentam resultado anual de produção de energia é de 292,74 kWh/ano para acúmulo no armazenador e cargas. Os dados mensais podem ser vistos na Fig. 5. O diagrama elétrico e funcional do projeto se encontra no Anexo 6.

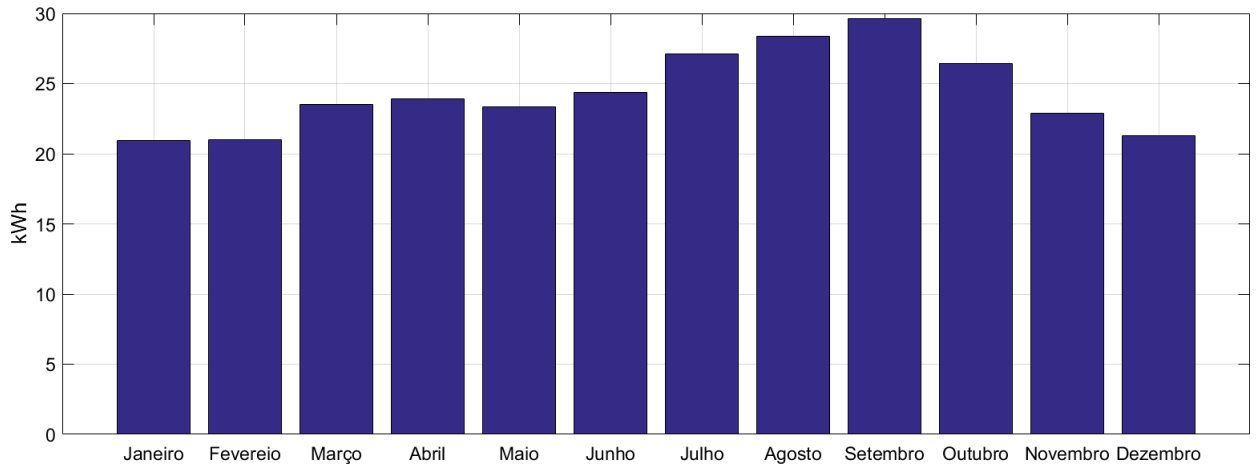


Fig. 5: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM USO DE CONTROLADOR DE CARGA PWM (20A) DO SISTEMA DE 310WP

3.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO 2 - 310WP (PWM)

O sistema fotovoltaico neste projeto é composto por 2 módulos fotovoltaicos de 155W. Prevendo picos de corrente ao longo dos dias que alteram a produção mesmo de maneira discreta, no dimensionamento é usado o controlador de carga de 30A com tecnologia PWM, inversor de 350W e bateria de 105A. A potência nominal total é de 310Wp, distribuídos em uma área de 3 m². Modalidade de conexão da rede de alimentação Baixa Tensão em monofásico com tensão de fornecimento em 127 V.

O inversor fotovoltaico 350W foi escolhido com base na potência instalada do sistema.

Para a conexão dos módulos fotovoltaicos deve-se atentar as descrições elétricas de entrada do inversor, onde a tensão de máxima potência de cada arranjo deve cumprir os requisitos de limites de faixa de tensão máxima potência do inversor.

A proteção elétrica do sistema fotovoltaico será realizada através de disjuntores, DPS e aterramento. Os disjuntores serão utilizados para proteger o circuito do painel solar e o circuito das baterias. Os disjuntores devem ser bipolares e terem sido desenvolvidos para aplicação em corrente contínua, atendendo a NBR IEC 60947-2, a curva de operação deve ser a C (disparo instantâneo entre corrente de ruptura compreendida entre 5 e 10 vezes a corrente nominal).Estas especificações são apresentadas na Tab. 7.

Tab. 7: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA FV (2) RESIDENCIAL

Componentes	Quantidade
Módulo FV de 155W	2
Controlador de carga 30A PWM	1
Inversor CC-CA 350W	1
Baterias chumbo-ácido estacionária 105Ah	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	1
Disjuntor 35A/40A Vc.c. 2P	2
Dispositivo de proteção contra surto 20/40 kA 175 Vc.a. ou 275 Vc.a. Tipo II 2P	1
Disjuntor 25A Vc.c. curva C 2P	1
Disjuntor 10A Vc.a. curva C 2P	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção minima de 2,5mm² ou 4mm²	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
Haste de aterramento de cobre	1

Utilizando os dados específicos desse sistema, são realizadas as simulações que apresentam resultado anual de produção de energia é de 320,95 kWh/ano para acúmulo no armazenador e cargas. A produção ao longo os meses pode ser visto na Fig. 6.

O projeto elétrico e funcional do projeto pode ser visto no Anexo 7.

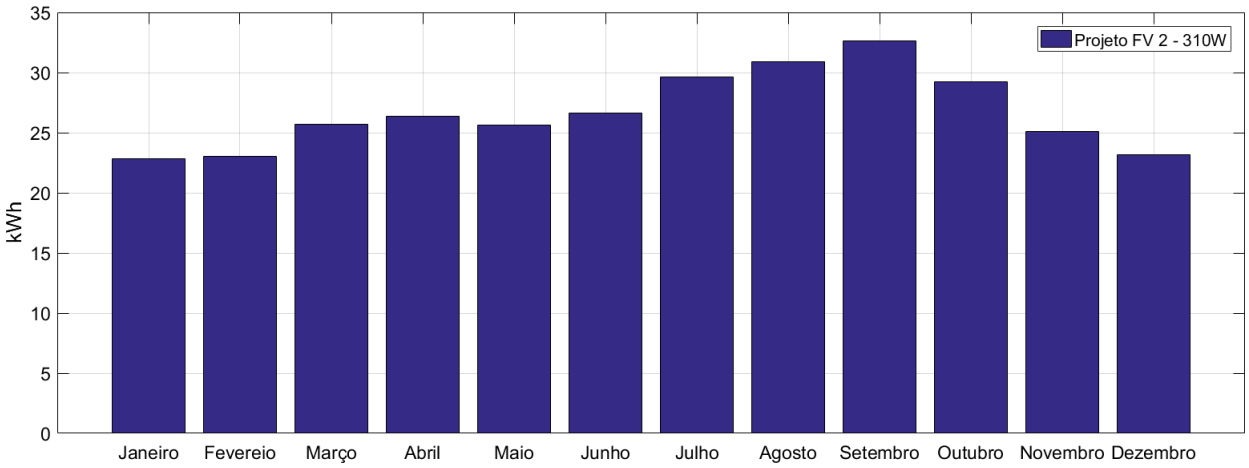


Fig. 6: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM USO DE CONTROLADOR DE CARGA PWM (30A) DO SISTEMA DE 310WP

SISTEMA FOTOVOLTAICO - 320WP (MPPT)

Como alternativa ao projeto FV 2 é composto por 1 módulo fotovoltaico de 320W. Prevendo picos de corrente ao longo dos dias que alteram a produção mesmo de maneira discreta, no dimensionamento é usado o controlador de carga de 30A com tecnologia MPTT com operação na melhor performance do módulo FV, inversor de 350W e bateria de 105A. A potência nominal total é de 310Wp, distribuídos em uma área de 2 m². Modalidade de conexão da rede de alimentação Baixa Tensão em monofásico com tensão de fornecimento em 127 V.

O inversor fotovoltaico é de potência de 350W foiescolhido com base na potência instalada FV e gerenciamento das cargas que poderão ser usadas sem impactar a vida útil do sistema no geral.

Para a conexão dos módulos fotovoltaicos deve-se atentar as descrições elétricas de entrada do inversor, onde a tensão de máxima potência de cada arranjo deve cumprir os requisitos de limites de faixa de tensão máxima potência do inversor.

A proteção elétrica do sistema fotovoltaico será realizada através de disjuntores, DPS e aterramento. Os disjuntores serão utilizados para proteger o circuito do painel solar e o circuito das baterias. Os disjuntores devem ser bipolares e terem sido desenvolvidos para aplicação em corrente contínua, atendendo a NBR IEC 60947-2, a curva de operação deve ser a C (disparo instantâneo entre corrente de ruptura compreendida entre 5 e 10 vezes a corrente nominal).Estas especificações são apresentadas na Tab. 9.

Tab. 9: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA ALTERNATIVA DO SISTEMA FV (2-VERSÃO ALTERNATIVA) RESIDENCIAL

Componentes	Quantidade
Módulo FV de 320W	1
Controlador de carga 30A MPPT	1
Inversor CC-CA 350W	1
Baterias chumbo-ácido estacionária 105Ah	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	1
Disjuntor 35A/40A Vc.c. 2P	2
Dispositivo de proteção contra surto 20/40 kA 175 Vc.a. ou 275 Vc.a. Tipo II 2P	1
Disjuntor 15A Vc.c. curva C 2P	1
Disjuntor 10A Vc.a. curva C 2P	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção minima de 2,5mm² ou 4mm²	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
Haste de aterramento de cobre	1

A partir dos dados específicos desse sistema, foram realizadas as simulações que apresentam resultado anual de produção de energia é de 481,66 kWh/ano (com o uso de controlador

MPPT) para acúmulo no armazenador e cargas. A produção ao longo os meses pode ser visto na Fig. 7. O projeto elétrico e funcional se encontra como Anexo 8.

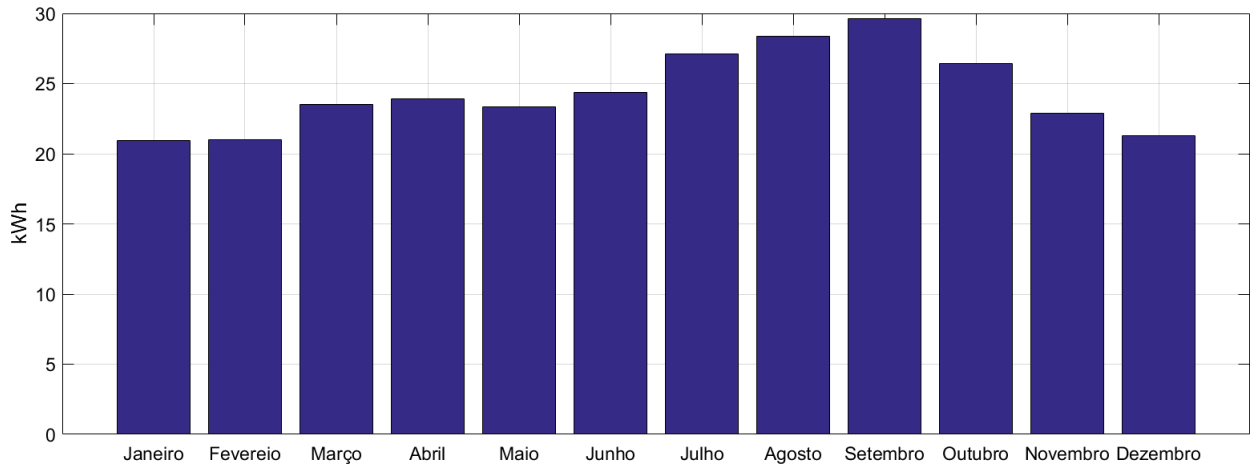


Fig. 7: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM USO DE CONTROLADOR DE CARGA MPPT (30A) DO SISTEMA DE 320WP

3.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO 3 - 155WP (PWM)

O sistema fotovoltaico neste projeto é composto por 1 módulo fotovoltaico de 155W, controlador de carga de 20A com tecnologia PWM, inversor de 350W e bateria de 105A. A potência nominal total é de 155Wp. Modalidade de conexão da rede de alimentação Baixa Tensão em monofásico com tensão de fornecimento em 127 V. O inversor fotovoltaico 350W foi escolhido com base na potência instalada do sistema.

A proteção elétrica do sistema fotovoltaico será realizada através de disjuntores, DPS e aterramento. Os disjuntores serão utilizados para proteger o circuito do painel solar e o circuito das baterias. Os disjuntores devem ser bipolares e terem sido desenvolvidos para aplicação em corrente contínua, atendendo a NBR IEC 60947-2, a curva de operação deve ser a C (disparo instantâneo entre corrente de ruptura compreendida entre 5 e 10 vezes a corrente nominal). Estas especificações são apresentadas na Tab. 8.

Utilizando os dados específicos desse sistema, são realizadas as simulações que apresentam resultado anual de produção de energia é de 246,55 kWh/ano para acúmulo no armazenador e cargas. O projeto elétrico e funcional do projeto pode ser visto no Anexo 9.

Tab. 8: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA A INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO SISTEMA FV (2) RESIDENCIAL

Componentes	Quantidade
Módulo FV de 155W	1
Controlador de carga 20A PWM	1
Inversor CC-CA 350W	1
Baterias chumbo-ácido estacionária 105Ah	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	1
Disjuntor 10Ac.c. 2P	1
Dispositivo de proteção contra surto 20/40 kA 175 Vc.a. ou 275 Vc.a. Tipo II 2P	1
Disjuntor 35/40A c.c. curva C 2P	2
Disjuntor 10A Vc.a. curva C 2P	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção minima de 2,5mm² ou 4mm²	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
Haste de aterramento de cobre	1

4 SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REFRIGERAÇÃO

Os sistemas de refrigeração em áreas de díficil acesso são extremamente importantes para preservação de alimentos de consumo local, para o desenvolvimento do comércio local e até mesmo na conservação de vacinas em postos de saúde. Dentro deste contexto, é apresentado o dimensionado sistemas FV para refrigeração.

SISTEMA FOTOVOLTAICO – 640W

Primeiramente são considerados os dados de carga de uma geladeira que apresenta consumo médio de 2,3kWh/dia (4Ah) e total de 96Ah/dia. Os resultados do dimensionamento sugerem um gerador solar fotovoltaico é composto por 2 módulos fotovoltaicos de 320W (conexão paralelo), um controlador de carga de 20A MPPT e 2 baterias estacionárias de 220Ah configurada em 24V (configuração mista - série/paralelo).

O painel solar fotovoltaico deverá ter potência nominal entre 320 a 335W. Esse poderá ser policristalino ou monocristalino. As dimensões do painel não poderão ser superior a 1,92 m². A eficiência do painel não poderá ser inferior a 16%. O coeficiente de temperatura não poderá ser superior a 0,45%/°C acima de 25°C. O sistema fotovoltaico deverá ser instalado através de suporte apropriado com inclinação de 11° N.

Cada módulo produzirá cerca de 1392,25Wh/dia (58Ah) que serão inseridos no banco de baterias que é dimensionado considerando 50% de profundidade de descarga e autonomia de 1,5 dias. A produção do sistema FV é de 778,72 kWh/ano, podendo ser visualizada mensalmente na Fig. 8 e a especificação do sistema é apresentada na Tab. 10. O projeto funcional e elétrico se encontra como Anexo 10.

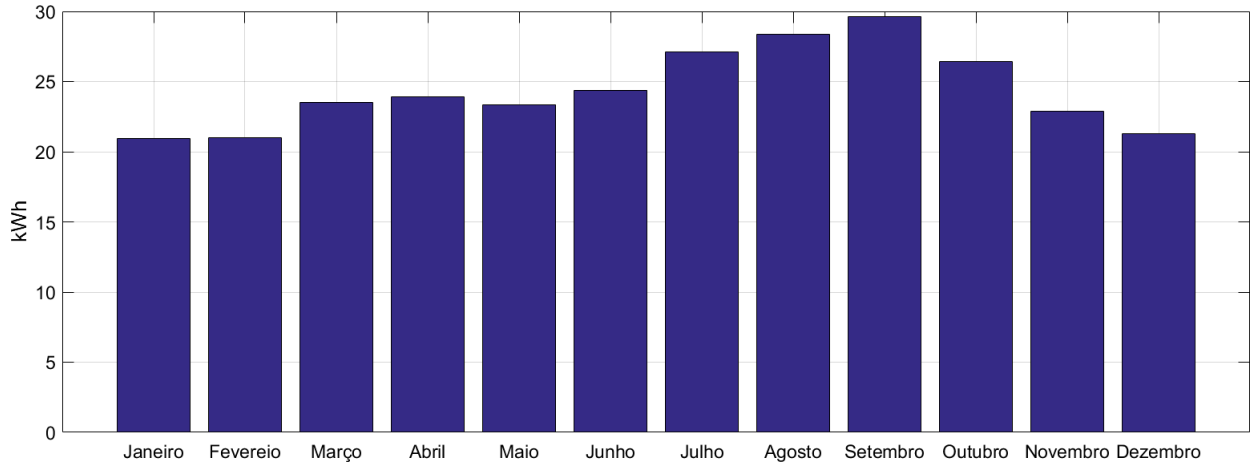


Fig. 8: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA PARA SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Tab. 10: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA SISTEMA FV DE REFRIGERAÇÃO

Componentes	Quantidade
Módulo FV de 320W	2
Controlador de carga 20A MPPT	1
Baterias chumbo-ácido estacionária 220Ah	2
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	2
Disjuntor 32A/35A Vc.c. 2P	1
Disjuntor 25A Vc.c. curva C 2P	1
Disjuntor 15A Vc.c. curva C 2P	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção minima de 2,5mm² ou 4mm²	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
Haste de aterramento de cobre	1

SISTEMA FOTOVOLTAICO – 600W

O sistema fotovoltaico é composto por 4 módulos fotovoltaicos de 150W (conexão série/paralelo), um controlador de carga de 30A MPPT e 2 baterias estacionárias de 220Ah configurada em 24V (configuração mista - série/paralelo).

Cada módulo produzirá cerca de 662,78 Wh/dia (27Ah) que serão inseridos no banco de baterias que é dimensionado considerando 50% de profundidade de descarga e autonomia de 1,5 dias. A produção do sistema FV é de 745 kWh/ano e a especificação do sistema é apresentada na Tab. 11. O projeto funcional e elétrico se encontra como Anexo 11.

Tab. 11: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA SISTEMA FV DE REFRIGERAÇÃO

Componentes	Quantidade
Módulo FV de 150W	4
Controlador de carga 30A MPPT	1
Baterias chumbo-ácido estacionária 220Ah	2
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	2
Disjuntor 32A/35A Vc.c. 2P	1
Disjuntor 25A Vc.c. curva C 2P	1
Disjuntor 10A Vc.c. curva C 2P	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção minima de 2,5mm² ou 4mm²	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
Haste de aterramento de cobre	1

5 SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ACESSO À INTERNET

Para o acesso à internet é implantado roteadores com consumo aproximado de 3Ah e 72Ah/dia para manter 24h conectado.

Os módulos fotovoltaicos serão instalados em uma estrutura construída próximo ao local de instalação, a inclinação mínima deverá ser de 11° voltados para o Norte. Serão utilizados 3 módulos fotovoltaicos de potência entre 140 a 150W, conectados em paralelo em 12V e 1 inversor de 150W, instalados próximo aos módulos para redução de perdas de corrente e tensão.

Para a conexão dos módulos fotovoltaicos deve-se atentar as descrições elétricas de entrada do inversor, onde a tensão de máxima potência de cada arranjo deve cumprir os requisitos de limites de faixa de tensão máxima potência do inversor.

A proteção elétrica do sistema fotovoltaico será realizada através de disjuntores, DPS e aterramento. Os disjuntores serão utilizados para proteger o circuito do painel solar e o circuito das baterias. Os disjuntores devem ser bipolares e terem sido desenvolvidos para aplicação em corrente contínua, atendendo a NBR IEC 60947-2, a curva de operação deve ser a C (disparo instantâneo entre corrente de ruptura compreendida entre 5 e 10 vezes a corrente nominal).Estas especificações são apresentadas na Tab. 12.

Tab. 12: ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES PARA SISTEMA FV DE REFRIGERAÇÃO

Componentes	Quantidade
Módulo FV de 140/150W	3
Controlador de carga 30A PWM	1
Baterias chumbo-ácido estacionária 220Ah	1
Inversor CC-CA 150W	1
Dispositivo de proteção contra surto - DPS 600 VCC 40/65kA 3P	2
Disjuntor 32A/35A Vc.c. 2P	1
Disjuntor 30/32A Vc.c. curva C 2P	2
Disjuntor 5/10A Vc.a. curva C 2P	1
Dispositivo de proteção contra surto 20/40kA 175/275Vc.a. 2P	1
Cabos CA - Revestimento de PVC ou borracha (70°C) secção minima de 2,5mm² ou 4mm²	-
Cabos CC - Fotovoltaico ou com duplo encapamento proteção UV (se possível) A extensão dos módulos até o conversor de de frequência adotar cabo PVC/70°C - min de 4mm² ou 6mm²	-
Haste de aterramento de cobre	1

Considerando o uso de módulos fotovoltaicos de 150W, a produção de energia neste sistema é calculada levando em consideração que não existe o uso de componente com MPPT. Logo, a energia do módulo FV é igual a:

$$E_p = P_M * H_s \tag{13}$$

$$E_p = 155W * 4,73 = 677,35Wh/dia \tag{14}$$

Dessa forma, é esperado a produção de 1354,7 Wh/dia (112Ah/dia) do sistema FV em um sistema de 12V.

Utilizando os dados específicos desse sistema, são realizadas as simulações que apresentam resultado anual de produção de energia é de 292,74 kWh/ano para acúmulo no armazenador e cargas. Os dados mensais podem ser vistos na Fig. 9.

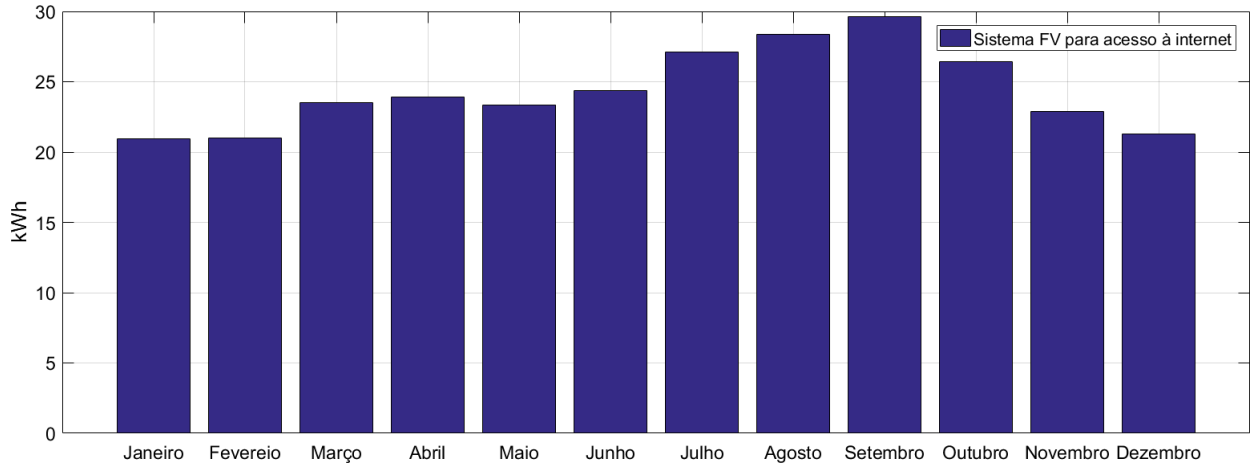


Fig. 9: PREVISÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM USO DE CONTROLADOR DE CARGA PWM PARA SISTEMA DE ACESSO À INTERNET

Diagrama funcional e elétrico do projeto pode ser visto no Anexo 12

Referências

[1] T. S. Costa, *Estudo e simulação de sistemas híbridos a partir de fonte fotovoltaica para aplicação autônoma e conectado à rede*. Universidade Estadual de Campinas, 2019.

[2] M. G. Villalva, *Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações*. 2a edição, Editora Saraiva, 2015.

[3] J. T. Pinho and M. A. Galdino, *Manual de enegenharia para sistemas fotovoltaicos*. 1a Edição ed., CRESESB, Rio de Janeiro, 2014.

[4] ABNT, "Nbr 5410: Instalações elétricas de baixa tensão," p. 209, 2004.

[5] IEC, "Iec 60364 electrical installations for buildings," *International standard*, 2005.

[6] ——, "Iec 60269-6 – low-voltage fuses – part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems," *International Electrotechnical Commission's international standard*, 2010.

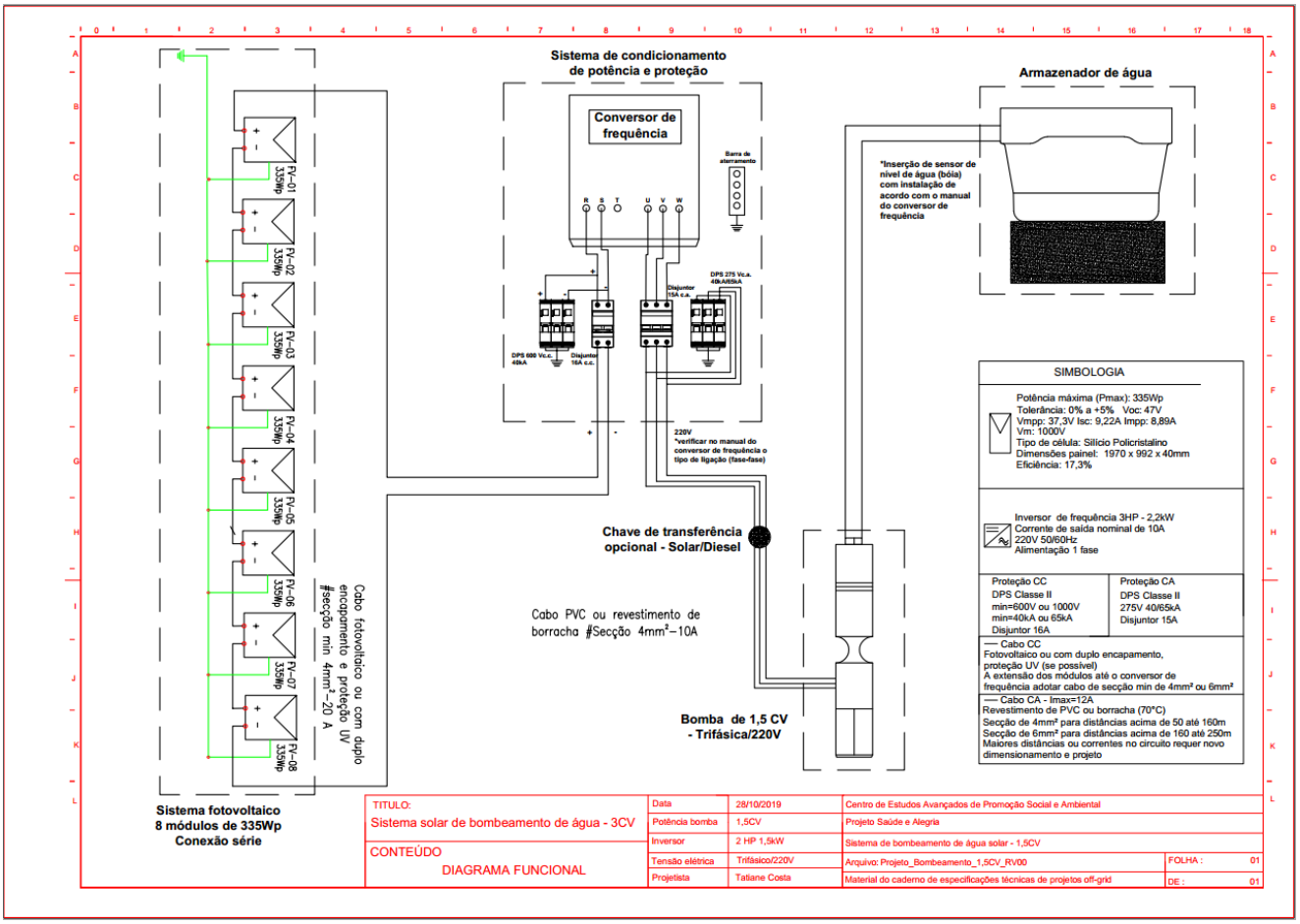
[7] ABNT, "Nbr 5419: Proteção contra descargas atmosféricas," 2015.

[8] ——, "Nbr 6524: Fios e cabos de cobre duro e meio duro com ou sem cobertura protetora para instalações aéreas," 1998.

Anexos

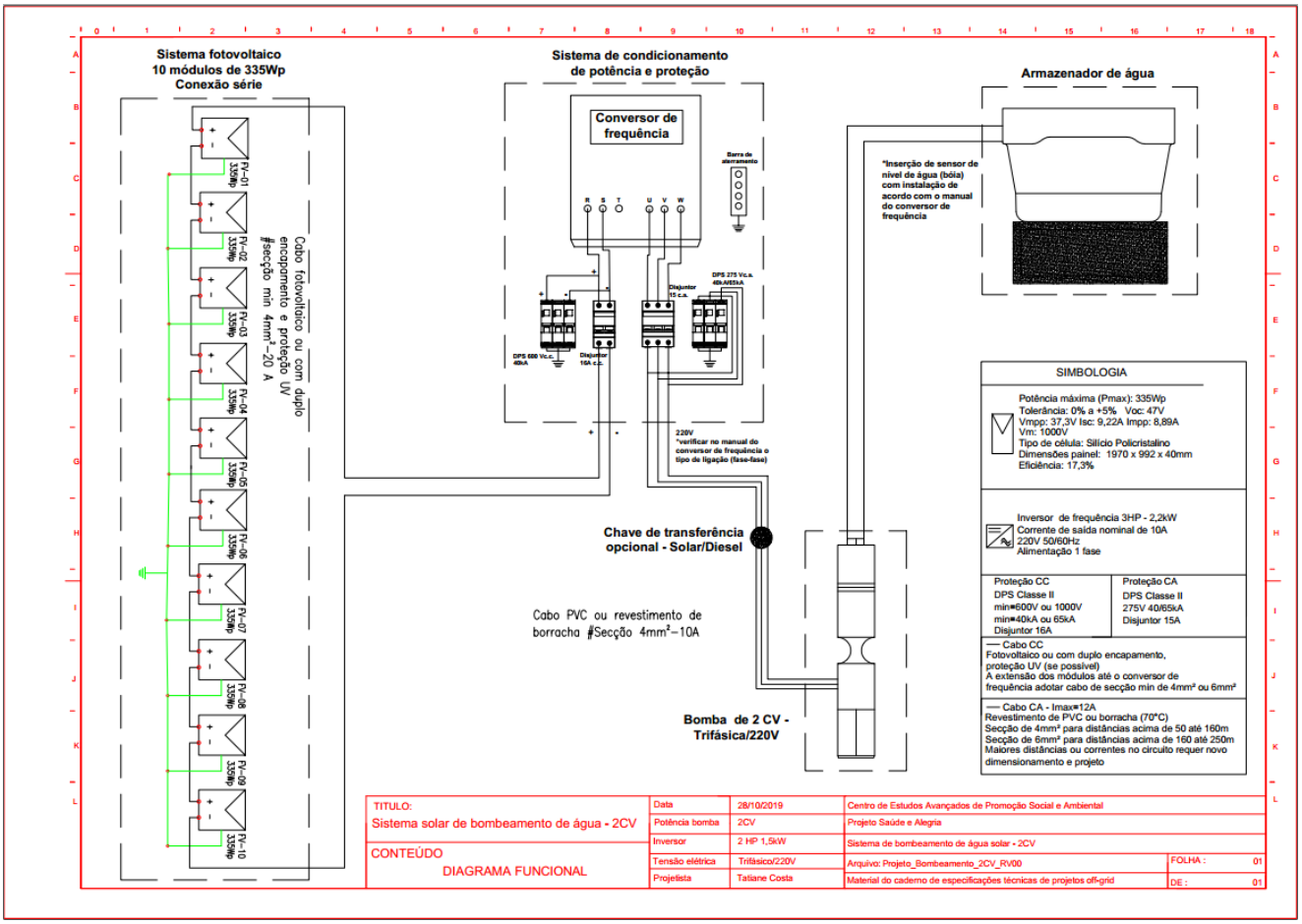
ANEXO 1

Sistema de bombeamento de água 1,5 CV



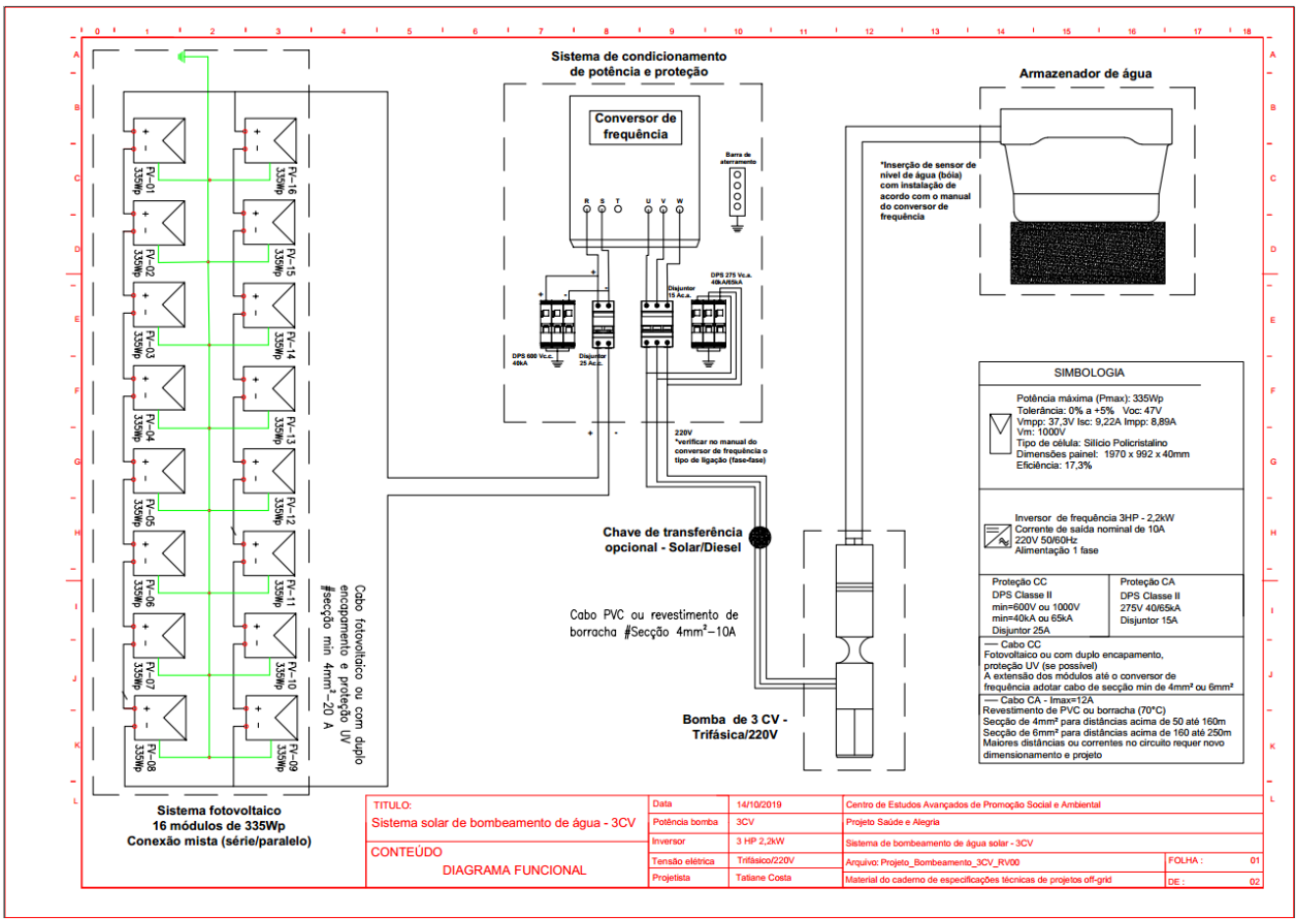
ANEXO 2

Sistema de bombeamento de água de 2 CV



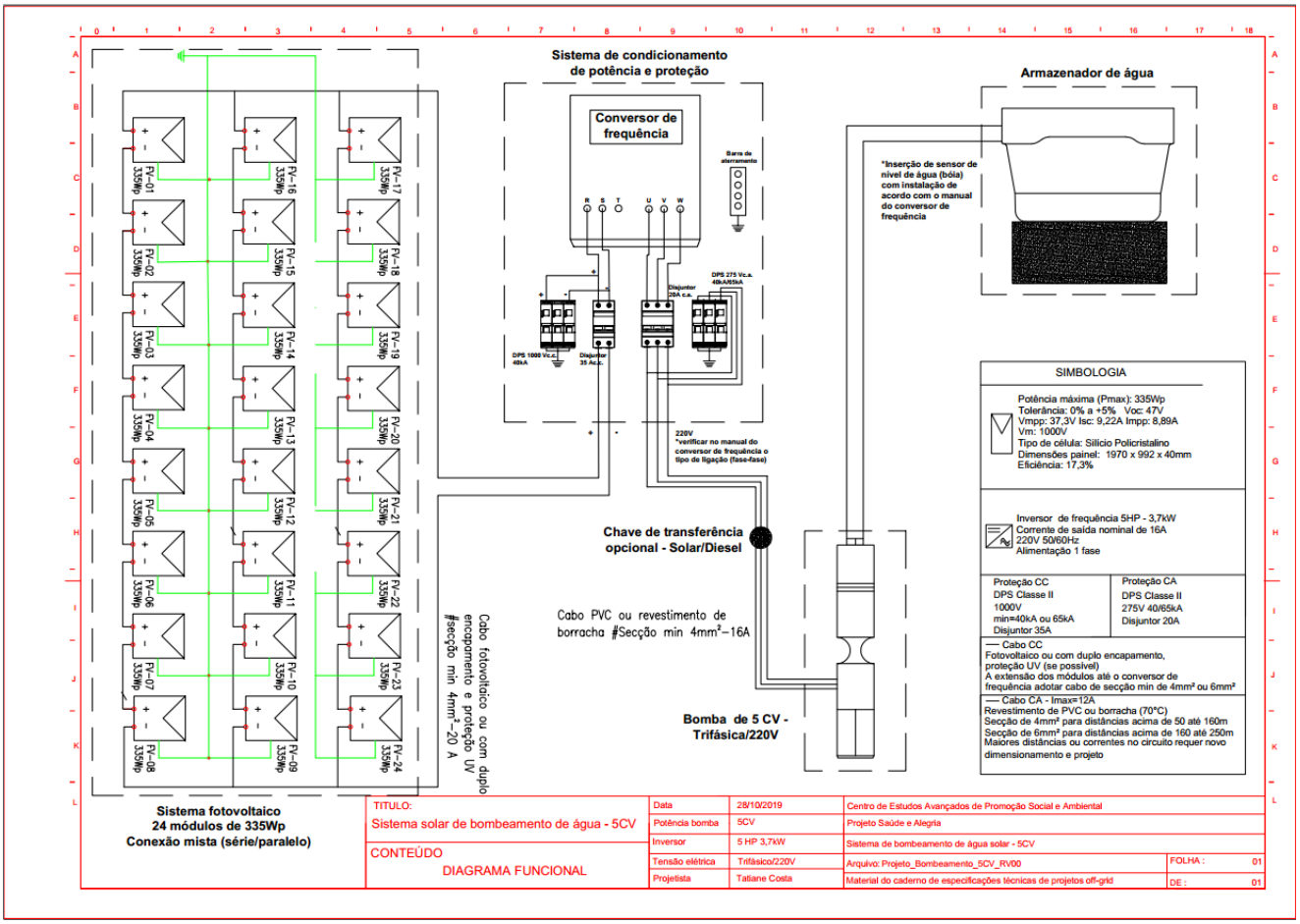
ANEXO 3

Sistema de bombeamento de água de 3 CV



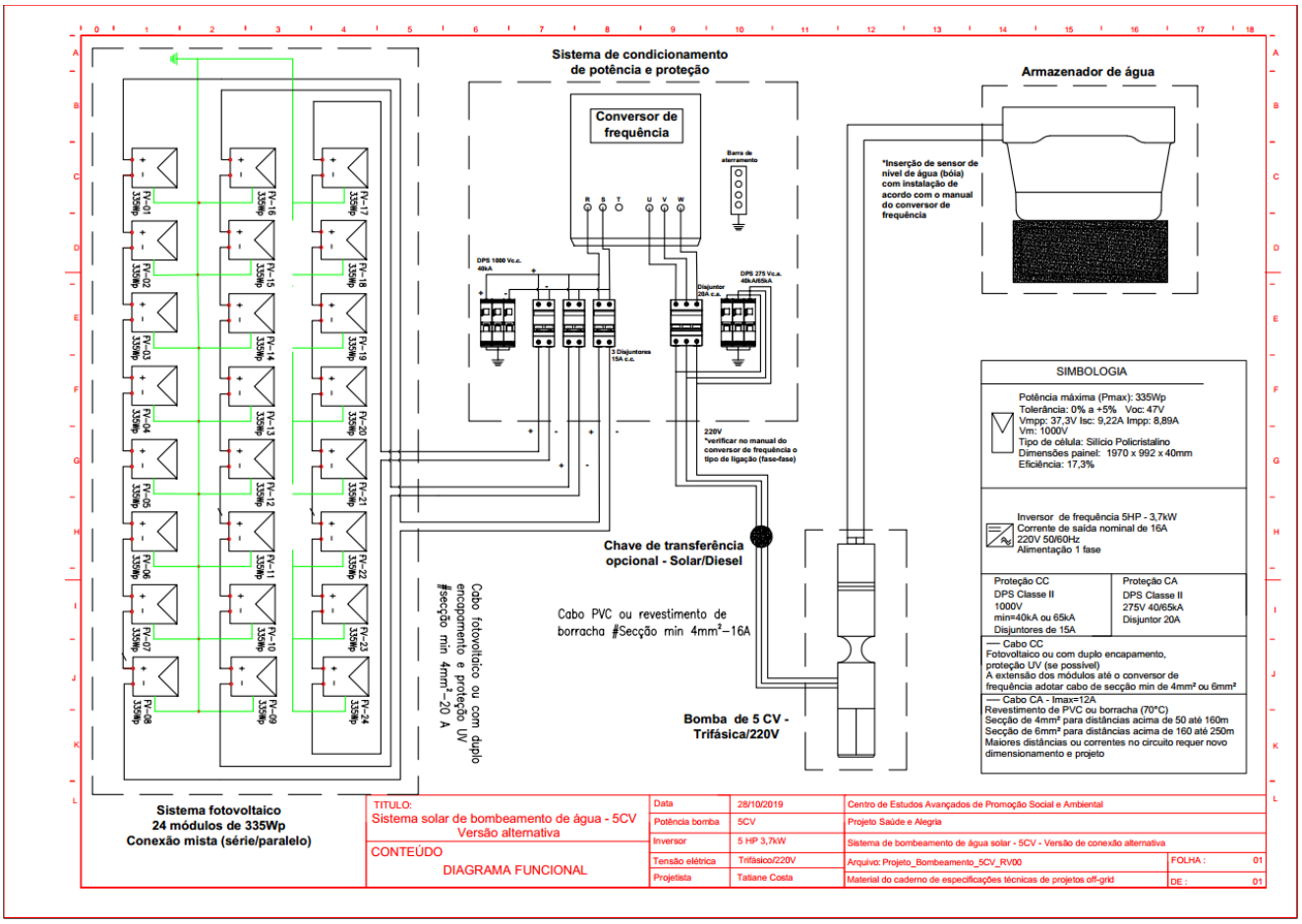
ANEXO 4

Sistema de bombeamento de água de 5 CV



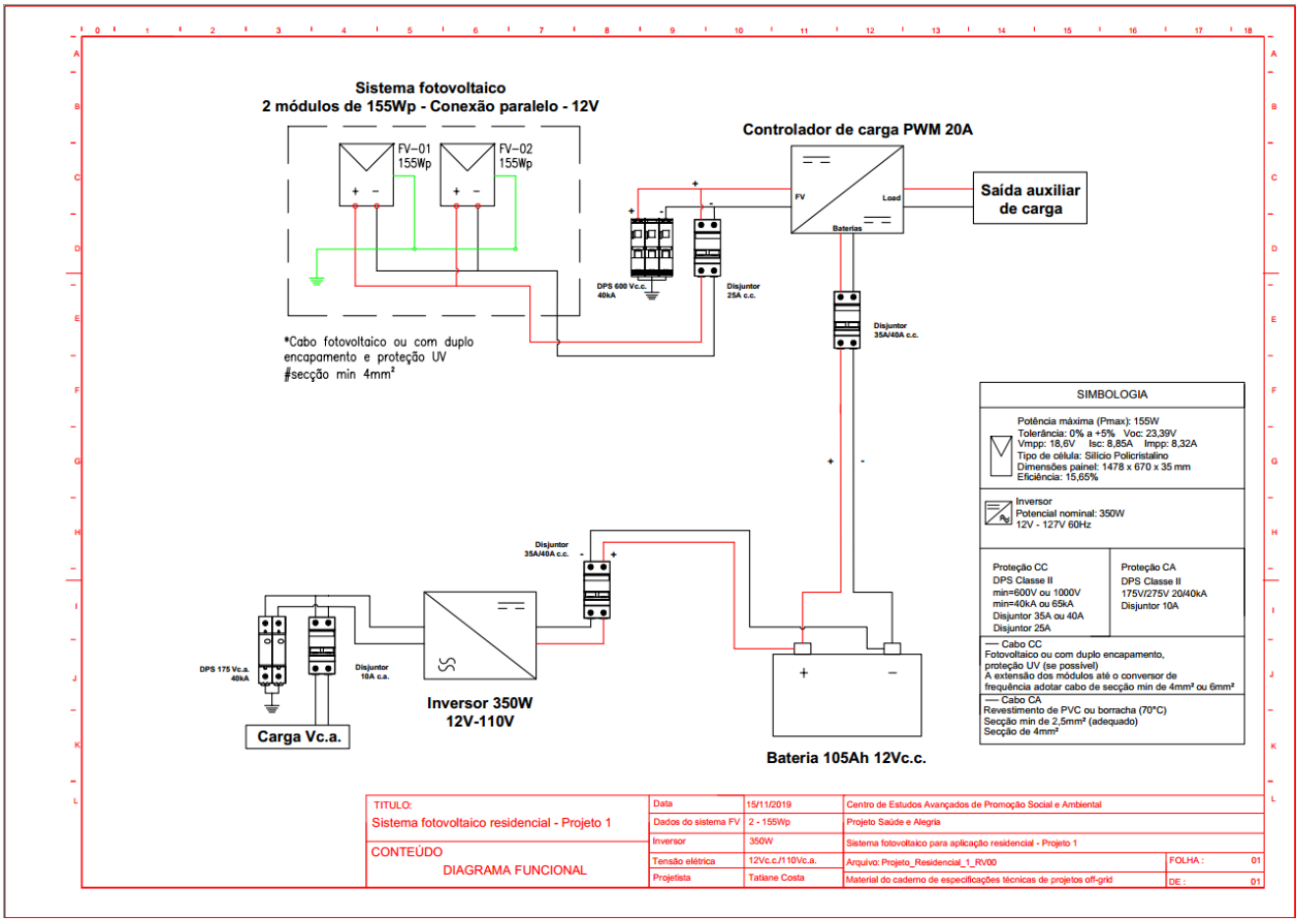
ANEXO 5

Sistema de bombeamento de água de 5 CV – Versão alternativa de conexão



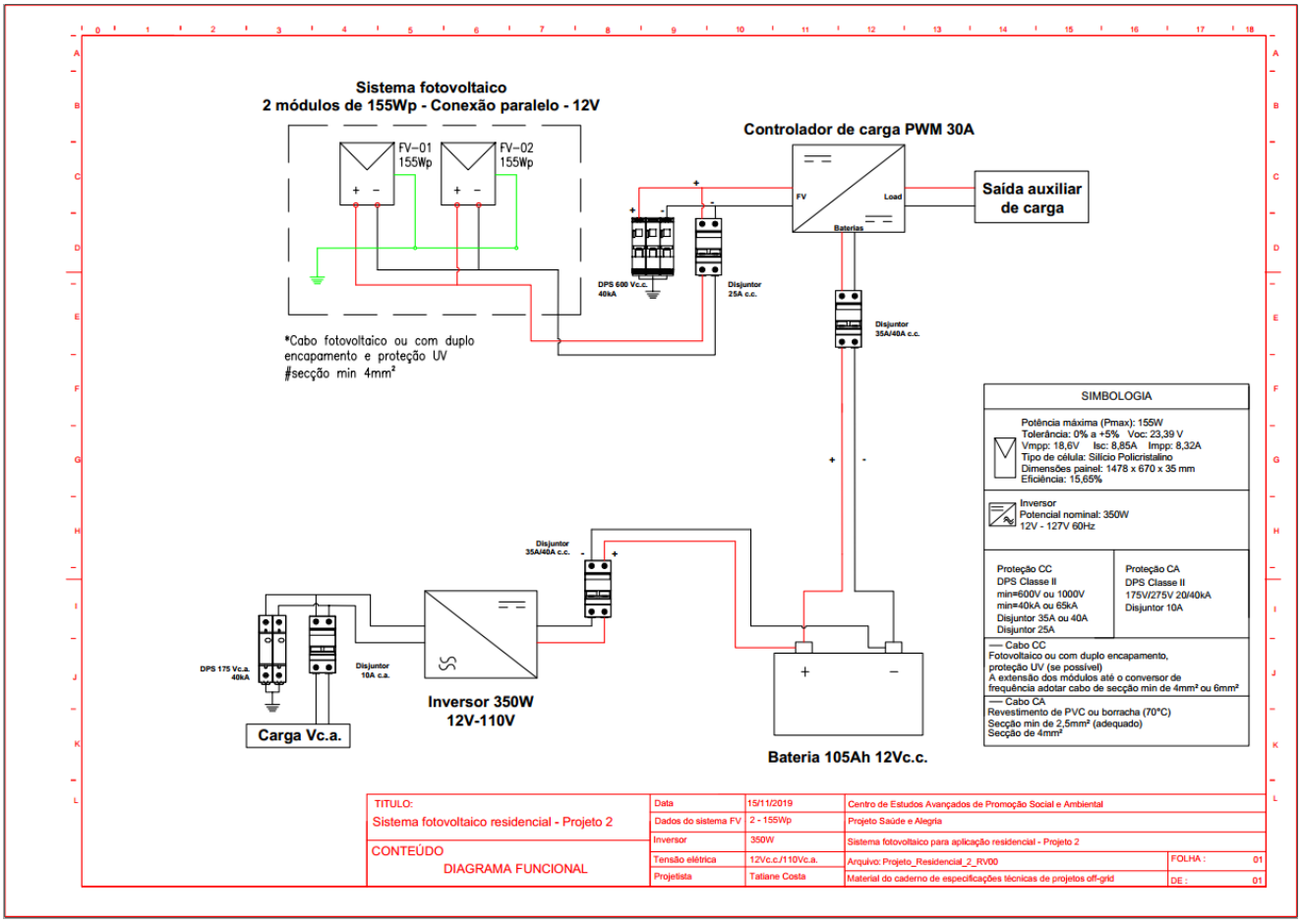
ANEXO 6

Sistema fotovoltaico para aplicação residencial – Projeto 1



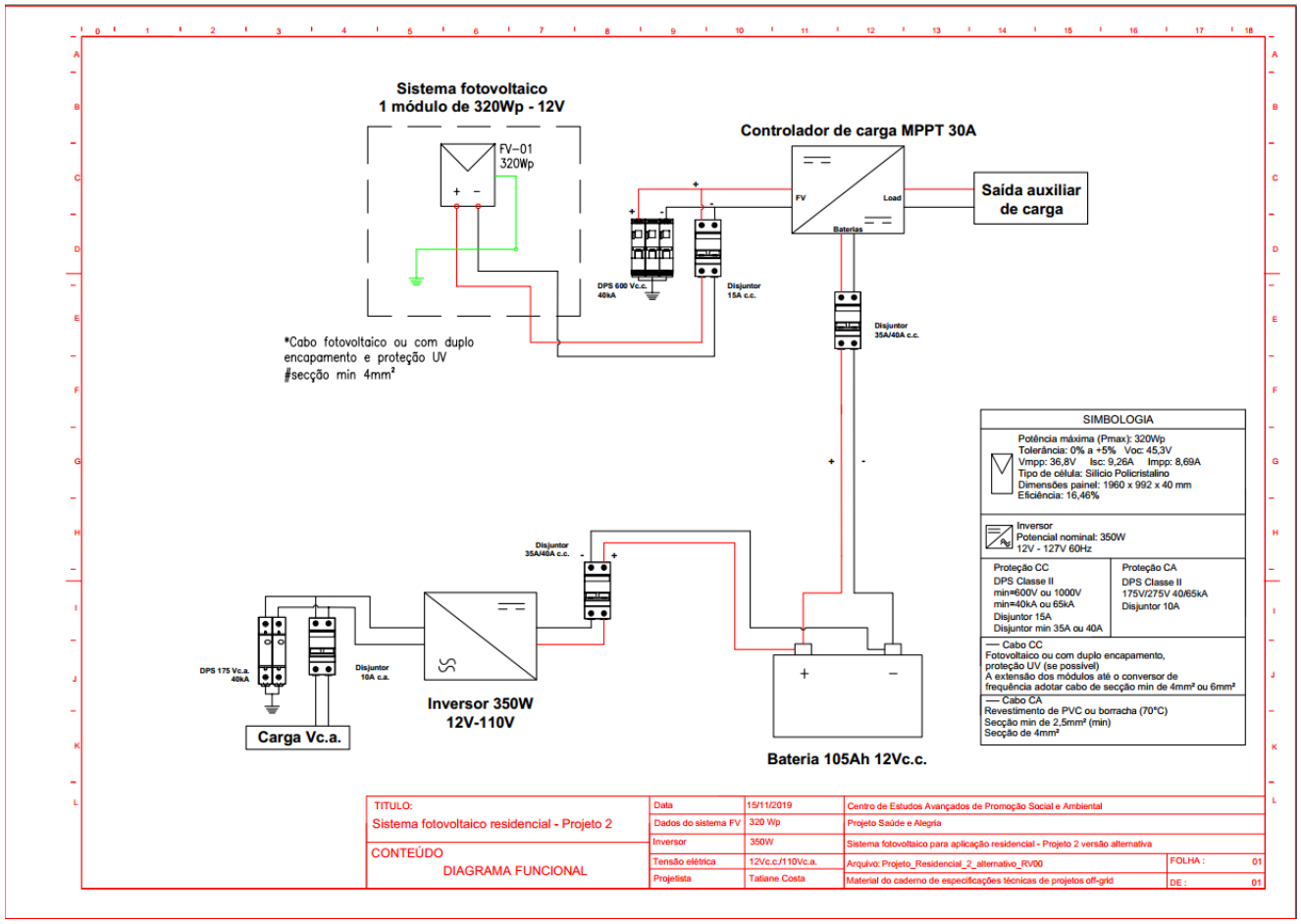
ANEXO 7

Sistema fotovoltaico para aplicação residencial – Projeto 2



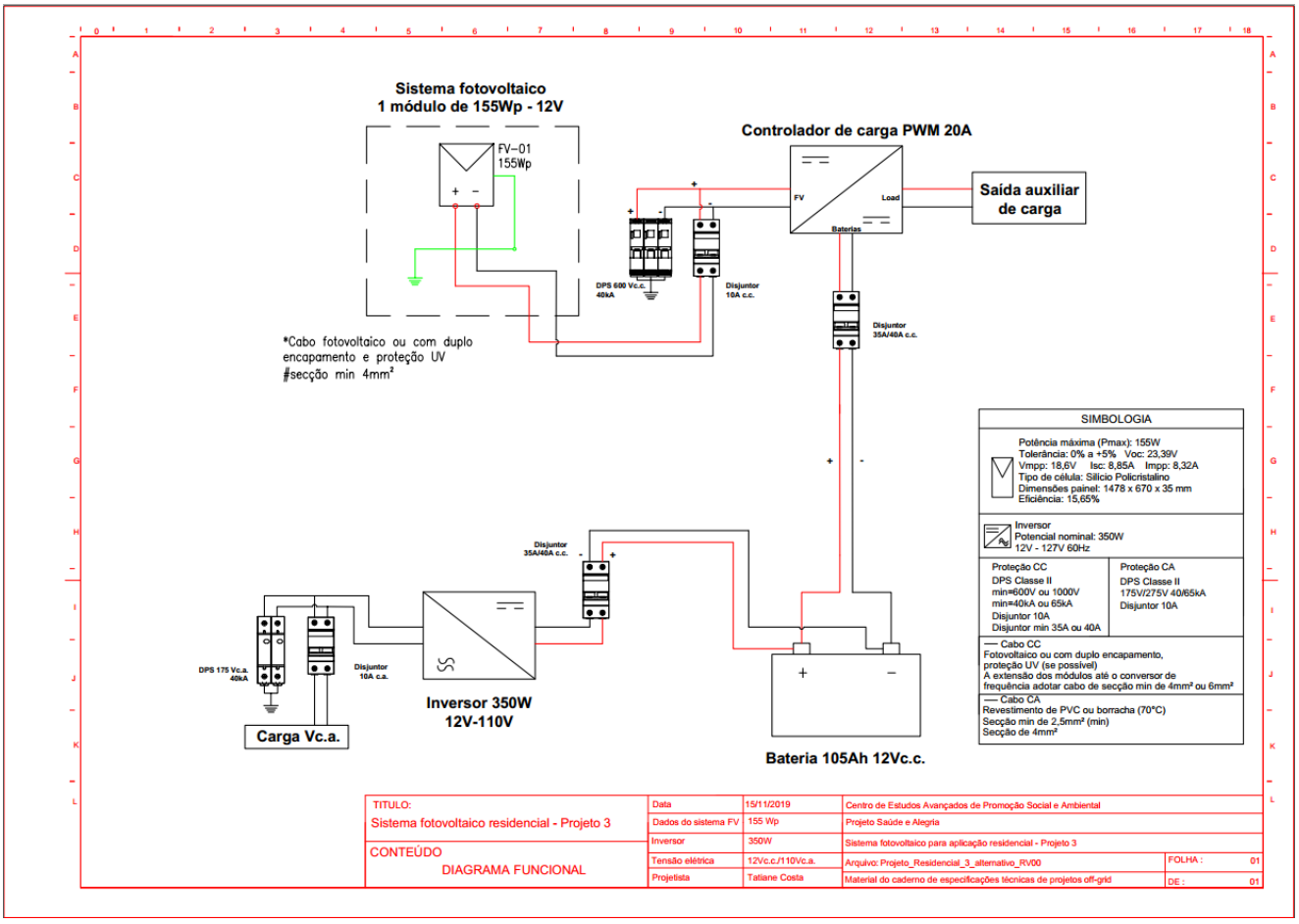
ANEXO 8

Sistema fotovoltaico para aplicação residencial – Projeto 2
Versão alternativa



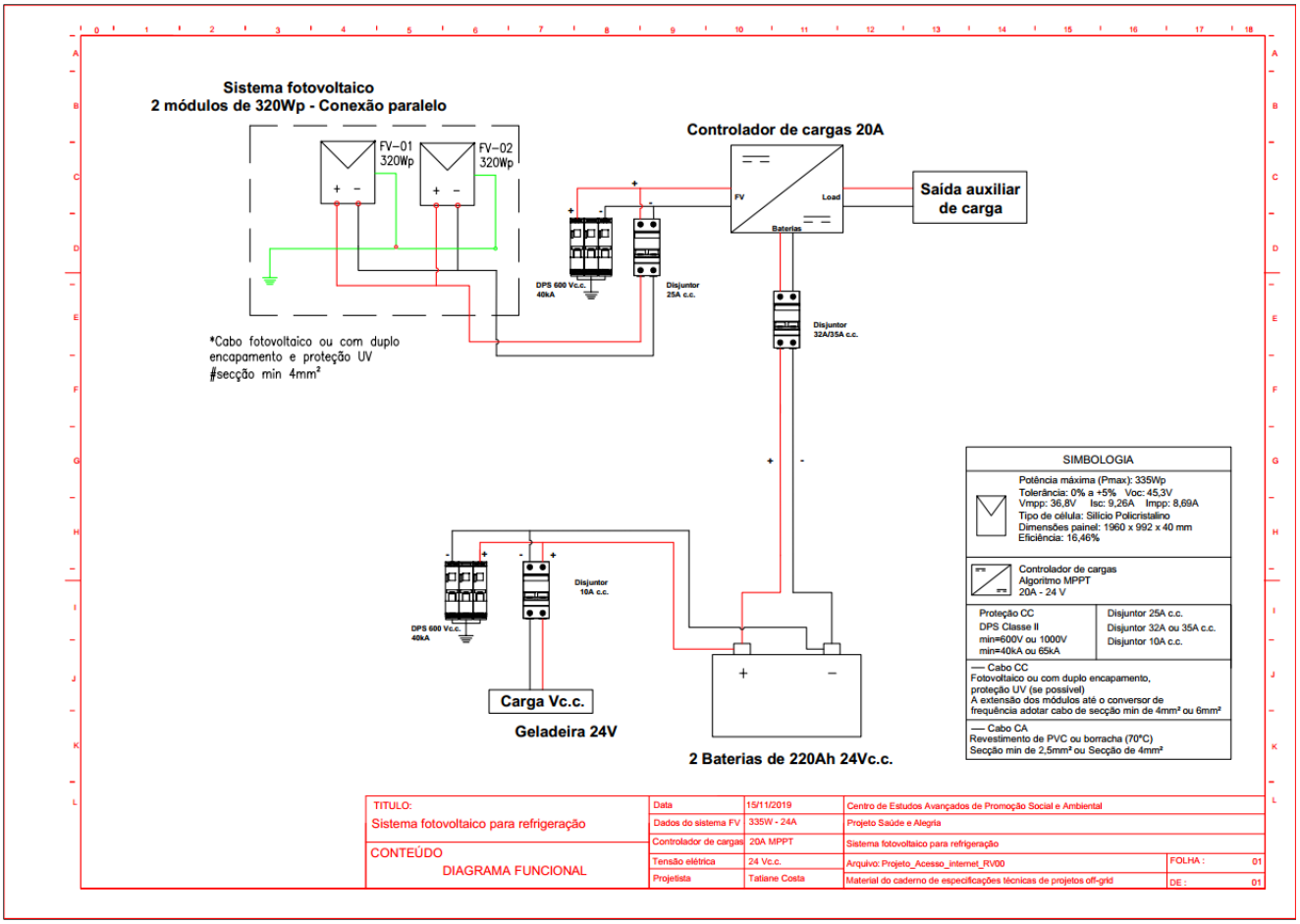
ANEXO 9

Sistema fotovoltaico para aplicação residencial – Projeto 2
Versão alternativa



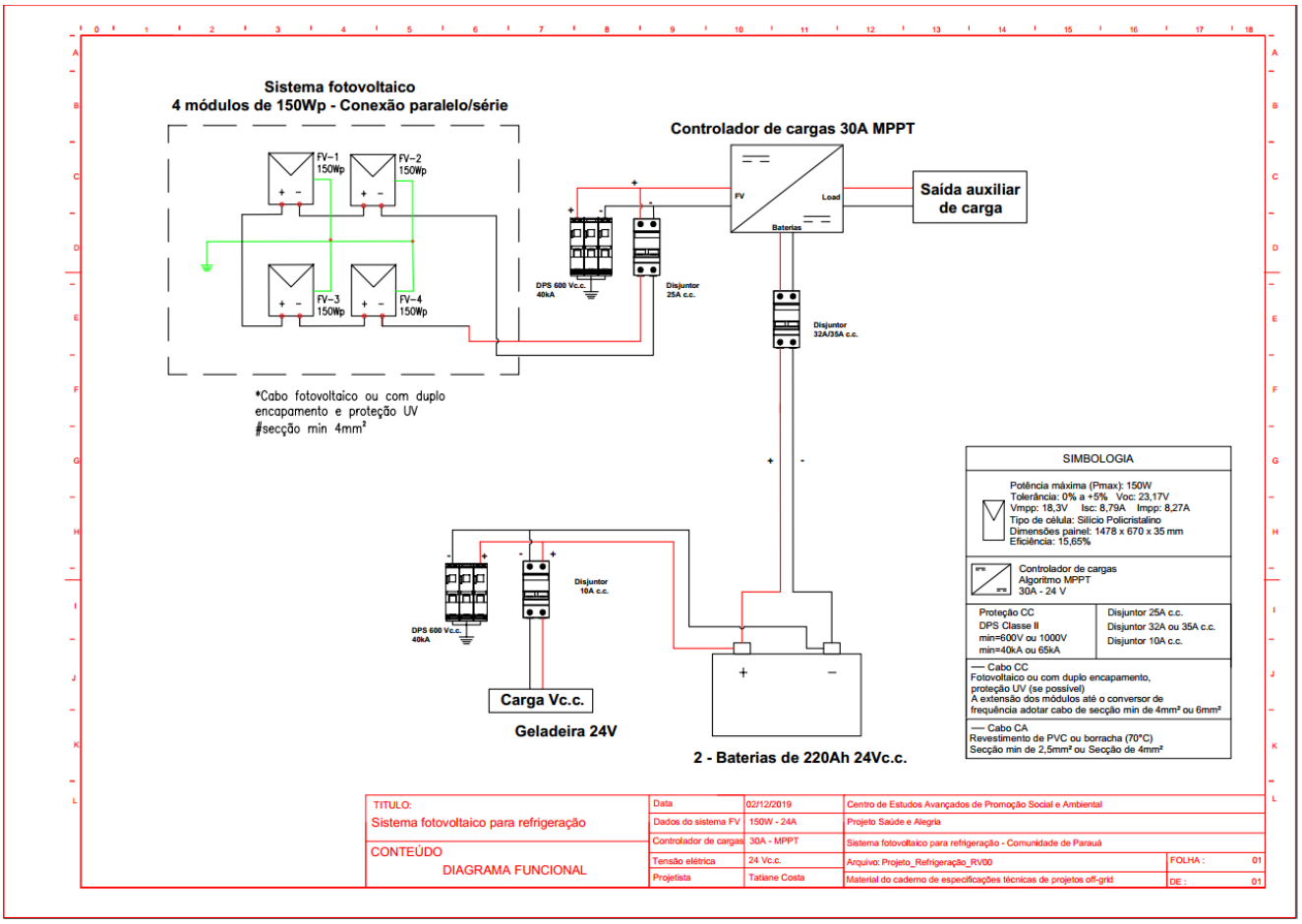
ANEXO 10

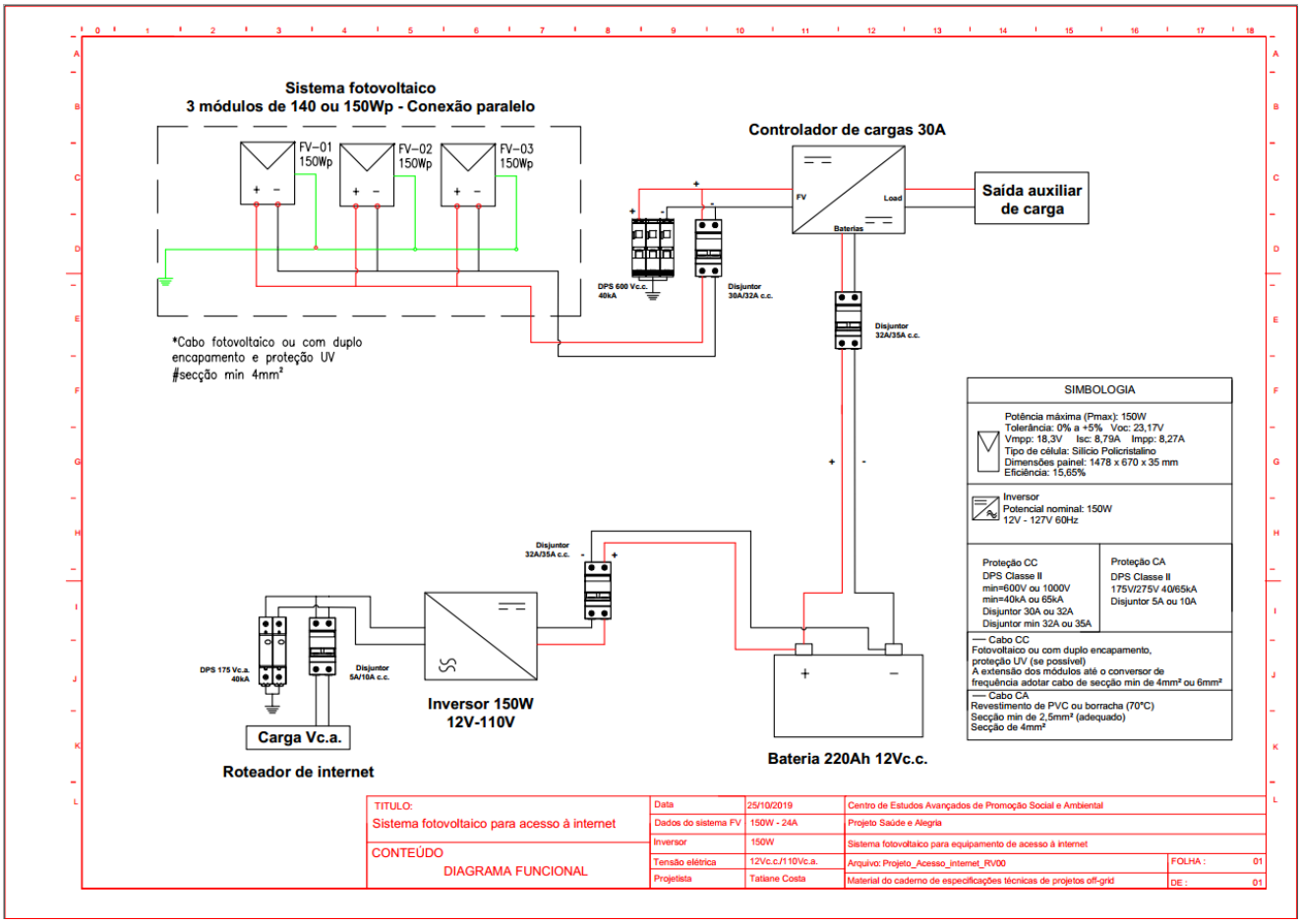
Sistema fotovoltaico para refrigeração – 640W



ANEXO 11

Sistema fotovoltaico para refrigeração – 600W



ANEXO 12

Sistema fotovoltaico para acesso à internet