



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Relatório de Estágio Supervisionado

Melyna Candice Silva Simões

Campina Grande, Paraíba

Setembro/2017

Melyna Candice Silva Simões

Relatório de Estágio Supervisionado

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel
em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.
Orientador

Campina Grande, Paraíba
Setembro/2017

Melyna Candice Silva Simões

Relatório de Estágio Supervisionado

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel
em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Aprovado em / /

Professora Núbia Silva Dantas Brito, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliadora

Professor Célio Anésio da Silva, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Campina Grande, Paraíba
Setembro/2017

Agradecimentos

Agradeço à Deus por permitir que fosse possível estar concluindo esta fase da minha trajetória profissional.

Agradeço a todos os meus familiares, que sempre me incentivaram em todos os momentos, fazendo dos meus objetivos a sua própria luta.

Expresso minha admiração e agradecimento aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, com quem tanto aprendi e que me transmitiram conhecimentos essenciais para minha formação profissional e pessoal.

Agradeço em especial ao Professor Celio Anésio da Silva, pela orientação nas atividades desenvolvidas durante o período de estágio, pela atenção e presteza ao longo das atividades acadêmicas, e que além disso, durante inúmeras e longas conversas me ensinou com tamanha propriedade o que é engenharia fora da universidade. E a Professora Núbia Silva Dantas Brito, mentora e supervisora do estágio, pela oportunidade concedida de solidificar meu conhecimento adquirido durante a graduação.

Gostaria de agradecer aos meus amigos do LSP e LABFREN que me auxiliaram das mais diversas formas na realização das atividades propostas.

Deixo meu registro de gratidão a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para o êxito na minha trajetória acadêmica, colaborando para concretização desta etapa em minha vida.

Divido o mérito da minha graduação e deste trabalho com todos vocês. Meu muito obrigada!

Resumo

Este documento descreve as atividades desenvolvidas no Laboratório de Sistemas de Potência – LSP/UFCG, nesta cidade de Campina Grande, correspondente ao estágio discente. As atividades realizadas tiveram como objetivo principal a elaboração do Projeto de Geração Solar Fotovoltaica que será instalado no Laboratório de Fontes Renováveis de Energia (LABFREN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como fonte geradora de eletricidade para um sistema de produção de hidrogênio eletrolítico, assim como o orçamento e a respectiva análise de viabilidade econômica.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico, Produção de Hidrogênio, Análise Econômica, Projeto Elétrico, LABFREN.

Abstract

This document describes the activities developed in the Laboratory of Power Systems – LSP/UFCG, in this city of Campina Grande, corresponding to the student stage. The activities carried out had as main the elaboration of the Solar Photovoltaic Generation Project that will be installed in the Laboratory of Renewable Energy Sources (LABFREN) from the Federal University of Campina Grande (UFCG), as a source of electricity for an electrolytic hydrogen production system, as well as the budget and the respective economic viability analysis.

Keywords: Photovoltaic System, Hydrogen Production, Economic Analysis, Electric Project, LABFREN.

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Fachada do LSP.	12
Figura 1.2 - Laboratório de Proteção Digital (LabPro).	12
Figura 2.1 - Sistema fotovoltaico típico.	15
Figura 2.2 - Sistema de produção de hidrogênio eletrolítico LABFREN.	17
Figura 2.3 - Configuração do Sistema fotovoltaico do LABFREN.	18
Figura A1 - Painel Astroenergy – CHSM6610P-260.	30
Figura.A2 - Caixa de combinação MNPV6.	31
Figura A3 - Controlador de carga MidNite Solar - Classic 150.	31
Figura A4 - Painel MP5L-30D.	32
Figura A5 - Inversor MS4448PAE.	33
Figura A6 - Router ME-RTR.	33
Figura A7 - Dispositivo de proteção contra surtos.	34
Figura A8 - Painel instalado no LABFREN.	34
Figura A9 - Modos de operação do painel.	35
Figura A10 - Diagrama de ligações da caixa de combinação.	36
Figura A11 - Barramento C.C #1 PV e C.C #2 PV no Painel Magnum.	36
Figura A12 - Disjuntores PV+, diretamente dos painéis, e MPPT, com alimentação regulada pelo controlador de cargas.	37
Figura A13 - Conexões internas dos cabos no controlador de cargas.	37
Figura A14 - Conexão do shunt, alimentação das baterias e inversor.	38
Figura A15 - Diagrama simplificado da instalação e alimentação do quadro de cargas.	38

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Irradiação solar diária média mensal.....	19
Tabela 2.2 - Resultado Final da Análise Econômica.....	24
Tabela 2.3 - Características construtivas das baterias.	26
Tabela B1 - Dados da localização.	39
Tabela B2 - Quadro de Cargas LABFREN.	40
Tabela B3 - Características do gerador fotovoltaico.	40
Tabela B4 - Características técnicas dos módulos.....	40
Tabela B5 - Características técnicas do inversor.....	41
Tabela B6 - Características técnicas do banco de baterias (Freedom).....	42
Tabela B7 - Características técnicas do banco de baterias (MFV – OpzS).....	42
Tabela B8 - Características técnicas da estante de baterias (MFV – OpzS).....	43
Tabela B9 - Características técnicas do controlador de cargas.	44
Tabela B10 - Descrição dos cabos por arranjo.	45

Lista de Abreviaturas e Siglas

Absolar	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
AC	Corrente alternada
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
CT-INFRA	Fundo Setorial de Infraestrutura
DC	Corrente contínua
DPS	Dispositivos de proteção contra surtos
HS	Horas de sol pleno
ICMS	Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços
LABFREN	Laboratório de Fontes de Energias Renováveis
MPPT	<i>Maximum power point tracking</i>
NBR5410	Norma Técnica ABNT - Instalações Elétricas de Baixa Tensão
PEM	<i>Proton exchange membrane</i>
RTS	Regime de Tributação
SFV	Sistema fotovoltaico
SFVC	Sistemas fotovoltaicos conectados à rede
SFVH	Sistemas híbridos
SFVI	Sistemas fotovoltaicos isolados da rede
SPDA	Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Local do Estágio	11
1.2	Motivação	12
2	O Estágio.....	14
2.1	Fundamentação Teórica.....	14
2.1.1	Sistema de Geração Fotovoltaica	14
2.1.2	Sistema Fotovoltaico Isolado	15
2.1.3	Produção de Hidrogênio Eletrolítico.....	16
2.1.4	Levantamento dos Equipamentos.....	17
2.2	Projeto do SFV.....	18
2.2.1	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico e Instalações	18
2.2.2	Planta Baixa e Locação dos Equipamentos.....	21
2.3	Orçamento e Análise Econômica.....	22
2.3.1	Payback Descontado, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)	23
2.4	Atividade Extra	25
2.4.1	Diferenças entre Baterias Automotivas e Estacionárias.....	25
3	Conclusão.....	27
	Referências Bibliográficas.....	28
	APÊNDICE A – Equipamentos Dispostos no LABFREN e seu Funcionamento.....	30
	APÊNDICE B – Memorial Descritivo do Sistema Fotovoltaico LABFREN	39
	APÊNDICE C – Projeto de Geração Fotovoltaica	50
	APÊNDICE D – Lista de Materiais e Orçamento do Projeto de Geração Solar	57

1 Introdução

Neste relatório são apresentadas as principais atividades desenvolvidas, em cumprimento do estágio curricular obrigatório para o curso de graduação em Engenharia Elétrica, realizado no Laboratório de Proteção Digital (LabPro) do DEE/UFCG, durante o período de 22 de maio de 2017 a 30 de agosto de 2017, totalizando 180 horas, sob orientação do professor Célio Anésio da Silva e supervisão da professora Núbia Silva Dantas Brito.

Inicialmente, apresenta-se informações sobre o local do estágio, a motivação e um resumo das principais atividades desenvolvidas, que foram:

- Levantamento dos equipamentos disponíveis no Laboratório de Fontes de Energias Renováveis (LABFREN/UFCG) que irão compor o SFV a ser instalado, bem como, os materiais a serem adquiridos com os respectivos custos;
- Elaboração da planta baixa da edificação e locação dos pontos e equipamentos;
- Dimensionamento e adequação dos equipamentos e instalações;
- Análise econômica do investimento.

O documento é finalizado com as considerações finais acerca do aproveitamento das atividades realizadas, bem como sua importância para a formação da estagiária.

1.1 Local do Estágio

O estágio propriamente dito, foi realizado nas dependências do Laboratório de Proteção Digital (LabPro), o qual está alocado no prédio do Laboratório de Sistemas de Potência (LSP) (Figura 1.1) que foi construído com recursos da Reitoria/UFCG (valor total de R\$ 741.645,18) e possui área de cerca de 600 m² distribuídos em três pavimentos, nos quais estão os seguintes ambientes: duas salas de aula, uma sala de reunião, um auditório, sete salas de professores, dois laboratórios (o LabPro e o LabSim), uma copa, três almoxarifados, cinco sanitários e um *hall* de entrada. Apesar do LSP ainda não ter sido inaugurado oficialmente, suas atividades iniciaram no dia 15 de abril de 2015 e desde então, alunos de graduação e pós-graduação têm-se beneficiado de sua infraestrutura.

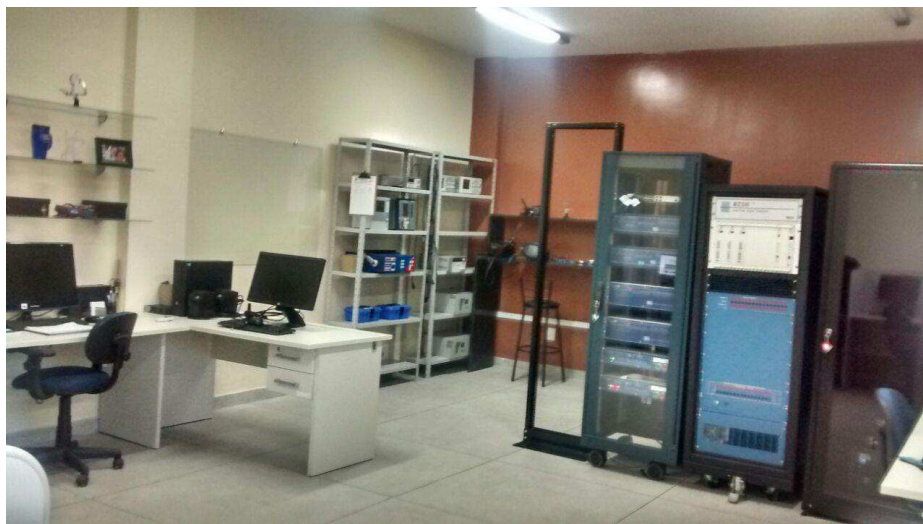
Figura 1.1 - Fachada do LSP.



Fonte: Autoria Própria.

O LabPro, possui equipamentos de última geração, dentre os quais destaca-se o RTDS, simulador digital em tempo real; Relés de transmissão; Qualímetro; RDP, Registrador de perturbações; e demais componentes que compõem e auxiliam nas diversas atividades desenvolvidas no laboratório (Figura 1.2).

Figura 1.2 - Laboratório de Proteção Digital (LabPro).



Fonte: Autoria Própria.

1.2 Motivação

Haja vista o aumento do interesse em estudos voltados a inserção de energias renováveis na matriz energética brasileira, a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), através da

Chamada CT-INFRA/2007, foi contemplada com a construção do Laboratório de Fontes Renováveis de Energia (LABFREN) em Campina Grande – Paraíba (Figura 1.3), no qual estão sendo desenvolvidas várias pesquisas, dentre elas, a produção de hidrogênio por meio da eletrólise da água.

Figura 1.3 – Fachada do LABFREN.



Fonte: Autoria Própria.

Neste contexto, o LABFREN deseja instalar um SFV como fonte geradora de eletricidade, haja visto que esse é um dos fatores primordiais do processo de produção de hidrogênio eletrolítico. E, portanto, adquiriu equipamentos, tais como: módulos fotovoltaicos de silício policristalino, caixa de combinação, controlador de cargas, inversor/carregador.

Devido a necessidade de compreender e analisar a funcionalidade, aplicabilidade e instalação dos equipamentos adquiridos, bem como, dimensioná-los e adequá-los para a devida aplicação, realizou-se o requerido estágio afim de suprimi-las.

2 O Estágio

As atividades realizadas durante o estágio foram divididas em duas etapas:

- Na primeira etapa elaborou-se o projeto do SFV do LABFREN, desenvolvendo a planta baixa do laboratório e a locação dos equipamentos, assim como o seu devido dimensionamento, com o auxílio das normas da ABNT NBR 5410 e NBR 5419, e do *software* AutoCAD.
- Na segunda etapa fez-se o orçamento do projeto e a análise de viabilidade econômica, com o auxílio do *software* Excel.

2.1 Fundamentação Teórica

A execução da primeira etapa exigiu a realização do estudo referente aos SFV e seu uso na geração de hidrogênio eletrolítico, como também realizar o levantamento dos equipamentos disponíveis no LABFREN.

2.1.1 Sistema de Geração Fotovoltaica

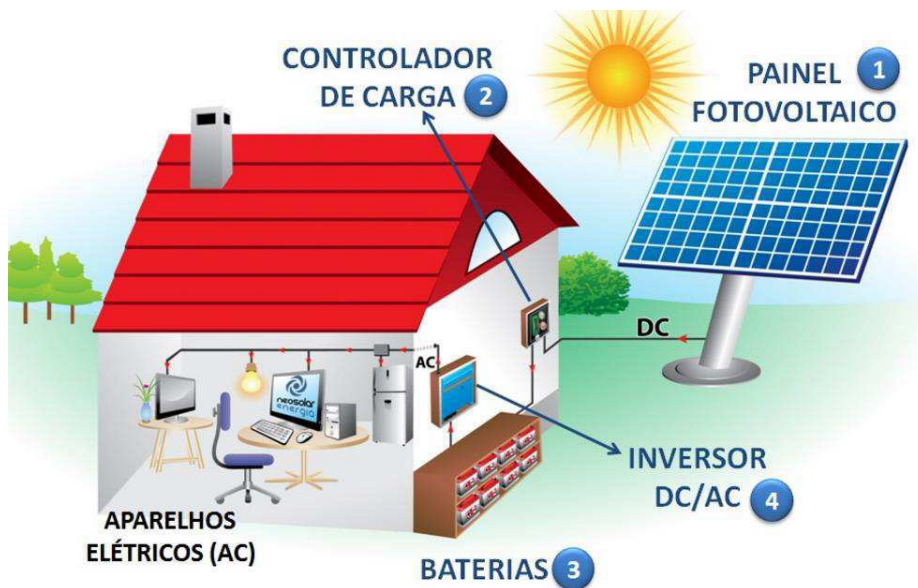
A energia solar é a energia proveniente da luz e do calor do Sol, que é aproveitada e utilizada por meio de diferentes tecnologias, podendo ser transformada em energia térmica e elétrica. O processo de produção de energia elétrica a partir da energia solar pode se dar de duas formas: i) heliotérmico: a irradiação solar é convertida inicialmente, em energia térmica e posteriormente, em energia elétrica; ii) fotovoltaico: a irradiação solar é convertida diretamente em energia elétrica, através do uso de células fotovoltaicas. Existem três tipos básicos de SFV:

- Sistemas conectados à rede (*grid-tie*), que substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica;
- Sistemas híbridos são aqueles em que existe mais de uma forma de geração de energia, por exemplo, aerogeradores e geradores fotovoltaicos;
- Sistemas isolados (*off-grid*), ou seja, não conectados à rede elétrica. Utilizam baterias para armazenarem a energia elétrica e são normalmente, instalados em locais remotos.

A descrição dos componentes de um SFV típico é descrita a seguir (Figura 2.1) (NEOSOLAR)Figura 2.:

- Painéis solares: comportam-se como o coração do sistema, “bombeando” a energia até os inversores. São dimensionados conforme a energia requerida e têm como função transformar energia solar em energia elétrica.
- Controladores de carga: comportam-se como as válvulas do sistema. Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.
- Inversores: comportam-se como o cérebro do sistema. São responsáveis por transformar a corrente contínua (DC) produzida pelas baterias em corrente alternada (AC). No caso dos sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
- Baterias: comportam-se como os pulmões do sistema. Têm a função de armazenar a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado na ausência do sol.

Figura 2.1 - Sistema fotovoltaico típico.



Fonte: NEOSOLAR (2016).

2.1.2 Sistema Fotovoltaico Isolado

Os sistemas fotovoltaicos isolados (SFVI) ou autônomos, caracterizam-se por não se conectarem à rede elétrica e são geralmente, construídos com um propósito local e específico. A energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento em períodos sem

sol. Os SFVI são constituídos por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e um bloco de armazenamento.

O bloco gerador contém os arranjos fotovoltaicos, constituído por módulos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte. O bloco de condicionamento de potência possui inversores, controladores de carga, dispositivos de proteção, supervisão e controle. O bloco de armazenamento é constituído por acumuladores elétricos e/ou outras formas de armazenamento (GALDINO, 2014).

2.1.3 Produção de Hidrogênio Eletrolítico

Para a produção de hidrogênio eletrolítico, dois fatores são essenciais: a água e a eletricidade (VIOLA, 2015), pois utiliza-se de um processo de quebra da molécula da água, a eletrólise, a qual ocorre por meio de reações químicas não espontâneas desencadeadas a partir de uma inserção de corrente elétrica por uma fonte externa de energia (BLANCO, 2016).

De maneira geral, o processo de produção de hidrogênio com energia proveniente de fontes renováveis se resume em três etapas: obtenção da energia elétrica, adequação e compatibilização da eletricidade a ser fornecida ao eletrolisador¹, e a produção propriamente dita (VIOLA, 2015).

A produção de hidrogênio do LABFREN, será feita pela utilização do eletrolisador Hy-PEM XP 024 e sistema de compressão de hidrogênio Hy-COMP XT, o qual será controlado por uma caixa de controle automático, Hy-Refill box. De acordo com as especificações técnicas fornecidas pelo seu fabricante, os equipamentos do sistema de produção de hidrogênio do LABFREN, operam com tensão de 220-240 VAC e consomem um total de 5100W.

A acomodação dos equipamentos do sistema de produção de hidrogênio eletrolítico é apresentada na Figura 2.2.

¹O eletrolisador é o equipamento eletrônico capaz de decompor água por eletrólise, o qual produz hidrogênio puro e oxigênio como subproduto. Após isso um sistema de compressão multiplica a pressão de hidrogênio produzida a partir de pressões baixas, isso permite maximizar a pressão de saída e armazenar o hidrogênio com segurança e corretamente a altas pressões.

Figura 2.2 - Sistema de produção de hidrogênio eletrolítico LABFREN.



Fonte: Aatoria Própria.

Em razão da grande demanda e do custo de eletricidade requeridos na produção de hidrogênio, optou-se por utilizar o sistema de energia fotovoltaica como método de geração de eletricidade.

2.1.4 Levantamento dos Equipamentos

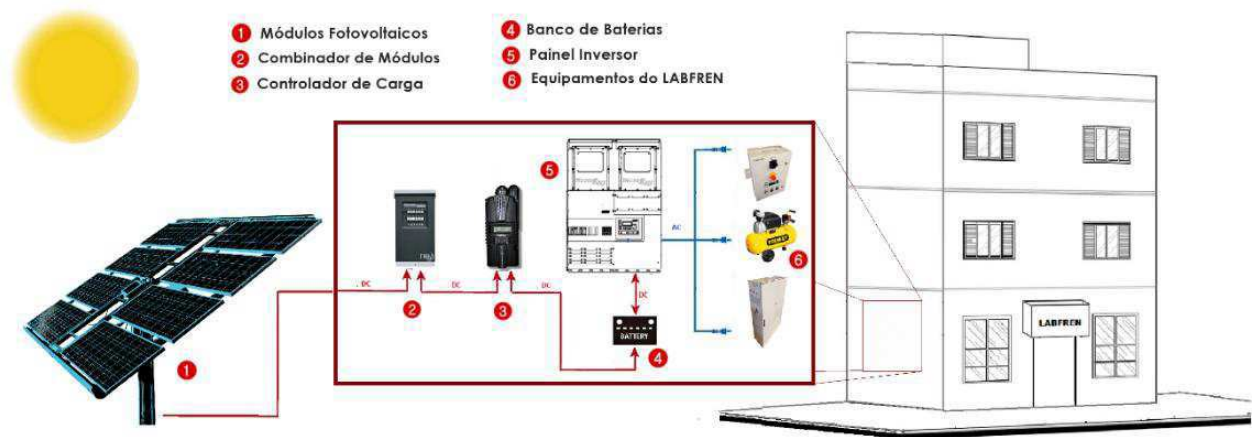
Esta etapa consistiu em fazer um levantamento dos equipamentos disponíveis no LABFREN e que irão compor o SFV e estudar seus funcionamentos. Atualmente, o LABFREN possui os seguintes equipamentos:

- 30 Módulos fotovoltaicos de silício policristalino;
- 2 Caixa de combinação;
- 2 Controlador de cargas;
- 2 Inversor/carregador.

Estes serão interligados conforme mostrado na Figura 2.3.

Os detalhes sobre cada equipamento, bem como seu funcionamento e conexões estão apresentados no Apêndice A.

Figura 2.3 - Configuração do Sistema fotovoltaico do LABFREN.



Fonte: Autoria Própria.

2.2 Projeto do SFV

Devido às características elétricas dos equipamentos já disponíveis no LABFREN, em especial o inversor/carregador, chegou-se a conclusão que o SFVI seria o mais adequado.

2.2.1 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico e Instalações

Uma das tarefas mais importantes no dimensionamento de um SFVI consiste em equilibrar a relação entre o consumo e a produção de energia. Uma vez que a energia solar é uma fonte de energia limitada e aleatória, fatores como o consumo diário de energia elétrica, o nível de radiação e a capacidade do acumulador devem ser calculados com rigor e equilibrados entre si (ALTENER. 2004). Portanto, para compensar as limitações do sistema, ou seja, a não simultaneidade entre a produção e o consumo de energia, a escolha do acumulador a ser utilizado no SFV foi crucial.

Resumidamente, o dimensionamento do SFVI foi feito conforme a seguir:

1. Levantamento do recurso solar disponível no local da aplicação;
2. Definição da localização e configuração do sistema;
3. Levantamento de demanda e consumo de energia elétrica;
4. Dimensionamento da geração fotovoltaica;
5. Dimensionamento do sistema de armazenamento;
6. Dimensionamento do controlador de carga;

7. Dimensionamento do inversor;
8. Dimensionamento do sistema de proteção e cabeamento.

Inicialmente, constatou-se que devido ao fato do LABFREN situar-se na região Nordeste do Brasil, o local possui grande potencial energético em geração de energia solar². Para quantificar este parâmetro, recorreu-se ao programa SunData, que foi desenvolvido pelo CRESESB-CEPEL.

O SunData fornece dados referentes a irradiação solar diária média mensal (kWh/m²dia) para todos os meses do ano, em qualquer ponto do território nacional, sendo uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de SFV. O SunData forneceu os dados apresentados da Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Irradiação solar diária média mensal.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	Jul	ago	set	out	nov	dez	Média
Plano Horizontal	5,47	5,39	5,31	4,83	4,42	3,86	3,83	5,08	5,22	5,89	6,08	5,69	5,09
Ângulo igual a latitude (7°N)	5,25	5,27	5,31	4,95	4,63	4,07	4,02	5,27	5,27	5,79	5,85	5,43	5,09

Fonte: SUNDATA (2017).

A partir dos dados fornecidos e considerando que os painéis estarão localizados com inclinação igual a latitude, ou seja, 7°, calculou-se o número de Horas de Sol Pleno (HS).

$$HS = \frac{\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{dia}} \right]}{\frac{1000 \text{ W}}{\text{m}^2}} = \frac{\text{h}}{\text{dia}} \quad (2.1)$$

Verificou-se que o mês de pior irradiação solar no ano é o mês de julho, com 4,02 h/dia. O SFVI terá de suprir a demanda do sistema em todo o ano, até mesmo no pior mês.

Considerando a potência de consumo dos equipamentos de produção de hidrogênio, que será de 5,1 kW, o funcionamento do laboratório de segunda a sexta-feira (08h00 às 18h00) e a eficiência do inversor de 94%, o consumo total diário do sistema de produção de hidrogênio foi estimado em 17,20 kWh/dia (Apêndice B).

²Devido as características climáticas e geográficas, localizações mais próximas à linha do Equador, proporcionam baixas diferenciações de incidência solar durante o ano.

Com essas informações, os painéis fotovoltaicos foram dimensionados conforme Equação 2.2.

$$P_{FV} = \frac{17,2k}{4,02} = 4,28 \text{ kW.} \quad (2.2)$$

Devido ao fato dos módulos fotovoltaicos possuírem potência máxima de 260 Wp, conclui-se que o sistema deverá ser composto por 18 módulos agrupados em série-paralelo, três painéis em série e seis combinações, *strings*, em paralelo. Cada *string* será conectada a uma caixa de combinação, que comportará seis disjuntores de 16 A, protegendo as *strings* contra danos irreversíveis e perdas de energia.

Para dimensionar o banco de baterias para o sistema do LABFREN adotaram-se as seguintes especificações:

- Bateria de chumbo-ácido;
- Profundidade de descarga diária de 50%;
- Autonomia total do sistema de 2 dias;
- Temperatura média local de 30°C, e;
- Tensão do banco de baterias 48V.

A capacidade do banco de baterias em Ah é calculada via Equação 2.3:

$$C_{bat} = \frac{\epsilon_c}{V_{sist} \times \epsilon_{bat}} \times \frac{A}{P_d} = \frac{17,2k}{48 \times 0,9} \times \frac{2}{0,5} = 1592,59 \text{ Ah.} \quad (2.3)$$

Portanto, o banco de baterias será composto por 28 baterias de 12 V e capacidade de 240 Ah cada, dispostas em série-paralelo, sendo quatro baterias em série e sete em paralelo totalizando um banco de 48 V/1680 Ah.

Para o dimensionamento do controlador de carga, considerou-se que a corrente do controlador deverá ser igual ou superior à corrente máxima dos painéis fotovoltaicos, ou seja, a corrente de curto circuito adicionada de um fator de segurança de 25%, caso o painel receba uma radiação maior que 1000 W/m²:

$$I_C = I_{PV} \times 1,25 = 52,32 \times 1,25 = 65,40 \text{ A.} \quad (2.4)$$

Para dimensionar o inversor, considera-se que sua potência deve ser igual ou superior a potência máxima da curva de carga, acrescidos 20%:

$$P_{\text{total}} = \epsilon_c \times 1,2 = 5,1k \times 1,2 = 6,12 \text{ kW.} \quad (2.5)$$

Verificou-se que a potência total será elevada para ser atendida por apenas um dos inversores. Isso exige que os dois inversores devem ser conectados em paralelo.

Finalmente, seguiu-se para o planejamento da interconexão dos equipamentos do sistema e da adequação aos requisitos de segurança sob o ponto de vista elétrico, especificando os condutores, dispositivos de proteção e aterramento. Adotaram-se as normas NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão e NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

Os condutores foram escolhidos considerando o comprimento do ramal, a tensão nominal e o nível de perdas tolerável, especificando sobretudo, os condutores específicos para SFV³.

As proteções e o aterramento do SFV foram dimensionados de forma semelhante aos dos sistemas elétricos em geral, apenas com o cuidado especial para os equipamentos que operam em corrente contínua.

Todos os detalhes do SFV estão apresentados no Memorial Descritivo, Apêndice B.

2.2.2 Planta Baixa e Locação dos Equipamentos

Devido à falta de documentos atualizados do LABFREN, foi necessário a elaboração da sua planta baixa, com o *software* AutoCAD, um dos principais programas utilizados para o desenho de diversos produtos em inúmeras áreas, como engenharia, construção civil, arquitetura e outros.

A planta baixa confeccionada abrange toda a área que circunda o LABFREN, bem como as áreas que ainda serão construídas, como por exemplo a praça/estacionamento e a extensão do laboratório destinada ao armazenamento do banco de baterias. A partir do dimensionamento realizado na seção 2.2.1, sugere-se a alocação dos equipamentos, conforme apresentado no Apêndice C.

³Condutores que suportam as mais adversas condições climáticas, por estarem expostos a intensa radiação, calor, frio e chuva por longos períodos de tempo. Portanto, devem possuir material de proteção e isolamento resistentes, especialmente à radiação ultravioleta.

2.3 Orçamento e Análise Econômica

Nesta etapa, realizou-se o levantamento dos equipamentos a serem adquiridos e seus referentes custos, além do orçamento total com base no dimensionamento e alocação efetuados na seção 2.2. Finaliza-se com uma análise econômica do projeto.

O orçamento detalhado é apresentado no Apêndice D e resultou em um valor estimado de R\$ 131.036,35. Os valores de obras civis e mão de obra foram estimados, os quais englobam apenas a construção da extensão do laboratório destinada ao armazenamento do banco de baterias e demais obras necessárias para inserção do SFV.

Posteriormente, avaliou-se o orçamento, a vida útil do projeto e o tempo de retorno do investimento, por meio da análise econômica.

Usualmente, um estudo de viabilidade econômica dos SFV é realizado através do método de *payback*. Segundo GITMAN (2003), o *payback* é o cálculo do tempo necessário para que o valor de investimento inicial retorne ao investidor, sendo recomendado para avaliação de projetos de vida limitada. O período máximo aceitável para que o valor inicial seja recuperado é estipulado pelo próprio investidor, com base em diversos fatores. O projeto é aceito caso o período de *payback* seja menor que o período máximo aceitável de recuperação.

Para o LABFREN considerou-se o período máximo aceitável de recuperação igual ao tempo de vida útil do painel solar, 25 anos. Deve-se destacar que dentro desse período é necessário trocar alguns equipamentos, haja vista que a vida útil das baterias é 5 anos e do inversor é entre 10 a 15 anos.

O método *payback* possui duas formas: o simples e o descontado. Apesar de prático, o método *payback* simples possui limitações. Segundo GITMAN (2003), ele não considera o valor do dinheiro no tempo, custo de capital e as entradas de fluxo de caixa após a recuperação do investimento. Diante disso, utilizam-se outros métodos:

- Valor presente líquido (VPL);
- Taxa interna de retorno (TIR);
- *Payback* descontado.

2.3.1 *Payback* Descontado, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)

Visando corrigir as restrições do método *payback* simples, foi proposto um método que considera o VPL do fluxo de caixa para cada período em questão, retornando o período de *payback* descontado. Enquanto o *payback* é o período de tempo necessário para retorno de investimento, o VPL é o saldo final obtido.

O método do VPL tem como finalidade calcular o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento (SAMANEZ, 2009). Já o método do *payback* descontado utiliza uma taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade (TMA), antes de se proceder a soma dos fluxos de caixa, ou seja, considera o valor do dinheiro no tempo. O método baseia-se na aplicação da Equação 2.6:

$$\text{VPL}(n) = -\text{FC}_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\text{FC}_t}{(1+i)^t} \quad (2.6)$$

O método da TIR tem como objetivo encontrar uma taxa intrínseca de rendimento (SAMANEZ, 2009), que corresponde a taxa de desconto que torna o VPL nulo. Matematicamente, tem-se:

$$0 = -\text{FC}_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\text{FC}_t}{(1+\text{TIR})^t} \leftrightarrow \sum_{t=1}^n \frac{\text{FC}_t}{(1+\text{TIR})^t} = \text{FC}_0 \quad (2.7)$$

A análise de viabilidade do projeto será dada em detrimento do tempo de vida útil dos painéis fotovoltaicos e do resultado do *payback*, do VPL ao fim da vida útil da instalação e da TIR. Os critérios de decisão são:

- Se o VPL for positivo e/ou a TIR for maior que a TMA, o projeto deverá ser aceito;
- Se o VPL for negativo e/ou a TIR for menor que a TMA, o projeto deverá ser rejeitado;
- Se o VPL for nulo, o projeto é indiferente economicamente.

Para os casos em que haja contradição entre os resultados de VPL e TIR, a decisão deve ser ponderada observando como critério principal o VPL.

Para o LABFREN, os parâmetros considerados para calcular o valor em reais de energia economizado durante um ano e os métodos da análise econômica foram os seguintes:

- O sistema suprirá toda a necessidade energética do sistema de produção de hidrogênio, produzindo aproximadamente 8.722 kWh por ano;
- Investimento de R\$ 132.000,00;
- Valor tarifário de energia elétrica de 0,34366 R\$/kWh cobrado pela Energisa⁴ para grupo de consumidores B;
- O valor tarifário possui acréscimo anual da tarifa de 5% aplicado com base no reajuste tarifário anual, que é regulado pela ANEEL;
- Vida útil do projeto: 25 anos;
- Custo de capital ou TMA: rendimento dos últimos 12 meses da poupança, 9,07%⁵.

O valor de energia anual economizado foi computado conforme Equação 2.8.

$$V_{\text{economizado}} = E_{\text{gerada}}(\text{ano}) \times T = 8.722 \times 0,34366 = 2.997,40 \text{ R\$/kWh.} \quad (2.8)$$

Com o auxílio do *software Excel* foram calculados e aplicados os métodos, e ao final, obteve-se a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Resultado Final da Análise Econômica.

Tempo de Payback Simples	Anos	41	Tempo de Payback Descontado	Anos	>> 25
	Meses	8		Meses	-
	Dias	1		Dias	-
Taxa Interna de Retorno	1%		Valor Presente Líquido	- R\$ 77.555,49	

Fonte: Própria Autora.

Como pode-se concluir, o período pré-determinado não é suficiente para acumular o valor de retorno igual ao investimento. Logo, a instalação não se paga, ou seja, o projeto é reprovado.

No entanto, devido ao fato do LABFREN ter o interesse de instalar o SFV apenas com objetivo de empregá-lo em pesquisas acadêmicas e, portanto, adquiriu equipamentos de alta qualidade sem esperar um retorno financeiro, a análise de viabilidade econômica é irrelevante. Logo, este caso nos mostra a importância de se realizar uma análise econômica em projetos dessa natureza, principalmente quando se espera um retorno financeiro significativo.

⁴Um dos principais grupos privados do setor elétrico do Brasil, atua na distribuição em diversos estados brasileiros, dentre eles a Paraíba.

⁵Foi escolhida a taxa de desconto de 9,07%, (MINHAS ECONOMICAS, 2017) que corresponde ao rendimento dos últimos 12 meses da poupança, por se tratar de um tipo de investimento de fácil acesso e com baixo rendimento. Portanto, se o projeto não for viável com esse tipo de investimento, dificilmente será viável em comparação a outros investimentos com taxas maiores.

Deve-se salientar também que os SFVI são utilizados normalmente, em locais remotos, como casas em áreas rurais desprovidas de rede de distribuição elétrica convencional. Em tais casos, é o modo mais econômico e prático de se obter energia elétrica e, neste caso, a análise econômica não envolve apenas valores tarifários, mas outros fatores.

2.4 Atividade Extra

Durante o estágio percebeu-se uma aversão ao investimento em baterias estacionárias devido seu custo ser elevado comparado com os das baterias automotivas. Este fato motivou a realização de uma pesquisa comparativa entres os dois tipos de baterias. Para isso, utilizou-se informações disponibilizadas por fabricantes de baterias (Moura) e empresas prestadoras de serviço em Sistema Solar (REDIMAX).

2.4.1 Diferenças entre Baterias Automotivas e Estacionárias

As baterias estacionárias e as automotivas são muito parecidas em sua construção, porém apesar de possuírem a mesma tecnologia, são recomendadas para aplicações distintas.

A bateria estacionária é indicada para aplicações que demandem uma corrente moderada por mais tempo; sendo aplicada principalmente, em sistemas de energia solar. Elas são construídas com materiais nobres, possuem vida útil em torno de 5 anos, havendo casos onde ultrapassam 10 anos, a depender de fatores como ciclos de carga e temperatura ambiente, além de suportarem grandes quantidades de ciclos de carga e descarga. Por tudo isso, são mais caras.

A bateria automotiva é projetada para uso em automóveis, com vida útil estimada de 3 anos. São construídas para estarem sempre carregadas, sendo a sua descarga máxima de apenas 10% de sua capacidade total.

As principais características dessas baterias são apresentadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Características construtivas das baterias.

Tipos de Baterias	
Estacionárias	Automotivas
Conhecidas como baterias de ciclo profundo, podem perder até 80% de sua carga total;	Projetadas para não descarregarem mais de 10% de sua capacidade total;
Possuem placas internas espessas;	Construídas com grande quantidade de placas de pequena espessura;
Construídas com matérias mais nobres de forma a proporcionar-las maior vida útil e confiabilidade;	Recarga durante o uso do automóvel.
Pólos do tipo parafuso e porca, o que facilita a montagem de interligações entre baterias;	Os pólos são do tipo cônico, padrão utilizado em automóveis
Precisam de certificação da ANATEL para serem utilizadas. São testadas e aprovadas em laboratório licenciado antes da sua circulação	Nem sempre precisam de licença para serem utilizadas
Possuem filtro que impedem emissão de vapor da solução ácida	Emitem gases tóxicos que podem causar sérios problemas de saúde
Fornecer uma corrente moderada por longo período de tempo	Fornecer uma grande corrente por um curto período de tempo

Fonte: Adaptada de REDIMAX (2017).

Conforme pode-se observar: i) uma tipo é projetada para dar partida em motores e manter sempre a carga máxima; ii) o outro tipo deve ser utilizada durante horas e gradativamente.

O investimento em baterias estacionárias sempre é a melhor opção custo-benefício para sistemas de energia solar, ou em qualquer outra aplicação onde a descarga é maior que 10% da capacidade da bateria.

3 Conclusão

O Estágio proporcionou uma visão geral de ordem prática na área de sistemas elétricos, particularmente no tocante a instalações elétricas de baixa potência, no processo de inserção de fontes alternativas de energia na matriz energética, e na área de engenharia econômica, nas análises econômicas como subsídio na tomada de decisão ao investir.

Constatou-se a importância dos conhecimentos adquiridos ao longo da formação acadêmica, em particular para o Estágio as disciplinas: Geração de Energia Elétrica, Instalações Elétricas, Eletrônica de Potência e Engenharia Econômica.

O conjunto de atividades foi desenvolvido de modo suficientemente satisfatório no que concerne aos objetivos estabelecidos, e consolidou acentuadamente o conhecimento teórico adquirido no curso de graduação.

As contribuições obtidas a partir do desenvolvimento das atividades são várias, que vão desde a elaboração do projeto de geração fotovoltaica com a planta baixa correspondente a edificação e seu devido orçamento, até a identificação de problemas de aplicabilidade dos equipamentos, os quais foram previamente adquiridos para inserção conectada à rede.

Em suma, considero que o estágio consolidou vários dos conhecimentos adquiridos e com certeza contribuiu para o processo de formação requerido para o Engenheiro Eletricista.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5410/2004: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Versão corrigida. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, **NBR 5419/2001: Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2001.

ANEEL. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em agosto de 2017.

AUTOCAD. Disponível em:

<<https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview>>. Acesso em junho de 2017.

BATERIAS MOURA. Disponível em:

<https://www.moura.com.br/externos/catalogos/catalogo_clean_max_fotovoltica.pdf>.

Acesso em maio 2017.

BLANCO, F. S. **Análise experimental de desempenho de um motor ap comum utilizando álcool etílico hidratado combustível e gás hidrogênio enriquecido com oxigênio como combustível auxiliar**. Monografia – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

COSTA, P. **Memorial descritivo da instalação fotovoltaica de 9kwp**. 2016. Disponível em: <<http://hiperenergy.com.br/wp-content/uploads/2016/10/Memorial-Descritivo-da-instala%C3%A7%C3%A3o-Fotovoltica-9kWp.pdf>>. Acesso em junho de 2017.

CRESESB-CEPEL. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro, 2014.

DMESG. Disponível em:

<<http://www.dmesg.com.br/uso-de-baterias-automotivas-vs-estacionarias-em-no-breaks/>>.

Acesso em agosto de 2017.

ENERGISA. Disponível em:

<<http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>>. Acesso em agosto de 2017.

GALDINO, M. A. **Análise de custos históricos de sistemas fotovoltaicos no Brasil**. Artigo. IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferência Latino-Americana da ISES. São Paulo, 18 a 21 de setembro de 2012.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10ed. São Paulo. 2003.

MINHAS ECONOMIAS. Disponível em:

<<https://www.minhaseconomias.com.br/investimento.do>>. Acesso em agosto de 2017.

MOURA. Disponível em:

<<http://www.moura.com.br/dicas/diferencas-entre-baterias-automotiva-e-estacionarias/>>.

Acesso em agosto de 2017.

NEOSOLAR. Disponível em:

<<http://www.neosolar.com.br/>>. Acesso em maio de 2017.

PORTAL SOLAR. Disponível em:

<<http://www.portalsolar.com.br>>. Acesso em maio de 2017.

REDIMAX. Disponível em:

<<http://www.redimax.com.br/qual-a-diferenca-entre-bateria-estacionaria-e-automotiva>>.

Acesso em agosto de 2017.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia Econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SUNDATA. Disponível em:

<<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em abril de 2017.

VERDINHA. Disponível em:

<<http://www.verdinha.com.br/noticias/9127/descubra-os-custos-para-gerar-energia-solar-em-casa-e-diminuir-conta-de-luz/>>. Acesso em julho de 2017.

VIOLA, L. **Estudo da produção de hidrogênio eletrolítico a partir de fontes eólica, solar e hidrelétrica**. 2014. 68f. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.

APÊNDICE A – Equipamentos Dispostos no LABFREN e seu Funcionamento

O LABFREN possui os seguintes equipamentos disponíveis para a instalação do Sistema Fotovoltaico.

Equipamento: Módulos Fotovoltaicos
 Quantidade: 30 unidades
 Modelo: Astroenergy – CHSM6610P-260
 Características:
 Material: Silício policristalino (Poly-Si);
 Tensão de Circuito Aberto (Voc): 38,53 V;
 Corrente de Curto Circuito (Isc): 8,72 A;
 Potência Máxima (Pm): 260 Wp;
 Tensão de Potência Máxima (Vmp): 31,05 V;
 Corrente de Potência Máxima (Imp): 8,39 A;

Figura A1 - Painel Astroenergy – CHSM6610P-260.



Fonte: Manual Astroenergy.

Equipamento: Caixa de Combinação
 Quantidade: 2 unidades
 Modelo: MidNite Solar - MNPV6 Combiner
 Características:
 Comportar até seis disjuntores de 20 A;
 Corrente Contínua máxima: 120 A;
 Tensão: 150 VDC;

Adaptável para dois inversores ou cargas separadas.

Figura.A2 - Caixa de combinação MNPV6.



Fonte: Manual MidNite Solar.

Equipamento: Controlador de Cargas
 Quantidade: 2 unidades
 Modelo: MidNite Solar - Classic 150
 Características:

Sensor de temperatura das baterias;
 Detector de falha de arco;
 Duas saídas auxiliares, que permitem o desvio de excesso de energia para outras aplicações;
 Capacidade de acessar o sistema de energia remotamente através da internet;
 Tensão de entrada máxima (V_{max}): 150 V;
 Corrente de entrada máxima (I_{max}): 96 A;
 Tensão máxima de carregamento (V_{out}): 93 V;
 Corrente máxima de carregamento (I_{out}): 96 A;
 Tensão nominal do banco de baterias: 12-72 V.

Figura A3 - Controlador de carga MidNite Solar - Classic 150.



Fonte: Manual MidNite Solar.

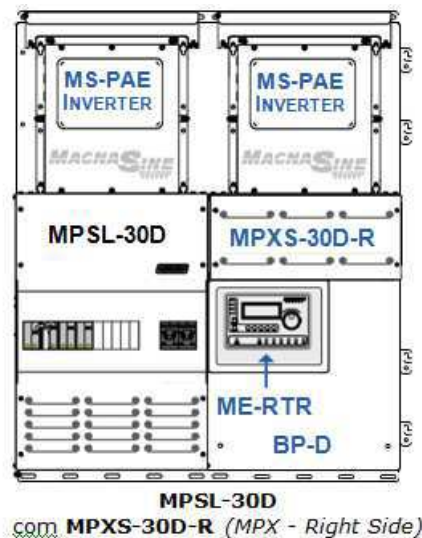
Equipamento: Painel DC/AC
 Quantidade: 1 unidade
 Modelo: Painel MPSSL-30D
 Características:

Comporta a instalação de todos os dispositivos de seccionamento automático, barramentos, conexões, inversores, controladores de carga e router.

Inclui:

Inversor (MS-PAE): Modelo MS4448PAE;
 Extensões MPX-30D-R;
 Router ME-RTR;
 MidNite solar MNSPD-300;
 Cabos de dados classificados para circuitos de corrente alternada de 120/240 V.

Figura A4 - Painel MPSSL-30D.



Fonte: Manual do MPSSL-30D.

Equipamento: Inversor/Carregador
 Quantidade: 2 unidades
 Modelo: MagnaSine - MS4448PAE
 Características:

Possui função tanto inversora quanto carregadora;

Quando inversor:

Capacidade: 4400 W;

Tensão DC de entrada: 36 – 64 V;

Corrente DC máxima de entrada: 147 A;

Tensão AC de saída nominal: 120/240 V / 60 Hz;

Corrente AC máxima de saída: 18,3 A.

Quando carregador:

Corrente DC de carregamento: 60 A;

Tensão AC de entrada: 60 – 140 V;
 Frequência de entrada: 50 – 70 Hz;
 Corrente AC máxima de entrada: 30 A;
 Tensão DC de saída: 34 – 62 V.

Figura A5 - Inversor MS4448PAE.



Fonte: Manual MagnaSine.

Equipamento: Extensões MPX

Quantidade: 1 unidade

Modelo: MPX-30D-R

Características:

Permitem inversores adicionais para serem montados e ligados eletricamente ao painel, viabilizando a ligação dos dois inversores MS-PAE em paralelo.

Equipamento: Sistema de controle e operação do inversor

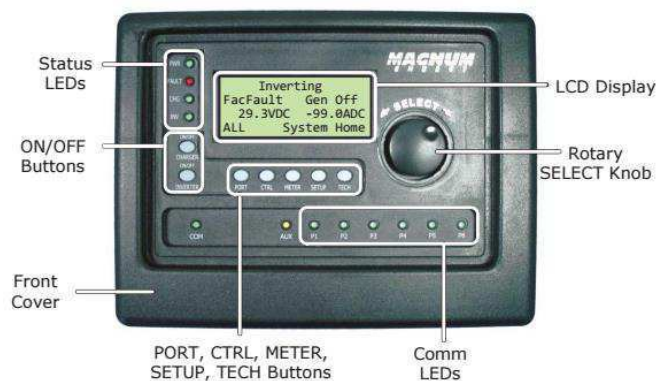
Quantidade: 1 unidade

Modelo: Router ME-RTR

Características:

Controla e opera a atuação dos dois inversores MS-PAE;
 Informa os dados referentes aos níveis de tensão do banco de baterias quando carregados pelo inversor/carregador.

Figura A6 - Router ME-RTR.



Fonte: Manual do Router ME-RTR.

Equipamento: DPS – Dispositivo de Proteção contra Surtos

Quantidade: 4 unidades

Modelo: MidNite solar MNSPD-300

Características:

Projetado para sistemas de energia solar, tanto para a parte AC quanto DC;

Fornece proteção aos painéis de serviço;

Tensão DC máxima: 300 V;

Tensão AC máxima: 250 V;

Corrente nominal: 20kA;

Frequência: 0 – 500Hz.

Figura A7 - Dispositivo de proteção contra surtos.



Fonte: Manual MidNite Solar.

Funcionamento

O painel instalado e suas ligações pode ser visto na Figura A8.

Figura A8 - Painel instalado no LABFREN.

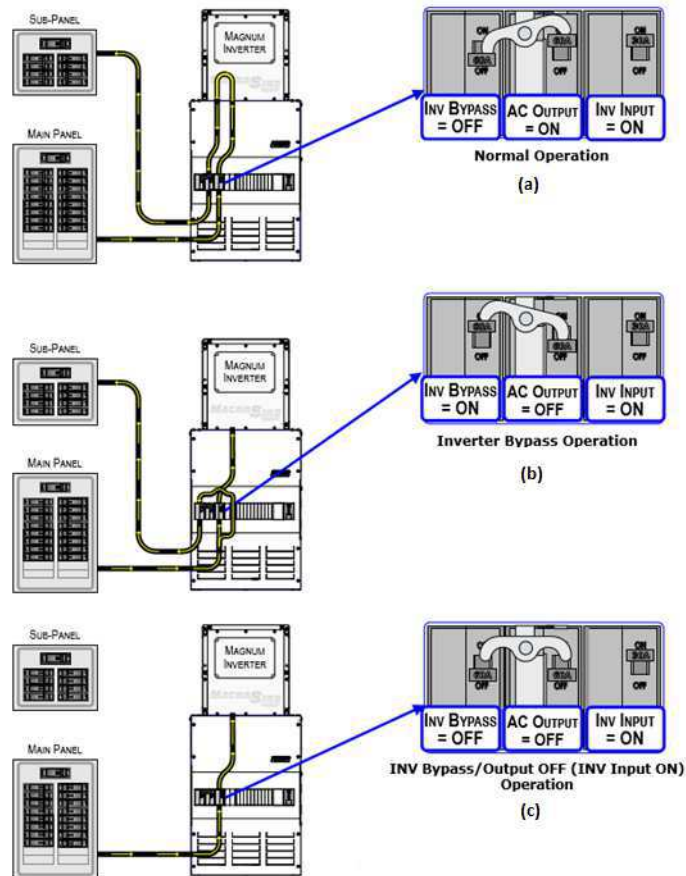


Fonte: Autoria Própria.

O painel Magnum possui as conexões entre os inversores, controladores, sistema de controle e proteção.

Possibilita três modos de operação no que diz respeito a conexão dos inversores/carregadores ao fornecimento de energia às cargas finais (Figura A9).

Figura A9 - Modos de operação do painel.



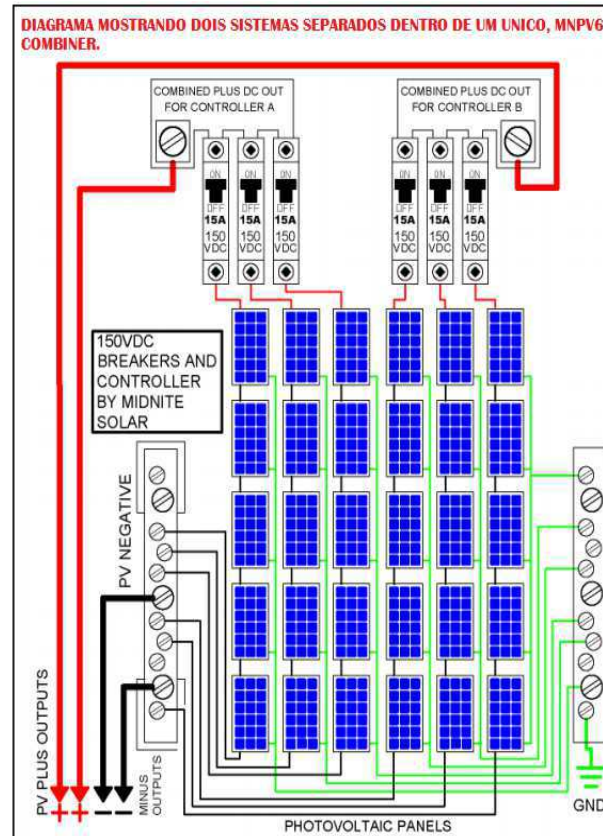
Fonte: Manual do MPLS-30D.

Na Figura A9a, tem-se a operação normal, na qual o disjuntor do inversor está desligado e a entrada AC passa pelo inversor para alimentar as cargas. Caso ocorra uma falha nesta linha, o inversor irá utilizar a fonte DC para suprir a demanda. Na Figura A9b, tem-se a operação de inversor *bypass*, na qual a energia passa diretamente para as cargas. Quando o disjuntor de entrada do inversor está ativo, as baterias continuam a ser carregadas pelo inversor. Caso haja falha na alimentação AC, as cargas não serão alimentadas pela fonte DC. Na Figura A9c, tem-se a operação de *bypass* e saída inativos. Nesta configuração não há alimentação das cargas por nenhuma fonte.

Uma vez que não é considerada a entrada AC para os inversores, os disjuntores INV IN não exercem muita influência no funcionamento do circuito, sendo relevante a operação dita normal, a qual habilita a saída AC OUT dos inversores.

Na Figura A10 observa-se a configuração das ligações internas da caixa de combinação com os devidos painéis solares.

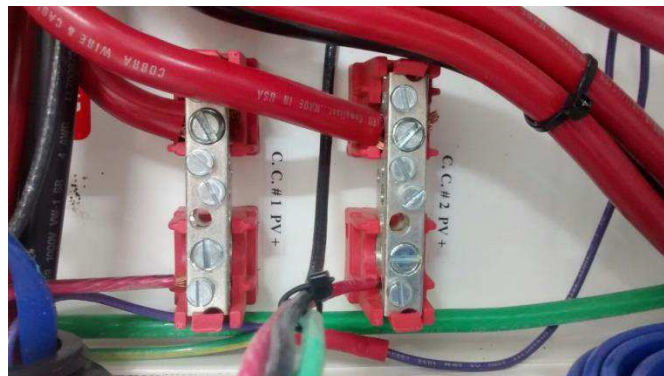
Figura A10 - Diagrama de ligações da caixa de combinação.



Fonte: Manual MNPV6 Disco.

Os cabos provenientes do arranjo fotovoltaico são conectados à caixa de combinações, Combiner Box, e suas combinações resultam nas saídas PV+ e PV- que seguem para o barramento C.C #1 PV ou C.C #2 PV do Painel Magnum, Figura A11.

Figura A11 - Barramento C.C #1 PV e C.C #2 PV no Painel Magnum.



Fonte: Autorial Própria.

Dos barramentos, os cabos passam pelos disjuntores PV+ (Figura A12), e são conectados aos respectivos controladores de carga.

Figura A12 - Disjuntores PV+, diretamente dos painéis, e MPPT, com alimentação regulada pelo controlador de cargas.

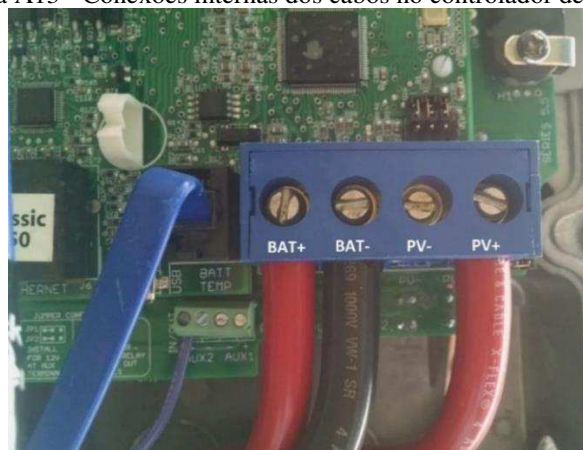


Fonte: Autoria Própria.

O controlador de cargas possui a entrada para os painéis fotovoltaicos, a saída para as baterias e a saída para carga. O cabo de saída das baterias passa pelos disjuntores MPPT (Figura A12).

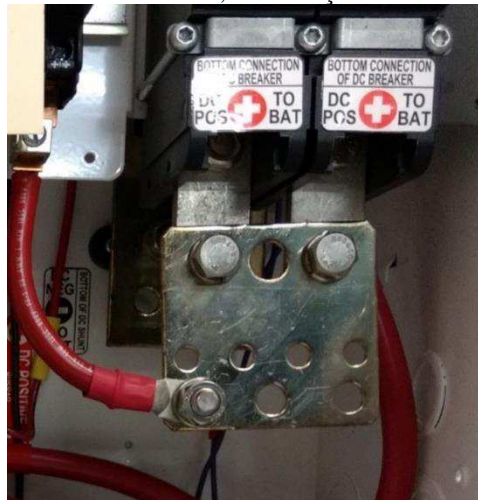
No controlador de cargas (Figura A13), o terminal BAT- conecta-se ao terminal negativo da bateria; o terminal BAT+ segue para o disjuntor MPPT (Figura A12), que se conecta ao *shunt* DC faz a conexão entre a bateria e o inversor (Figura A14) e; o terminal PV- é conectado à caixa de combinações no devido barramento.

Figura A13 - Conexões internas dos cabos no controlador de cargas.



Fonte: Própria Autora, 2017.

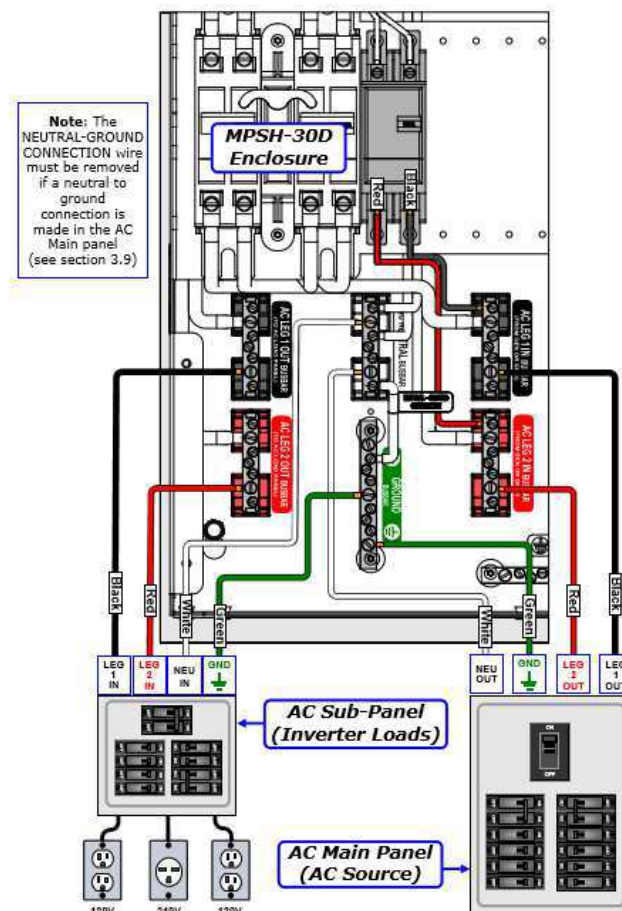
Figura A14 - Conexão do shunt, alimentação das baterias e inversor.



Fonte: Própria Autora, 2017.

A energia fornecida ao inversor através das baterias é disponibilizada em sua saída já invertida, a qual alimenta o quadro de cargas final nos barramentos. A configuração simplificada da instalação é apresentada na Figura A15.

Figura A15 - Diagrama simplificado da instalação e alimentação do quadro de cargas.



Fonte: Manual do MPSL-30D.

APÊNDICE B – Memorial Descritivo do Sistema Fotovoltaico LABFREN

DADOS GERAIS DO SISTEMA

Este projeto descreve a construção do sistema fotovoltaico a ser instalado no Laboratório de Fontes Renováveis de Energia - LABFREN, com potência de pico igual a 4,28kWp.

LOCAL DE INSTALAÇÃO

O sistema possui as seguintes características: Gerador fotovoltaico isolado à rede de distribuição de eletricidade.

Tabela B1 - Dados da localização.

DADOS DA LOCALIZAÇÃO	
Localidade	R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900
Latitude	7°21'28.0"S
Longitude	35°90'78.3"W
Altitude	552 metros
Fonte dados climáticos:	ATLAS BRASILEIRO

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema fotovoltaico será composto de 1 (um) gerador fotovoltaico composto de 18 módulos fotovoltaicos, 2 (dois) inversores, 1 (um) controlador de cargas, 1 (um) sistema de armazenamento compostos de 28 baterias de 12 V e 240 Ah e demais componentes de proteção e cabeamento.

A potência nominal total será de 4,68 kWp para uma produção de 8.722,26 kWh por ano, distribuídos em uma área de 40 m².

Modalidade de conexão ao Sistema de Produção de Hidrogênio Eletrolítico em alimentação monofásica de Baixa Tensão com tensão de fornecimento 240 V.

DEMANDA

A estimativa de valores de energia elétrica consumida por dia pela carga instalada, considerando o horário de funcionamento do LABFREN das 08h às 18h, de segunda a sexta-feira, é apresentada na Tabela B2.

Tabela B2 - Quadro de Cargas LABFREN.

QUADRO DE CARGA					
Carga	Quant.	Tensão (V)	Potência Total (kW)	Operação (horas/dia)	Consumo de Energia (kWh/dia)
Gerador Eletrolítico (Hy-PEM XP 024)	1	120-240 Vac	3,5	5	17,5
Compressor (Hy-COMP XT hydrogen)	1	230 Vac	1,6	3,2	5,1
Total	2	-	5,1	-	22,6

Como as cargas são alimentadas por tensões alternadas, o sistema necessita de um inversor e, portanto, o consumo diário é dividido pela eficiência média do inversor, 94% e multiplicado pela razão de dias que a carga atuará e a quantidade de dias da semana, resultando, neste caso, em um consumo total de 17,20 kWh/dia. Observa-se ainda a demanda máxima de 5,1 kW, valor esse que o inversor deverá ser capaz de atender de forma contínua.

GERADOR

O gerador será composto por 18 módulos de silício policristalino com vida útil de cerca de 25 anos e degradação da produção devido ao envelhecimento de 0,7 % ao ano.

Tabela B3 - Características do gerador fotovoltaico.

CARACTERÍSTICAS DO GERADOR FOTOVOLTAICO	
Número de módulos:	18
Número de inversores:	2
Potência nominal:	260 W
Eficiência:	94,6%

Tabela B4 - Características técnicas dos módulos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MÓDULOS	
Fabricante:	Astronergy
Sigla:	CHSM6610P-260
Tecnologia de const.:	Silício policristalino (Poly-Si)
<i>Características elétricas</i>	
Potência máxima:	260 Wp

Rendimento:	15,9 %
Tensão nominal:	31,05 V
Tensão em aberto:	38,53 V
Corrente nominal:	8,39 A
Corrente de curto-circuito:	8,72 A
<i>Características mecânicas</i>	
Dimensões:	1648×990×40 mm
Peso:	18,4 kg

Os valores de tensão variam conforme a temperatura e irradiância solar e estão dentro dos valores aceitáveis de funcionamento do inversor.

O gerador será exposto com uma orientação de 180° (azimute) em relação ao sul, e terá uma inclinação horizontal de 10°.

ESTRUTURA DE APOIO

Os módulos serão montados em suportes de aço galvanizado, com um ângulo de 10°, e todos com a mesma exposição. Os sistemas de fixação da estrutura deverão resistir a rajadas de vento, com velocidade de até 120 km/h.

COMBINER BOX

Devido ao sistema dispor de vários módulos fotovoltaicos, estes serão conectados a um *Combiner Box*, que comporta seis disjuntores de 16 A e será fixado na estrutura da praça/estacionamento.

INVERSOR SOLAR

O sistema de conversão será composto por 2 (dois) inversores em conformidade com os requisitos técnicos e normas de segurança. Os valores de tensão e corrente do dispositivo de entrada são compatíveis com o sistema fotovoltaico, enquanto os valores de saída são compatíveis com a rede padrão das concessionárias da região.

Tabela B5 - Características técnicas do inversor.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO INVERSOR	
Fabricante:	Magnum Energy
Modelo:	MS-PAE MS4448PAE
<i>Características elétricas</i>	
Potência nominal:	4.400 W
Tensão nominal de entrada:	48 V

Tensão Min/Max:	36 - 64 V
Tensão máxima de saída:	120/240 VAC
Corrente máxima de entrada:	147 A
Corrente máxima:	18,3 A
Frequência de saída:	60 Hz
Eficiência:	94%
Forma de onda:	Senóide pura
<i>Características mecânicas</i>	
Dimensões:	349×321×203 mm
Peso:	24,9 kg

BANCO DE BATERIAS

Para compor o sistema fotovoltaico isolado, considerando um período aproximado de 4 horas de energia demandada ao acúmulo no banco de baterias em períodos nos quais a geração é nula ou insuficiente, o sistema fotovoltaico a ser projetado requer um banco de baterias de 48 V/1680 Ah. Composto de 28 baterias de 12 V/240 Ah, ligadas de forma mista (série-paralelo) ou, de baterias de Padrão Dimensional OPzS, Baterias Moura Chumbo Ácidas Ventiladas Fotovoltaica “MFV”.

Tabela B6 - Características técnicas do banco de baterias (Freedom).

DADOS TÉCNICOS DO BANCO DE BATERIAS (32 un.12 V/220 Ah)	
Fabricante:	Freedom
Modelo:	DF4001 – 240 Ah
<i>Características elétricas</i>	
Capacidade	220 Ah
Tensão de flutuação:	13,2 a 13,8 V a 25°C
Tensão de Carga:	14,4 a 15,5 V a 25°C
<i>Características mecânicas</i>	
Dimensão unitária:	525×275×250 mm
Peso unitário:	60,30 kg
Dimensão banco:	4050×670×900 mm
Peso banco:	1930 kg

Tabela B7 - Características técnicas do banco de baterias (MFV – OpzS).

DADOS TÉCNICOS DO BANCO DE BATERIAS (MFV – OpzS)	
Fabricante:	Moura
Modelo:	MFV-1750
<i>Características elétricas</i>	
Capacidade	1750 Ah
<i>Características mecânicas</i>	
Dimensão unitária:	210×399×870 mm
Peso:	126,9 kg

ESTANTES

Os materiais utilizados na fabricação das estantes devem assegurar sua integridade por período igual ao da garantia dos elementos. A estante disposta pela Moura tem as seguintes características:

- Material utilizado: cantoneira em aço carbono SAE 1010/1020 laminado.
- Processo de preparação da superfície: jato com granalha de aço ou similar.
- Processo de pintura: Uso de revestimento em resina epóxi em pó e aplicação eletrostática, com acabamento texturizado de ruga baixa ou lisa e cor cinza Munsell N 6,5 em poliéster ou similar.

Tabela B8 - Características técnicas da estante de baterias (MFV – OpzS).

DADOS TÉCNICOS DA ESTANTE DE BATERIAS (MFV – OpzS)	
Fabricante:	Moura
Modelo:	MFV-1750
Tensão das baterias	48 V
Tipo	Sobreposta
<i>Características mecânicas</i>	
Dimensão:	2700×585 mm
Alturas:	300×1500 mm

INSTALAÇÃO BATERIAS

A bateria deverá ser instalada em lugar limpo e bem arejado, de modo que nenhum elemento seja afetado por fontes de calor, tais como: raios solares, aquecedores, canalização de vapor, etc. Esta área deve ser segura e de acesso restrito, atendendo as seguintes restrições características para instalação:

- a) As baterias chumbo-ácidas liberam gases durante a operação, por essa razão devem ser instaladas em salas exclusivas e especiais, separadas dos equipamentos.
- b) A temperatura ambiente recomendada é de 25°C.
- c) Operação abaixo da temperatura de referência resultará em redução no desempenho da bateria. Essa característica do ambiente de operação exigirá o superdimensionamento das baterias para compensar os efeitos negativos da temperatura.
- d) Operações em temperaturas acima de 25°C resultarão em redução da vida útil das baterias. O aumento de 10°C na temperatura do eletrólito dos elementos, acima da referência de 25°C, reduzirá sua vida útil em 50%.

- e) Ambientes onde a temperatura de operação possa variar entre -10 a 45°C com média anual de 28°C e umidade relativa média de 80%.
- f) A diferença entre a máxima e a mínima temperatura dos elementos do banco não deve ser superior a 3°C.
- g) Fontes de calor como janelas e incidência de raios solares irão causar variações de temperatura nos elementos. Recomenda-se fazer o posicionamento adequado do banco de baterias de modo a se evitar a sua proximidade com fontes de calor.
- h) Os terminais positivo e negativo das baterias devem ser arrançados de modo a facilitar sua interligação com os terminais do equipamento de energia.
- i) Uma ventilação adequada para as baterias é muito importante, por minimizar as variações de temperatura nos elementos da bateria e evitar a concentração de hidrogênio, que é potencialmente explosivo.
- j) Com as baterias montadas em estantes, é recomendável que se tenha uma circulação adequada de ar para evitar diferenças de temperatura entre elementos.
- k) Se o ambiente for projetado inadequadamente, poderá haver uma diferença de temperatura maior que 3°C entre o piso e o teto. Se essa diferença incidir sobre a bateria, será necessário realizar constantes cargas de equalização. Essas diferenças de temperaturas causarão redução de vida útil da bateria.

CONTROLADORES DE CARGA

Dada a relação direta entre o tempo de vida útil de um sistema de baterias e sua profundidade de descarga, será necessária a inclusão de um controlador de carga no projeto, componente crucial num sistema fotovoltaico isolado.

Tabela B9 - Características técnicas do controlador de cargas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO CONTROLADOR DE CARGAS	
Fabricante:	MidNite Solar
Modelo:	Classic 150
<i>Características elétricas</i>	
Tensão máxima de entrada:	150 V
Tensão máxima de carregamento:	93 V
Corrente máxima de entrada:	96 A
Corrente máxima de carregamento:	96 A
Tensão nom. do banco de baterias:	12 – 72 V
<i>Características mecânicas</i>	
Dimensões:	378×151×102 mm

CABEAMENTO ELÉTRICO

O cabeamento elétrico será feito por meio de cabos condutores isolados. Os cabos com código e cores devem estar em conformidade com a norma NBR 5410. Para não comprometer a segurança dos trabalhadores durante a instalação, verificação ou manutenção, os condutores seguirão a tabela de cores conforme abaixo:

- Cabos de proteção: Amarelo-Verde (Obrigatório)
- Cabos de neutro: Azul claro (Obrigatório)
- Cabos de fase: Preto/Cinza/Marrom
- Cabos de circuito corrente contínua: Com indicação específica de (+) para positivo e (-) para negativo.

Portanto, a seção do condutor do sistema fotovoltaico está superdimensionado, com referência a corrente e as distâncias, assim como especificações dadas pelos fabricantes dos equipamentos do sistema. Com estas seções, a queda de potência será de até 2% do valor medido a partir de qualquer módulo para o grupo de conversão.

Tabela B10 - Descrição dos cabos por arranjo.

A fiação: Conjunto Fotovoltaico (Conj. PV) / Conj. PV – *Combiner Box*.

Descrição	Valor
Identificação:	01 cabo vermelho, 01 cabo preto e 01 cabo verde
Comprimento total:	90 metros
Temperatura ambiente:	30° C
Tabela:	NBR 5410
Instalação:	11A(C) - Cabos unipolares fixados diretamente no teto
Instalações:	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície
Material	Cobre
Tipo de isolamento:	EPR
Formação	1#4(4)4
Nº condutores positivos:	1
Seção positivo/ fase	4 mm ²
Nº condutores negativo/neutro:	1
Seção negativo/neutro:	4 mm ²
Nº condutores PE:	1
Seção PE:	4mm ²
Tensão nominal:	115,59 V
Corrente de funcionamento:	8,39 A
Corrente de curto-circuito módulos	8,72 A

A fiação: Conjunto Fotovoltaico – *Combiner Box*.

Descrição	Valor
Identificação:	01 cabo vermelho, 01 cabo preto e 01 cabo verde
Comprimento total:	17 metros
Temperatura ambiente:	30° C
Tabela:	NBR 5410
Instalação:	3(B1) - Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede
Instalações:	Em feixe: embutidos
Material	Cobre
Tipo de isolamento:	EPR
Formação	1#4(4)4
N° condutores positivos:	1
Seção positivo/ fase	4 mm ²
N° condutores negativo/neutro:	1
Seção negativo/neutro:	4 mm ²
N° condutores PE:	1
Seção PE:	4mm ²
Tensão nominal:	115,59 V
Corrente de funcionamento:	8,39 A
Corrente de curto-circuito módulos	8,72 A

A fiação: *Combiner Box* – Controlador (Painel).

Descrição	Valor
Identificação:	01 cabo vermelho e 01 cabo preto
Comprimento total:	21 metros
Temperatura ambiente:	30° C
Tabela:	NBR 5410
Instalação:	62(D) - Cabos unipolares diretamente enterrado (s), sem proteção mecânica adicional
Instalações:	Em feixe: embutidos
Material	Cobre
Tipo de isolamento:	EPR
Formação	1#10(10)
N° condutores positivos:	1
Seção positivo/ fase	10 mm ²
N° condutores negativo/neutro:	1
Seção negativo/neutro:	10 mm ²
N° condutores PE:	
Seção PE:	
Tensão nominal:	115,59 V
Corrente de funcionamento:	60,41 A
Corrente de curto-circuito módulos	62,78 A

A fiação: Pannel – Banco de Baterias.

Descrição	Valor
Identificação:	01 cabo vermelho e 01 cabo preto
Comprimento total:	10 metros
Temperatura ambiente:	30° C
Tabela:	NBR 5410
Instalação:	3(B1) - Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede
Instalações:	Em feixe: embutidos
Material	Cobre
Tipo de isolamento:	EPR
Formação	1#25(25)
N° condutores positivos:	1
Seção positivo/ fase	25 mm ²
N° condutores negativo/neutro:	1
Seção negativo/neutro:	25 mm ²
N° condutores PE:	
Seção PE:	
Tensão nominal:	48 V
Corrente de funcionamento:	106,25 A

A fiação: Conj. Banco de Baterias.

Descrição	Valor
Identificação:	01 cabo vermelho, 01 cabo preto e 01 cabo verde
Comprimento total:	6 metros
Temperatura ambiente:	30° C
Tabela:	NBR 5410
Instalação:	3(B1) - Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede
Instalações:	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície
Material	Cobre
Tipo de isolamento:	EPR
Formação	1#25(25)10
N° condutores positivos:	1
Seção positivo/ fase	25 mm ²
N° condutores negativo/neutro:	1
Seção negativo/neutro:	25 mm ²
N° condutores PE:	1
Seção PE:	10 mm ²
Tensão nominal:	48 V
Corrente de funcionamento:	106,25 A

A fiação: Pannel – QDC c/ Medidor.

Descrição	Valor
Identificação:	01 cabo preto, 01 cabo azul claro e 01 cabo verde
Comprimento total:	2,5 metros
Temperatura ambiente:	30° C
Tabela:	NBR 5410
Instalação:	3(B1) - Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede
Instalações:	Em feixe: embutidos
Material	Cobre
Tipo de isolamento:	PVC
Formação	1#4(4)4
N° condutores positivos:	1
Seção positivo/ fase	4 mm ²
N° condutores negativo/neutro:	1
Seção negativo/neutro:	4 mm ²
N° condutores PE:	1
Seção PE:	10 mm ²
Tensão nominal:	240 V
Corrente de funcionamento:	14,58 A

QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO COM MULTIMEDIDOR

Prevê-se a instalação de um quadro de distribuição com multimedidor localizado depois dos inversores, ou seja, Pannel Magnum, para realização da medição e controle dos dados de saída, fabricado em material termoplástico – resistente a agentes químicos e atmosféricos (Grau de Proteção: IP40). Este deverá ter capacidade para quatro disjuntores tipo DIN e um multimedidor para coleta de dados de saída dos inversores. O mesmo será locado à 1,70 m do piso acabado.

SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE

O sistema de controle e de monitoramento será composto por um *Router* ME-RTR, o qual permite por meio de um computador e de um *software* dedicado, de comunicar-se em cada instante com o sistema, de modo a verificar a funcionalidade dos inversores instalados além de visualizar as indicações técnicas (tensão, corrente, a potência, etc.) para cada inversor.

ATERRAMENTO

Prevê-se o isolamento galvânico entre a corrente contínua do sistema fotovoltaico e a rede. Soluções técnicas diversas podem ser utilizadas e são aceitáveis desde que respeitem as normas vigentes e de boas práticas.

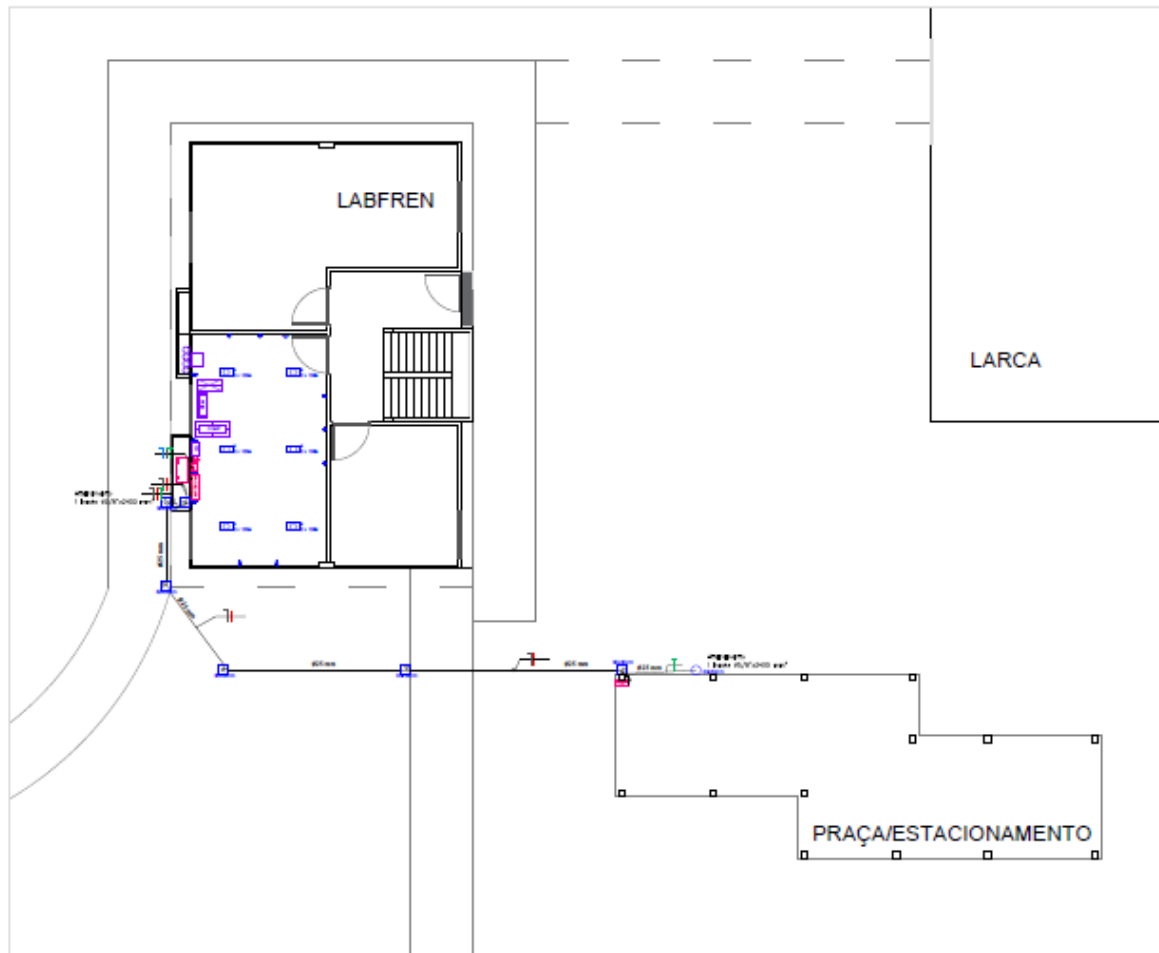
O sistema e sua estrutura de suporte serão aterradas via duas hastes cobreadas de terra tipo cooperweld de Ø5/8” × 2,40 m. Todas as partes metálicas não energizadas serão ligadas ao

sistema geral de terra. A haste será interligada ao cabo de terra através de conector GTDU (Grampo Terra Duplo) ou conector cunha cabo-haste.

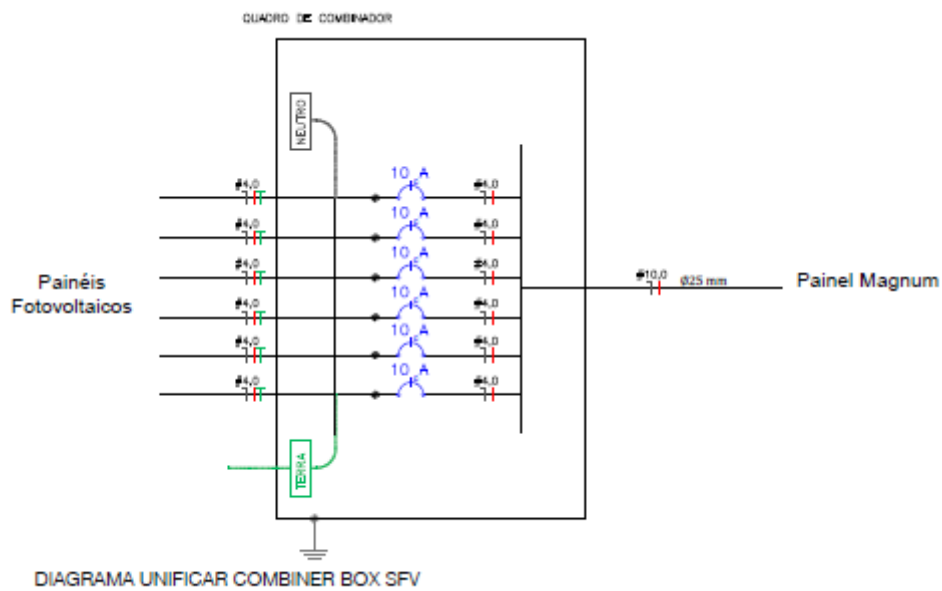
O ponto de conexão do condutor de aterramento a haste deverá ser acessível à inspeção, e ser protegido mecanicamente por meio de uma caixa de inspeção de cimento, alvenaria, PVC ou similar.

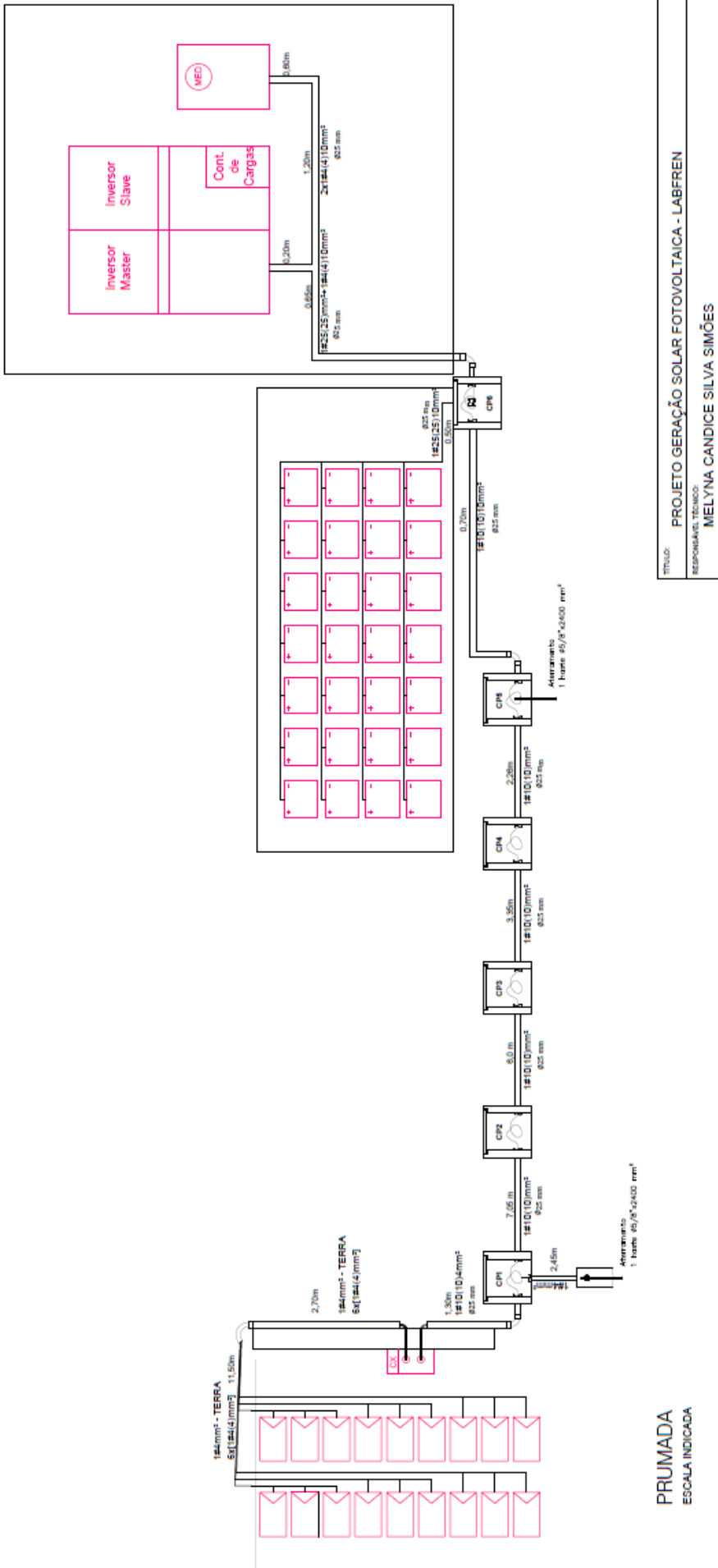
APÊNDICE C – Projeto de Geração

Fotovoltaica




PLANTA BAIXA | PAVIMENTO TÉRREO
ESCALA 1:30







LEGENDA

SÍMBOLO SIGNIFICADO


 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO


 CAIXA DE INSPEÇÃO


 CAIXA DE PASSAGEM


EQUIPAMENTOS SISTEMA FOTOVOLTAICO


SÍMBOLO SIGNIFICADO

 COMBINADOR DE MÓDULOS

 BANCO DE BATERIAS


 PAINEL MAGNUM AC/DC


 MÓDULO FOTOVOLTAICO


 TOMADA DE ENERGIA A MEIA ALTURA (EQUIPAMENTOS ALIMENTADOS PELO SFV)


EQUIPAMENTOS ELETROLISE


SÍMBOLO SIGNIFICADO

 COMPRESSOR

 Hy-COMP XT hydrogen


 Hy-PEM XP 024

 CILINDRO DE ARMAZENAMENTO

 Hy-REFILL BOX


INTERRUPTORES

SÍMBOLO SIGNIFICADO

 INTERRUPTOR DE TRÊS SEÇÕES


LUMINÁRIAS, REFLETORES E LÂMPADAS


SÍMBOLO SIGNIFICADO

 PONTO DE LUZ FLUORESCENTE NO TETO

TOMADAS

SÍMBOLO SIGNIFICADO

 TOMADA DE ENERGIA NA PAREDE, BAIXA (30 cm DO PISO ACABADO)

 TOMADA DE ENERGIA A MEIA ALTURA (130 cm DO PISO ACABADO)





 TOMADA DE ENERGIA ALTA (200 cm OU MAIS DO PISO ACABADO) - INDICAR ALTURA


DIAGRAMA UNIFILAR


SÍMBOLO SIGNIFICADO

 DISJUNTOR DE CORRENTE CONTINUA

 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO MONOPOLAR

 CONDUTOR FASE, NEUTRO E TERRA

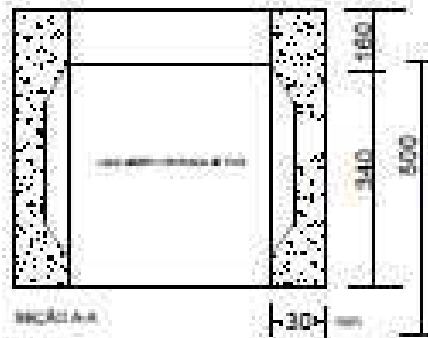
 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS

 CHAVE SECCIONADORA



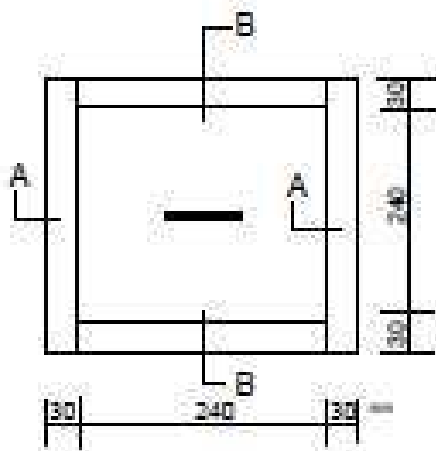
SEÇÃO III

VISTA FRONTAL



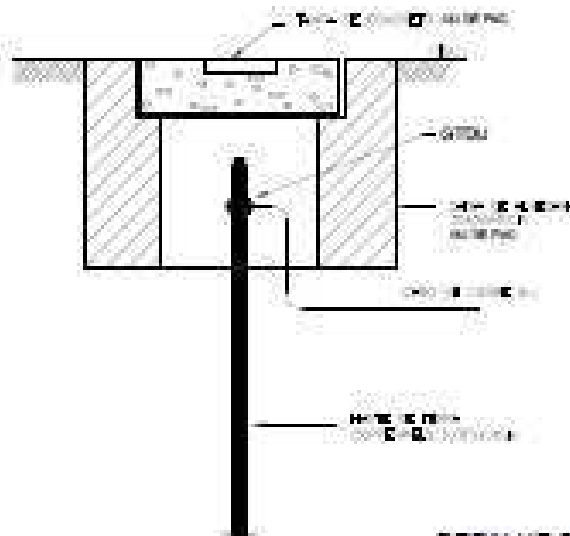
SEÇÃO A-A

VISTA LATERAL



PLANTA

DETALHE CAIXA DE PASSAGEM CP



DETALHE DE ATERRAMENTO

TÍTULO	PROJETO GERACÃO SOLAR FOTOVOLTAICA - LASFREN	RESPONSÁVEL TÉCNICO	MELYNA CANDICE SILVA SIMÕES
ASSUNTO	DETALHAMENTO DO ATERRAMENTO E CAIXA DE PASSAGEM	ESCALA	1:25
CLIENTE	LASFREN	PROF.	CELIO ANESIO
		DATA	05/08/17

APÊNDICE D – Lista de Materiais e

Orçamento do Projeto de Geração Solar

Item		Quant.	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Subtotal (R\$)
1	Painéis Fotovoltaicos: Astroenergy CHSM6610P-260	18	PC	R\$ 2.172,85	R\$ 39.111,30
2	Controlador de Cargas: MidNite SolarClassic 150	1	PC	R\$ 4.735,69	R\$ 4.735,69
3	Inversor: Magnum Energy MS4448PAE	2	PC	R\$ 12.029,77	R\$ 24.059,54
4	Painel AC/DC Inversor: Magnum Energy -MPSL-30D com MPXS-30D-R e Router ME-RTR	1	PC	R\$ 8.122,38	R\$ 8.122,38
5	Caixa de Combinação (QC): Midnite Solar Inc. MNPV6 Combiner Box	1	PC	R\$ 1.136,57	R\$ 1.136,57
6	DPS: Midnite Solar Inc. MNSPD -300DC	4	PC	R\$ 663,00	R\$ 2.652,00
7	Baterias Freedom 12V 240Ah - Df4001	28	PC	R\$ 1.174,34	R\$ 32.881,52
8	Estante para 28 Baterias	1	PC	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
9	Cabo de Cobre 4,0mm ² com isolação em EPR 90°C Cor: Vermelho.	140	m	R\$ 3,19	R\$ 446,46
10	Cabo de Cobre 4,0mm ² com isolação em EPR 90°C Cor: Preto.	34	m	R\$ 3,19	R\$ 108,43
11	Cabo de Cobre 25,0mm ² com isolação em EPR 90°C Cor: Vermelho.	10	m	R\$ 14,52	R\$ 145,24
12	Cabo de Cobre 25,0mm ² com isolação em EPR 90°C Cor: Preto.	10	m	R\$ 14,52	R\$ 145,24
13	Cabo de Cobre 10,0mm ² com isolação em EPR 90°C Cor: Vermelho.	25	m	R\$ 6,32	R\$ 158,05
14	Cabo de Cobre 4,0mm ² com isolação em PVC 70°C Cor: Preto.	30	m	R\$ 2,39	R\$ 71,70

Item		Quant.	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Subtotal (R\$)
15	Cabo de Cobre 4,0mm ² com isolamento em PVC 70°C Cor: Azul.	5	m	R\$ 2,39	R\$ 11,95
16	Cabo de Cobre 10,0mm ² com isolamento em EPR 90°C Cor: Verde.	10	m	R\$ 2,39	R\$ 23,90
17	Caixa de Passagem em PVC. Dimensões: 30x30cm. Fabricante: Tigre	6	PC	R\$ 367,16	R\$ 2.202,96
18	Caixa de Inspeção em PVC para aterramento. Dimensões: 30x30mm. Fabricante: Montal	1	PC	R\$ 50,00	R\$ 50,00
19	Tampa super reforçada para caixa de inspeção Ø30CM Fabricante: Montal	1	PC	R\$ 30,00	R\$ 30,00
20	Disjuntor CC - 16A	6	PC	R\$ 25,00	R\$ 150,00
21	Disjunto Termomagnético monopolar - 32A	1	PC	R\$ 17,00	R\$ 17,00
22	Disjunto Termomagnético monopolar DIN - 20A	2	PC	R\$ 25,00	R\$ 50,00
23	Haste de aterramento de aço cobreada Ø5/8" x 2,40 m	2	PC	R\$ 50,00	R\$ 100,00
24	Conector GTDU para conexão entre cabo e haste	2	PC	R\$ 5,00	R\$ 10,00
25	Quadro de distribuição para embutir, em chapa de aço galvanizada, capacidade para 4 disjuntores DIN	1	PC	R\$ 18,00	R\$ 18,00
26	Tomada universal 2P+T - 20 A / 250 V	4	PC	R\$ 8,50	R\$ 34,00
27	Multimedidor de energia elétrica monofásico 220V	1	PC	R\$ 180,00	R\$ 180,00
	TOTAL DO MATERIAL (R\$)				R\$ 119.651,93
	OBRAS CIVIS				R\$ 3.800,00
	MÃO DE OBRA				R\$ 2.000,00
	FRETE (R\$)				R\$ 5.575,78
	TOTAL (R\$)				R\$ 131.036,35

Fonte: Própria Autora.