



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

FRANK WESLEY RODRIGUES



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
SUPERVISIONADO



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande, Paraíba.
Abril de 2017

FRANK WESLEY RODRIGUES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de 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.*

Área de Concentração: Instalações Elétricas

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba.
Abril de 2017

FRANK WESLEY RODRIGUES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de 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.*

Área de Concentração: Instalações Elétricas

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha avó Isabel (in memoriam), pelo seu amor incondicional, pelos sonhos e por seus conselhos sobre a vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela minha vida e pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir este trabalho.

Agradeço a minha mãe, Ana Vilma, por seu amor pelos seus filhos, pelas suas palavras de apoio e de superação e por ser meu porto seguro em toda minha jornada acadêmica.

Agradeço ao meu pai, Jose Eroley, pelos seus ensinamentos sobre humildade, trabalho e superação e por ter se esforçado tanto para me proporcionar uma boa educação.

Agradeço também aos meus irmãos, Mateus Rodrigues e Marcia Fernanda, pelo qual sirvo de exemplo, e também a minha namorada pelo companheirismo ao longo desses anos.

Agradeço aos amigos de curso Suelson e Raymundo, pela união e companheirismos e pelos momentos de superação ao longo do curso.

Ao meu orientador, George Lira, que colaborou com toda sua paciência, empenho, orientação e toda instrução que foi dada para a elaboração deste trabalho.

A equipe de trabalho do Setor de Engenharia e Arquitetura da Pró-Reitoria de Infraestrutura da UEPB, em especial aos Engenheiros Eletricista Francisco Oliveira e Adriano Magno, pela oportunidade e todo acolhimento.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerce. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais.”

Augusto Cury.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo, descrever as atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado, no Setor de Projeto de Engenharia e Arquitetura da Universidade Estadual da Paraíba, localizada na cidade de Campina Grande, no período de 16 de janeiro a 13 de março de 2017, sendo totalizada uma carga horária de 180 horas. Durante esse período o graduando Frank Wesley Rodrigues foi supervisionado pelo Engenheiro Eletricista Francisco Luiz de Oliveira Junior. As principais atividades realizadas neste período foram: projeto de um sistema fotovoltaico, elaboração do projeto elétrico e orçamento da guarita do bloco de educação física e balanceamento de quadros de carga do campus de Monteiro.

Palavras-chave: Estágio Supervisionado, UEPB, Sistema Fotovoltaico, Projeto Elétrico.

ABSTRACT

The objective of this work is to describe the activities developed during the supervised internship in the Engineering and Design Sector of the State University of Paraíba, located in the city of Campina Grande, from January 16 to March 13, 2017. Hour load of 180 hours. During this period the graduating Frank Wesley Rodrigues was supervised by the Electrical Engineer Francisco Luiz de Oliveira Junior. The main activities carried out in this period were: design of a photovoltaic system, elaboration of the electric project and budget of the locker of the block of physical education and load balancing of the Monteiro campus.

Keywords: Supervised Internship, UEPB, Photovoltaic System, Electrical project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização do bloco de Educação Física.....	21
Figura 2: Modelo de cabo solar do fabricante Prysmian, modelo Prysmian Afumax Solar.	32
Figura 3: Conectores para sistemas fotovoltaicos do fabricante Multi-Contact.	32
Figura 4: Fusível tipo cartucho - 10x38, modelo C-10x38KFF do fabricante DEKFUSE.....	33
Figura 5: Chave protetora do fabricante Schneider, modelo “C60NA”.	34
Figura 6: Dispositivo Proteção de Surtos do fabricante Schneider do modelo PRD-DC40r.....	35
Figura 7: Disjuntor do fabricante <i>Siemens</i>	36
Figura 8: Dispositivo Proteção de Surto do fabricante Soprano.....	37
Figura 9: Condutor de cobre com isolamento de PVC, modelo Superastic do fabricante Prysmian.	38
Figura 10: Guarita do bloco Educação Física.....	43
Figura 11: Diagrama Unifilar do Quadro de distribuição.	45
Figura 12: Campus de Monteiro.....	47
Figura 13: Amperímetro digital “Minipa – 3200B”.	47
Figura 14: Medição de corrente no quadro geral de baixa tensão.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição da taxa de desempenho.	23
Tabela 2: Especificações do modulo Canadian CSI CS6P.	24
Tabela 3: - Características Elétricas do inversor interativo Symo 15.0-3-M.	25
Tabela 4: Quedas de tensão admissíveis para trechos de ligação entre componentes de sistemas fotovoltaicos.	31
Tabela 5: Formação do orçamento.	39
Tabela 6: Modalidade Tarifária Convencional- Baixa Tensão.	41
Tabela 7: Payback	42
Tabela 8: Previsão de carga para o quadro de distribuição.	44
Tabela 9: Dimensionamento dos condutores.	46
Tabela 10: Orçamento das placas fotovoltaicas.	55
Tabela 11: Orçamento dos cabos.	55
Tabela 12: Orçamento da chave – CC.	55
Tabela 13: Orçamento dos conectores.	55
Tabela 14: Orçamento do disjuntor.	56
Tabela 15: Orçamento da Estrutura.	56
Tabela 16: Orçamento dos Fusíveis.	56
Tabela 17: Orçamento dos DPS.	56
Tabela 18: Lista de materiais.	58
Tabela 19: Orçamento da guarita de educação física.	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DPS	Dispositivo Protetor de Surto
HSP	Horas Solar Plena
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
SINAPI	Sistema de Preços e Custos e Índices
TD	Taxa de Desempenho
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
URNe	Universidade Regional do Nordeste
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampère
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
E_D	Consumo Médio Diário
E_M	Consumo Médio Mensal
E_g	Energia produzida pelo sistema fotovoltaico
FC_t	Fluxo de Caixa no t-ésimo período
I	Investimento inicial
$I_{ca,max}$	Corrente máxima de saída do inversor
$I_{chave\ geral\ cc}$	Corrente da chave seccionadora
$I_{dc,max}$	Máxima corrente de entrada do inversor
$I_{disjuntor,ca}$	Corrente do disjuntor
$I_{fusivel}$	Corrente do fusível
I_{SC}	Corrente de curto circuito nas condições padrão de ensaio
I_{string}	Corrente da string
L	Comprimento do cabo
N_P	Número de string em paralelo
N_{PV}	Número total de módulos fotovoltaicos
N_S	Número de módulos fotovoltaicos em série
N^{max}	Número máximo de módulos fotovoltaicos
N^{min}	Número mínimo de módulos fotovoltaicos
N_{string}	Número de string
P_{INV}	Potência do inversor
P_{PV}	Potência de pico do painel fotovoltaico
P_{Nca}	Potência nominal em corrente alternada
QV	Queda de tensão
T	Período no tempo
TIR	Taxa Interna de Retorno
V	Volt

$V_{ca(CTS)}$	Tensão de circuito aberto
VPL	Valor Presente Líquido
$V_{MAX,INV}$	Máxima tensão de entrada do inversor
$V_{MIN,INV}$	Mínima tensão de entrada do inversor
V_{OC}	Tensão mínima na temperatura máxima
V_{MPP}	Tensão máxima na temperatura mínima
V_{string}	Tensão da string
S	Seção do condutor
W	Watt
Wh	Watt-hora
Wp	Watt-pico

SUMÁRIO

1	Introdução.....	16
1.1	Objetivo do Estágio.....	17
1.2	Estrutura do relatório	17
2	UEPB.....	18
2.1	Setor de projeto de engenharia e arquitetura	19
3	Projeto de um sistema fotovoltaico	20
3.1	Escolha do local para implementação do SFCR	20
3.2	Avaliação do recurso solar	21
3.3	Dimensionamento do gerador fotovoltaico	22
3.3.1	Taxa de desempenho	22
3.3.2	Potência do gerador fotovoltaico	24
3.4	Dimensionamento do inversor	25
3.5	Determinação do arranjo.....	26
3.5.1	Quantidade máxima de <i>strings</i> em paralelo.....	26
3.5.2	Número máximo de módulos fotovoltaicos por <i>string</i>	27
3.5.3	Número mínimo de módulos fotovoltaicos por <i>string</i>	27
3.5.4	Disposição do arranjo e verificação da tensão e da corrente	28
3.6	Dimensionamento dos condutores e componentes.....	29
3.6.1	Cabos de <i>string</i>	30
3.6.2	Fusível - CC.....	33
3.6.3	Chave protetora - CC.....	34
3.6.4	Dispositivo contra proteção de surtos - CC	34
3.6.5	Cabo geral – CC	35
3.6.6	Disjuntor específico - CA.....	36
3.6.7	Dispositivo contra proteção de surtos – CA	37
3.6.8	Cabo geral - CA.....	38
3.7	Formação de orçamento	39
3.8	Análise de viabilidade do projeto.....	39
4	Atividades complementares.....	43
4.1	Projeto elétrico e orçamento da Guarita do bloco de EF.....	43
4.1.1	Projeto Elétrico	44
4.1.2	Orçamento	46
4.2	Balanceamento do quadro de carga em Monteiro	46
5	Conclusão	50
	Referências	51
	Apêndice A – Disposição dos módulos fotovoltaicos	53
	Apêndice B - Diagrama multifilar do sfer	54
	Apêndice C - Formação do Orçamento	55

Apêndice D- Projeto elétrico da guarita	57
Apêndice E.1- Lista de materiais da guarita	58
Apêndice E.2 - Orçamento da guarita de educação física	56

1 INTRODUÇÃO

O Estágio Supervisionado é uma disciplina obrigatória do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), que tem como finalidade o aprimoramento de conhecimentos e de habilidades essenciais ao exercício profissional, com a função de integrar a teoria a prática, proporcionando ao aluno uma aproximação á realidade no qual atuará.

Durante o período que ocorreu o estágio houve a possibilidade de se ter um contato maior com o que é a profissão de engenheiro eletricitista. Os desafios do dia-a-dia trouxeram uma experiência, além disso, o convívio diário com pessoas dedicadas e com mais tempo de trabalho foram de grande importância para um maior amadurecimento profissional.

Durante o período do estágio o aluno foi supervisionado pelo engenheiro eletricitista Francisco Luiz de Oliveira Junior e teve como orientador o Professor George Rossany Soares de Lira. O estagiário foi responsável por realizar atividades administrativas e técnicas. Com ênfase na área de eletrotécnica, os trabalhos foram executados em todos os Campi da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), onde foi cumprida uma carga horaria de 180 horas.

O estagiário teve a oportunidade de realizar atividades, dentre as quais cabe citar: projeto de um sistema fotovoltaico para o bloco de educação física da UEPB, elaboração de projeto elétrico e orçamentário para a guarita do bloco de educação física, acompanhamento de obras e balanceamento de quadros de carga no campus de Monteiro.

No estágio foram utilizados os *softwares* Alto QI Lumine, *Autodesk AutoCAD* e *Microsoft Excel*. A elaboração dos projetos foi realizada seguindo as normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Normas de Distribuição Unificada (NDU) da concessionária de energia elétrica local.

1.1 OBJETIVO DO ESTÁGIO

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas pelo estudante de Engenharia Elétrica Frank Wesley Rodrigues durante a disciplina de Estágio Supervisionado, requisito obrigatório para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica da UFCG. O estágio foi realizado no Setor de Projeto de Engenharia e Arquitetura da Pró-reitora da UEPB, no período de 16 de Janeiro a 13 de Março de 2017.

1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O Relatório de Estágio foi dividido em cinco Capítulos, onde:

- Capítulo 1: Mostra a parte introdutória, além dos objetivos e da estrutura do relatório.
- Capítulo 2: Apresenta a história da UEPB, assim como um pouco sobre o local de estágio.
- Capítulo 3: É exposta a principal atividade desenvolvida no estágio, um projeto de um sistema fotovoltaico para o bloco de educação física.
- Capítulo 4: São apresentadas as atividades complementares desenvolvidas no estágio.
- Capítulo 5: Por fim, as considerações finais acerca das atividades desenvolvidas durante o período de estágio.

2 UEPB

A Universidade Estadual da Paraíba surgiu com o nome Universidade Regional do Nordeste (URNe), criada pelo prefeito da cidade de Campina Grande Willians de Souza Arruda através da Lei Municipal nº23 de 15 de março de 1966, inicialmente funcionou como autarquia municipal de Campina Grande. Em 11 de outubro de 1987 pela Lei nº4.977, a URNe foi estadualizada pelo governador Tarcísio Burity, tornando-se a Universidade Estadual da Paraíba.

O reconhecimento pelo o Ministério da Educação só veio em 1º de novembro de 1996, depois de 30 anos da sua criação, quando a UEPB já contava com mais de 11 mil alunos, 890 professores e 691 servidores técnico-administrativos. O então presidente da república Fernando Henrique Cardoso assinou um decreto que passou a UEPB á condição de Instituição de Ensino Superior consolidada e definitiva.

O Século XXI chegou e com ele o coroamento do processo de consolidação da Universidade Estadual da Paraíba, representado pela expansão e pela conquista da autonomia financeira da instituição. Com a autonomia foi concebida pela Lei nº 4.643, de 6 de agosto de 2004, sancionado pelo governador Cássio Cunha Lima, a UEPB inaugurou uma nova fase em sua historia.

A sua autonomia financeira representou uma vitória do ensino público e gratuito. Com ela, a UEPB passou a ter condição de expandir-se e melhorar a qualidade de ensino da graduação, investir na pós-graduação e nas atividades de pesquisa e extensão.

Atualmente a UEPB, possui oito campi e um total de 52 cursos de graduação, sendo 28 de licenciatura e 24 de bacharelado. O Campus I, na cidade de Campina Grande, possui 28 cursos e é onde está localizada a sede da Reitoria e da Administração Central da UEPB, onde funcionam sua pró-reitora e principais coordenações. A distribuição do demais campus e suas localizações são dadas por:

- Campus II está localizado na cidade de Lagoa Seca e possui 1 curso;
- Campus III está localizado na cidade de Guarabira e possui 6 cursos;
- Campus IV está localizado na cidade de Catolé do Rocha possui 2 cursos;
- Campus V está localizado na cidade de João Pessoa, possui 3 cursos;
- Campus VI está localizado na cidade de Monteiro, possui 4 cursos;

- Campus VII está localizado na cidade de Patos, possui 5 cursos;
- Campus VIII está localizada na cidade de Araruna, possui 3 cursos.

2.1 SETOR DE PROJETO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA

A Pró-Reitoria de Infraestrutura da UEPB é composta pelos setores de manutenção, segurança, transportes e de engenharia e arquitetura. Este último é formado por arquiteto, engenheiros eletricitista, civis e mecânicos, desenhistas e técnicos em geral.

O setor de engenharia e arquitetura é responsável por tudo que envolve projetos na universidade, execução e manutenção de obras em todos os campi da UEPB. Esse setor tem como funções:

- Elaborar projetos no âmbito da edificação, do paisagismo, dos componentes de construção, da infraestrutura e da urbanização;
- Elaborar orçamento e estudos de viabilidade econômica dos projetos;
- Interagir com os Centros e Departamentos na obtenção de informações para preparação de dados estatísticos e demográficos da comunidade universitária, para avaliação e previsão de demanda e de planejamento;
- Definir critérios para comunicação visual do campus, abrangendo a sinalização viária e a sinalização interna e externa dos prédios e espaços físicos;
- Supervisionar a manutenção das edificações do campus e unidades externas de propriedade da UEPB;
- Orientar os funcionários no sentido de realizar levantamentos periódicos nos Campi da UEPB e demais unidades externas de propriedade da instituição, conforme competência, para realização de manutenção preventiva e atualização do cadastro de área;
- Orientar os setores no sentido de solicitar ao almoxarifado, com antecedência, o material necessário para o bom desempenho dos trabalhos de manutenção a serem realizados;
- Supervisionar e atestar a qualidade das obras de construção e reformas que venham a ser realizadas por empresas externas à Universidade.

3 PROJETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

A UEPB investirá nos próximos anos em projetos voltados a energia renovável, entre estes projetos se destaca a geração de energia solar fotovoltaico, uma forma de geração que tem apresentado um crescimento constante nos últimos anos.

Coube ao estagiário elaborar um projeto de um sistema fotovoltaico conectado a rede (SFCR) mostrando as vantagens econômicas e realizando a criação de uma planilha que define os passos para a implementação de futuros projetos.

A realização do projeto de SFCR foi dividido nas seguintes etapas:

- Escolha do local para implementação do sistema solar fotovoltaico;
- Avaliação do recurso solar;
- Dimensionamento dos módulos fotovoltaico;
- Dimensionamento do inversor;
- Determinação do arranjo;
- Dimensionamento dos condutores e componentes;
- Formação do orçamento;
- Payback.

3.1 ESCOLHA DO LOCAL PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SFCR

O local escolhido para a realização do projeto foi definido pelos engenheiros eletricitas, como escolha foi definido o bloco de educação física que fica localizado na Avenida Juvência Arruda, número 351, bairro Universitário (Figura 1). Pertencente ao grupo B3 da modalidade tarifária convencional de baixa tensão e possui um consumo mensal médio de 4071 kWh.

Como se trata de um projeto piloto decidiu que o consumo a ser considerado para a realização do projeto será de apenas 2000 kWh, o que representa quase 50% do seu consumo mensal. Essa decisão foi tomada devido ao elevado preço de um sistema para atender todo este consumo. Logo o consumo diário é dado por:

$$E_D = \frac{E_M}{30} = 66,667 \text{ kWh} \quad (1)$$

Onde:

E_D = Consumo médio diário;

E_M = Consumo médio mensal.

Figura 1: Localização do bloco de Educação Física.



Fonte: (GOOGLE MAPS, 2017).

3.2 AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR

Para determinar a potência do SFCR a fim de se gerar determinado valor de energia elétrica, é necessário saber de antemão qual é o valor médio da “Radiação Solar” da localidade.

A partir do endereço da unidade consumidora (obtido por meio da fatura de energia elétrica) é possível acessar via internet, os dados relacionados à irradiação solar. Para este projeto foi utilizado o site da *Global Solar Atlas*, onde informa os níveis de irradiação solar considerando a orientação e inclinação desejada pelo projetista.

De acordo com a estrutura geométrica do bloco de educação física, o arranjo fotovoltaico poderia ser instalado em duas formas de orientação. Foi escolhida a orientação oeste, pois possui maiores níveis de irradiação solar durante o dia. Por meio do estudo da planta local e cálculos matemáticos, foi possível determinar a inclinação ideal do painel fotovoltaico, que seria de $18,5^\circ$.

Depois de informado o ângulo de Azimute (Norte = 270°) e a inclinação de 18,5°, o site da *Global Solar Atlas*, através do seu simulador, informou uma irradiância média diária de 5,424 kWh/m² por dia.

Depois de calculada a irradiância média diária foi determinada a Hora Solar Plena (HSP), que está associada ao o número de horas em que a irradiância solar deve permanecer constante e igual a 1 kW/m², em que a energia resultante seja proporcional à energia disponibilizada pelo sol no local da aplicação do sistema em um dia. (PINHO e GALDINO, 2014). Na equação 2 pode-se observar o cálculo da HSP:

$$HSP = \frac{\text{Irradiância (kWh/m}^2 \cdot \text{dia)}}{1 \left(\frac{kW}{m^2}\right)} \quad (2)$$

$$HSP = \frac{5,424 \text{ (kWh/m}^2 \cdot \text{dia)}}{1 \left(\frac{kW}{m^2}\right)} = 5,424 \text{ h/dia}$$

3.3 DIMENSIONAMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO

O cálculo da potência do gerador que compõe o SFCR pode ser efetuado pela equação 3, onde se pode escolher uma fração da demanda de energia elétrica consumida que se pretende suprir com o SFCR (PINHO E GALDINO, 2014).

$$P_{PV}(W_P) = \frac{E_D/TD}{HSP} \quad (3)$$

Onde:

- **P_{PV}(W_P)** = Potencia de gerador em watt-pico;
- **TD** = Taxa de desempenho;
- **HSP** = Horas de sol pleno.

3.3.1 TAXA DE DESEMPENHO

O desempenho de um sistema fotovoltaico é tipicamente medido pela Taxa de Desempenho (TD), definida como a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível. Esta taxa leva em consideração a potência real do

sistema sob condições de operação e todas as perdas envolvidas (PINHO E GALDINO, 2014).

Tabela 1: Descrição da taxa de desempenho.

Coefficiente por perdas	Descrição	Valores Típicos
Temperatura	Perdas devido à diferença de temperatura de operação ser diferente da ensaiada em laboratório.	0,95 – 0,85
Desvio de potência nominal	Tolerância do módulo fotovoltaico.	1,05 – 0,95
Sujeira	Acúmulo de sujeiras sobre os módulos fotovoltaicos.	0,99 – 0,80
<i>Mismatching</i>	Provocada pela diferença dos módulos fotovoltaicos.	0,99 – 0,95
Perdas ôhmicas	Perdas ôhmicas devido ao efeito Joule.	0,99 – 0,95
Sombreamento	Causados por objetos ao redor, ou sobre os módulos.	1,0 – 0,0
Inversor	Perdas devido à eficiência do inversor ser menor que 100%	0,98 – 0,95

Fonte: (SOUSA, 2015)

Como observado na Tabela 1, a TD depende de alguns fatores como equipamentos e a disposição do projeto. Inicialmente considera-se a TD típico de 0,80. Após realizar o projeto com TD de 0,80 foi recalculado este índice e obteve o novo valor de 0,77. Este processo de recálculo foi facilitado devido à criação de uma planilha para o projeto.

3.3.2 POTÊNCIA DO GERADOR FOTOVOLTAICO

Substituindo os valores na equação 3, a potência do gerador fotovoltaico será:

$$P_{PV}(W_P) = \frac{E/TD}{HSP} = \frac{66,667/0,77}{5,424} = 15,96 kW_p$$

Desta forma as placas fotovoltaicas escolhidas para o projeto foram do fabricante Canadian modelo CSI CS6P de 265 W, na Tabela 3 encontram-se as especificações deste modelo.

Tabela 2: Especificações do modulo Canadian CSI CS6P.

Parâmetros	Valores
Potência de pico (P _{máx.})	265 W _p
Tensão de pico (V _{mp})	30,6 V
Tensão de circuito aberto (V _{0c})	37,7 V
Corrente de pico (I _{mp})	8,66 A
Corrente de curto circuito (I _{sc})	9,23 A
Eficiência (η)	16,47 %
Tensão máxima do sistema	1000 Vdc
Coefficiente de Temperatura (P _{máx})	-0,41 % / °C
Coefficiente de Temperatura	-0,31 % / °C
Coefficiente de Temperatura (I _{sc})	0,053 % / °C
Tipo de Células	Silício Policristalino
Dimensões	1638 x 982 x 40 mm
Peso	18 kg

Fonte: (CANADIAN, 2016).

Então o Número de Painéis Fotovoltaicos (N_{PV}) necessário para a realização do projeto será dado por:

$$N_{PV} = \frac{P_{PV}(W_P)}{\text{Potência do painel escolhido}} = \frac{15,96}{265} = 60,23 \quad (4)$$

Portanto, serão utilizados 60 painéis do modelo Canadian CSI CS6P de 265 W, onde serão produzidos 15,96 kW_p para atender o consumo estimado de 2000 kWh.

3.4 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR

A potência do sistema de inversão pode ser calculada tanto pela potência de saída como pela potência de entrada do sistema. Onde a de saída é referente à potência-pico ideal para o SFCR e a de entrada é referente à potência do arranjo fotovoltaico (que é a soma das potências individuais dos módulos fotovoltaicos) (SOUSA, 2015).

Logo, para este caso será utilizado o valor da potência pico ideal para o SFCR que é igual a $15,96 \text{ kW}_p$. Outro fator importante a ter em conta na escolha deste componente é a Potência do Inversor (P_{INV}), que deve possuir um valor entre:

$$0,7 \cdot P_{PV} < P_{INV} < 1,2 \cdot P_{PV} \quad (5)$$

Assim foi escolhido o inversor do modelo Symo 15.0-3-M light (15.000 W), do fabricante Fronius. Utilizando a expressão acima, tem-se:

$$0.7 \cdot 15.960 < 15.000 < 1.2 \cdot 15.960$$

$$11.172 \text{ W} < 15000 \text{ W} < 19152 \text{ W}$$

Observa-se que o inversor escolhido encontra-se dentro do intervalo estimado. As principais especificações do inversor encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: - Características Elétricas do inversor interativo Symo 15.0-3-M.

CARACTERÍSTICA DE ENTRADA DE CORRENTE CONTÍNUA	
Máx. corrente de entrada ($I_{dc,max1}, I_{dc,max2}$)	33 A / 27 A
Mín. tensão de entrada	200 V
Max. tensão de entrada	1000 V
Tensão nominal de entrada	600 V
Varição de tensão do MPPT	320 – 800 V
CARACTERÍSTICA DE SAÍDA EM CORRENTE ALTERNADA	
Potencia nominal de saída	15000 W
Max. potência aparente	15000 VA
Max. corrente de saída	23,9 A
Tipo de conexão	Trifásico
Frequência	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)

Fonte: (FRONIUS, 2017).

3.5 DETERMINAÇÃO DO ARRANJO

Quanto à determinação do arranjo do sistema fotovoltaico deve se levar em consideração duas observações a respeito do funcionamento do inversor:

- O inversor possui uma corrente máxima de entrada CC e deve-se garantir que este valor não seja ultrapassado;
- O sistema deve operar com tensão com amplitudes dentro da faixa de operação do Seguidor de Máximo Ponto de Potência (SPPM) do inversor;

3.5.1 QUANTIDADE MÁXIMA DE *STRINGS* EM PARALELO

A corrente máxima de entrada do inversor iterativo determina o número máximo de *strings* que podem ser paralelizadas no painel ligado à sua entrada de corrente contínua (CUNHA, 2014).

É possível observar na equação 6, a determinação do máximo número de strings em paralelo:

$$N_{string} = \frac{I_{dc,max}}{I_{sc}} \quad (6)$$

Onde:

- N_{string} = Quantidade máxima de strings em paralelo no painel fotovoltaico do inversor;
- $I_{dc,max}$ = Máxima corrente de entrada do inversor;
- I_{sc} = máxima corrente em curto-circuito do módulo fotovoltaico.

Tem-se que a máxima corrente de entrada do inversor é 33 A, e a máxima corrente em curto-circuito do módulo fotovoltaico é 9,23 A.

$$N_{string} = \frac{33}{9,23} = 3,57$$

Ou seja, poderão ser associadas até 3 strings em paralelo, que o inversor será capaz de controlar a corrente máxima oferecida em sua entrada.

3.5.2 NÚMERO MÁXIMO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS POR *STRING*

Para efetuar o cálculo do número máximo de módulos em série é necessário calcular o valor máximo da tensão que o módulo poderá atingir. Para tal, aplica-se o quociente entre a tensão máxima de funcionamento do inversor e a tensão máxima de funcionamento do módulo (CUNHA, 2014). Essa tensão é atingida à temperatura mínima, ou seja, a -10°C e é calculada pela equação 7:

$$V_{OC(-10)} = \left(1 - \frac{(25^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C})) \cdot \Delta V(\%)}{100}\right) \cdot V_{ca(CTS)} \quad (7)$$

$$V_{OC(-10)} = \left(1 - \frac{35^{\circ}\text{C} \cdot -0,31}{100}\right) \cdot 37,7$$

$$V_{OC(-10)} = 41,79 \text{ V}$$

Onde:

- $V_{OC(-10)}$ = Tensão máxima do módulo fotovoltaico;
- ΔV = Constante de temperatura do módulo fotovoltaico;
- $V_{ca(CTS)}$ = Tensão de circuito aberto do módulo fotovoltaico.

Utilizando a expressão abaixo, obteve-se o número máximo de módulos:

$$N_S^{max} = \frac{V_{MAX,INV}}{V_{OC(-10)}} = \frac{1.000}{41,79} \cong 24 \text{ painéis} \quad (8)$$

Onde:

- N_S^{max} = Número máximo de módulos por string;
- $V_{MAX,INV}$ = Tensão máxima de entrada do inversor.

3.5.3 NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS POR *STRING*

Para determinar o número mínimo de módulos na string aplica-se o quociente entre a tensão mínima de funcionamento do inversor e a tensão mínima de funcionamento do módulo. A tensão mínima de funcionamento do módulo ocorre

quando este funciona à temperatura máxima. Considerou-se 70 °C para essa temperatura máxima e utilizou-se a equação 9 para obter a tensão mínima (CUNHA, 2014):

$$V_{MPP(70)} = \left(1 - \frac{(70\text{ °C}) - 25\text{ °C}}{100} \cdot \Delta V(\%) \right) \cdot V_{MPP(CTS)} \quad (9)$$

$$V_{MPP(70)} = \left(1 + \frac{45\text{ °C} \cdot -0,31}{100}\right) \cdot 30,6$$

$$V_{MPP(70)} = 26,71\text{ V}$$

Onde:

- $V_{MPP(70)}$ = Tensão mínima do módulo fotovoltaico;
- ΔV = Constante de temperatura do módulo fotovoltaico;
- $V_{MPP(CTS)}$ = Tensão de máxima potência do módulo fotovoltaico.

Utilizando a equação 10, obteve-se o número mínimo de módulos:

$$N_S^{nim} = \frac{V_{MIN,INV}}{V_{OC(70)}} = \frac{200}{26,71} \cong 8 \text{ painéis} \quad (10)$$

Onde:

- N_S^{nim} = Número mínimo de módulos por string;
- $V_{MIN,INV}$ = Tensão mínima de entrada do inversor.

3.5.4 DISPOSIÇÃO DO ARRANJO E VERIFICAÇÃO DA TENSÃO E DA CORRENTE

Tendo em conta os valores obtidos anteriormente, ou seja, que o número de módulos em série deverá estar entre 8 e 24 unidades e que o número máximo *de strings* em paralelo deverá ser 3, a disposição escolhida foi de 3 strings de 20 módulos em série. Uma representação desta disposição foi desenvolvida no *AUTOCAD*, encontra-se no Apêndice A.

Em seguida será feita uma verificação, quer para as tensões, quer para a corrente, tendo em conta as limitações do inversor. Para que a configuração seja possível, é necessário satisfazer as seguintes considerações:

$$N_S \times V_{MPP(70^\circ\text{C})} > V_{MIN,INV} \quad (11)$$

$$N_S \times V_{OC(-10^\circ\text{C})} < V_{MAX,INV} \quad (12)$$

$$N_P \times I_{SC} < I_{cc,MAX,INV} \quad (13)$$

Onde:

- N_S = Número de painéis fotovoltaicos em serie;
- N_P = Número de string em paralelo;
- I_{SC} = Corrente de curto circuito do módulo;
- $I_{cc,MAX,INV}$ = Corrente maxima de entrada do inversor.

Substituindo os valores, obteve-se o seguinte resultado:

$$534,2 > 200$$

$$835,8 < 1.000$$

$$25,98 < 33$$

Verifica-se que todas as condições estão satisfeitas, ou seja, a configuração cumpre todos os requisitos necessários ao bom funcionamento da exploração. Assim sendo, esta configuração pode ser adotada.

3.6 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES E COMPONENTES

Os componentes do SFCR, que serão dimensionados, neste documento, seguindo a “ordem lógica” de fluxo da corrente elétrica quando o SFCR está em funcionamento normal, segundo a lista abaixo:

- **Cabos de string:** ligando os módulos fotovoltaicos até a caixa de junção;
- **Fusíveis de String:** proteção contra sobrecorrente para cada polo (positivo e negativo) de cada string;
- **Chave Geral CC:** para seccionamento do arranjo fotovoltaico;
- **Dispositivo de Proteção Contra Surtos:** seleção dos varistores para o arranjo fotovoltaico;

- **Cabo Geral CC:** condutor de ligação da caixa de junção ao inversor;
- **Disjuntor (Chave) Geral CA:** seccionador geral do quadro de gerenciamento do SFCR;
- **Dispositivo de Proteção contra Surtos para o QGSFCR:** seleção dos varistores para o DPS do “quadro de gerenciamento do SFCR”;
- **Cabo Geral CA:** condutor de ligação do SFCR até o quadro geral da unidade consumidora.

Uma representação do diagrama multifilar do projeto, se encontra no Apêndice B, onde é possível observar a disposição e organização dos componentes do projeto.

3.6.1 CABOS DE *STRING*

O cabo de string (ou cabo de fileira de módulos) é o condutor que interliga a série de módulos fotovoltaicos ao quadro/caixa de junção de strings (ou string-box). Esse cabo deve ser dimensionado para suportar a corrente e o nível de tensão produzida pelos módulos fotovoltaicos em série (SOUSA, 2015).

É necessário observar especificações em relação aos cabos que interligam os trechos de corrente contínua dos sistemas fotovoltaicos, em especial as características desejáveis para esses cabos, que não têm referências na norma ABNT vigentes, mas que podem ser obtidas das normas internacionais. A norma internacional IEC 60364-7-712 recomenda que o cabo de *string* suporte a corrente de curto-circuito da *string* com “folga” de 25% ($I_{\text{cabo}} = I_{\text{sc}} * 1,25$). Esta norma recomenda, também, que os cabos utilizados em sistemas fotovoltaicos sejam classificados para tensões entre 300 V e 1.000 V à temperatura de -10 °C (de acordo às tensões do SFCR), que sejam capazes de trabalhar em temperaturas superiores a 75 °C, e sejam resistentes à radiação ultravioleta (devido à sua instalação externa). Esse é tipo de cabo é utilizado nas caixas de conexão dos módulos fotovoltaicos.

O único critério que deve ser diferente, para o dimensionamento dos cabos, em relação à norma brasileira ABNT NBR-5410:2004, é o cálculo de “seção mínima por queda de tensão”, pois a norma internacional IEC 60364-7-712 apresenta valores específicos para os trechos de cabos que interligam os componentes principais dos SFCR, conforme a Tabela 4, abaixo:

Tabela 4: Quedas de tensão admissíveis para trechos de ligação entre componentes de sistemas fotovoltaicos.

Quedas de Tensão para Sistema Conectado á Rede	
Trecho de ligação	(QV)
Painel Fotovoltaico – Inversor	1%
Inversor – Rede	3%

Fonte: (IEC 60364-7-712).

Para determinar a seção mínima de cabo, pode-se utilizar a equação 14:

$$S_{mm^2} = \frac{2 * L * I_{cabo}}{\sigma * QV * V_{string}} \quad (14)$$

Onde:

S_{mm^2} = Seção do condutor em milímetros quadrados.

L = distância entre o conector e o quadro/caixa de junção/conexão, em metros.

I_{cabo} = valor de corrente considerada para o cabo, em amperes.

σ = condutibilidade do material condutor (Cobre = 56 S·m/mm²).

QV = queda de tensão permitida, no trecho calculado, em decimal (1% = 0,01).

V_{string} = tensão em máxima potência da string, em volts.


A distância considerada entre o ponto de maior distância e a caixa de junção foi de 50 m. O valor de $I_{cabo} = 1,25 * 9,23 = 11,53 A$, o material do condutor utilizado foi o cobre ($\sigma = 56 S \cdot m / mm^2$) e a $V_{string} = 20 * 30,6 = 612 V$.


Tem-se, então:

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 50 * 11,53}{56 * 0,01 * 612} = 3,36 mm^2$$

O cabo utilizado foi do fabricante Prysmian, marca Prysmian Afumex Solar, de bitola 4 mm². Na Figura 2 observa-se o condutor selecionado.

Figura 2: Modelo de cabo solar do fabricante Prysmian, modelo Prysmian Afumax Solar.

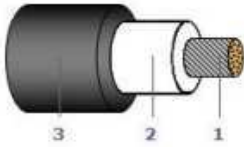




Afumex Solar

0,6/1 kV A.C. / 0,9/1,8 kV D.C.

Esta ilustração é um exemplo de uma construção dentro as possíveis deste produto e não necessariamente representa o cabo desejado em relação a seção, número de condutores e identificação da cobertura e/ou do isolamento.



This cable illustration is an example from this product range and does not necessarily match the selected core size, number of cores, identification of insulation and/or outer sheath.

Condutor / Conductor	1	Fios de cobre estanhado, t�mpera mole. Encordoamento: Classe 5 conforme ABNT NBR-NM 280. Forma: Flex�vel.	Tinned annealed copper wires. Stranded: Class 5 according to ABNT NBR- NM 280. Shape: Flexible.
Isola�o / Insulation	2	Composto termofixo HEPR 120� C conforme EN 50618.	Thermosetting compound HEPR 120� C according to EN 50618.
Cobertura / Outer sheath	3	Composto termofixo XLPE 120� C conforme EN 50618. Resistente ao UV.	Thermosetting special XLPE compound 120� C according to EN 50618. Resistant to UV.

Fonte: (PRYSMIAN, 2016).

Cada terminal da *string* deverá possuir um conector adequado para a interliga o ao polo correspondente no primeiro ou último módulo fotovoltaico da série. Foi escolhidos os conectores Tipo-4 do fabricante *Prysmian* e, devido às características do cabo *Prysmian Afumex*, dentre estes foi selecionados os modelos 32.0017P0001-UR e 32.0016P0001-UR, respectivamente para macho e fêmea (  esquerda e à direita, na Figura 3).

Figura 3: Conectores para sistemas fotovoltaicos do fabricante Multi-Contact.

Plug connectors MC4						
Male and female cable couplers MC4 (including insulating part)						
Male cable coupler ♂			Female cable coupler ♀			
Cable cross section	� A (Cable outer diameter)	Male cable coupler Order No.	Female cable coupler Order No.	Rated current	Rated voltage	Approvals
1,5 – 2,5mm ²	3 – 6mm	32.0011P0001-UR	32.0010P0001-UR	1,5mm ² : 17A 2,5mm ² : 22,5A	1000V DC (IEC) 800V DC (UL)	
1,5 – 2,5mm ²	5,5 – 9mm	32.0013P0001-UR	32.0012P0001-UR			
4 – 6mm ²	3 – 6mm	32.0015P0001-UR	32.0014P0001-UR	4mm ² : 30A ¹⁾ /39A ²⁾ 6mm ² : 30A ¹⁾ /45A ²⁾		
4 – 6mm ²	5,5 – 9mm	32.0017P0001-UR	32.0016P0001-UR			
10mm ²	5,5 – 9mm	32.0035P0001	32.0034P0001	43A	1000V DC (IEC)	

Fonte: (MULTI CONTACT, 2017).

3.6.2 FUSÍVEL - CC

A proteção contra sobre corrente pode ser obtida mediante o uso de fusível, ou de disjuntor. Enquanto para os fusíveis não há diferença de modelos para corrente contínua e corrente alternada, para os disjuntores existem, sim, diferenças. A maioria dos disjuntores disponíveis no mercado é para corrente alternada, com muito poucos modelos que podem ser utilizados em corrente contínua.

A corrente nominal de operação, tanto dos fusíveis, quanto dos disjuntores é dada pela equação 15:

$$I_{fusível} \geq I_{sc,string} \quad (15)$$

$$I_{fusível} \geq 9,23 \cdot 1,25$$

$$I_{fusível} \geq 11,54 \text{ A}$$

Foi selecionado o modelo do fabricante DEKFUSE de ação ultrarrápida de 15 A, modelo C-10x38KFF.

Com a utilização de fusível, faz-se necessário, então, o porta fusível, que deve ser compatível com o elemento que vai enclausurar. Portanto utilizaremos porta-fusível do tipo 10 mm x 38 mm, com capacidade de tensão e corrente adequada (e superior) às do fusível. Foi selecionado o modelo FH 321 do fabricante Meltaltex, para tensão máxima de 690 V, e corrente máxima de 32 A. Na Figura 4 pode-se observar o datasheet do modelo escolhido.

Figura 4: Fusível tipo cartucho - 10x38, modelo C-10x38KFF do fabricante DEKFUSE.

DEKFUSE
Sinônimo de Qualidade em Fusíveis.

Home Empresa Produtos Contato Clientes Anúncios Extras

Fusível - C - 10x38KFF

Código: C - 10x38KFF
Dimensional: 10x38
IN: 100 mA / 63 A Tensão: 500V
Construção: Tubo cerâmico / Capacete latão níquelado / Liga especial.
Ação: Ultra Rápido. (FF)
Capacidade de Interrupção: Alta.
Norma / Especificação: NBR 5372 / IEC 127
Fusível pode ser Fabricado com Solda sem Chumbo.

Indústria BRASILEIRA

Dekfuse Ind. Eletro Eletrônica Ltda.
TEL: (11) 4445-2121 TEL / FAX: (11) 4445-1244

Fonte: (DEKFUSE, 2017).

3.6.3 CHAVE PROTETORA - CC

Entre o painel fotovoltaico e o inversor interativo deve ser inserida uma chave seccionadora geral, com capacidade para interrupção de circuito em corrente contínua.

Para dimensionamento da chave geral CC deve-se considerar a corrente total do painel fotovoltaico, que neste caso é a soma das correntes das três strings. A capacidade nominal mínima da chave seccionadora geral CC será calculada conforme a equação 16:

$$I_{chave\ geral\ cc} \geq I_{sc,painel} \cdot 1,5 \quad (16)$$

$$I_{chave\ geral\ cc} \geq 3 \cdot 9,23 \cdot 1,5$$

$$I_{chave\ geral\ cc} \geq 41,54\ A$$

Foi selecionado, então, o modelo C60NA, do fabricante *Schneider*, que tem corrente de operação nominal de 50 A para uma tensão até 700 V. Pode-se observar na Figura 5 o modelo da chave selecionado.

Figura 5: Chave protetora do fabricante Schneider, modelo “C60NA”.



Fonte: (SCHEIDER, 2017).

3.6.4 DISPOSITIVO CONTRA PROTEÇÃO DE SURTOS - CC

O chamado dispositivo de proteção contra surtos (DPS) geralmente é composto por um conjunto de “varistores”, mas alguns fabricantes oferecem outros componentes, que, em conjunto com os varistores oferecem maior capacidade ou vida-útil a DPS. Os varistores são resistores (componente físico) cuja resistência (característica elétrica) varia inversamente proporcional à tensão aplicada a seus terminais, ou seja, aumentada a tensão diminui-se a resistência (SOUSA, 2015).

Os varistores são interligados entre o condutor de eletricidade e um ponto de aterramento, de forma a drenar para terra a corrente elétrica formada quando a tensão, no seu ponto de conexão, ultrapassa o seu valor nominal de operação; e isso é o que acontece na ocorrência surto de tensão, geralmente provocado por uma descarga elétrica.

Os varistores serão selecionados considerando sua tensão nominal superior à tensão máxima de entrada do inversor.

O varistor adequado para a proteção do inversor interativo, na sua entrada em CC, deve possuir tensão nominal superior à tensão em circuito aberto do painel fotovoltaico em que será interligado. Deve-se observar, então, no *datasheet* do inversor, qual é a tensão máxima da sua entrada em corrente contínua, pois isso determina a tensão nominal do varistor que deve ser utilizado.

Logo observa que a máxima tensão de entrada de corrente contínua do inversor é 1.000 V. Assim por isso o varistor selecionado foi o modelo PRD-DC40r 1000PV, do fabricante *Schneider*, que tem tensão de referência de 1.000 V, permitindo o teste de isolamento do inversor. Na Figura 6 pode-se observar o DPS escolhido.

Figura 6: Dispositivo Proteção de Surtos do fabricante Schneider do modelo PRD-DC40r.



Fonte: (SCHNEIDER, 2017).

3.6.5 CABO GERAL – CC

O condutor que interliga o painel fotovoltaico ao inversor interativo, situado entre este e a Chave Geral CC, recebe o nome de Cabo Geral CC. Este condutor deve ser capaz de conduzir a corrente do painel que é dado pela soma das correntes de corrente de curto-circuito dos *strings* associados em paralelo. A equação 17 deve ser utilizada para calcular a seção mínima desse cabo, que deve ter queda de tensão máxima de 1%, segundo a norma internacional IEC-60364-7-712 (SOUSA, 2015).

$$S_{mm^2} = \frac{2 * L * I_{cabo}}{\sigma * QV * V_{string}} \quad (17)$$

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 22 * 3 * 1,25 * 9,23}{56 * 0,01 * 612} = 4,44 \text{ mm}^2$$

O cabo utilizado também foi do fabricante *Prysmian*, da marca *Prysmian Afumex*, mas a secção escolhido foi de 6 mm^2 .

3.6.6 DISJUNTOR ESPECÍFICO - CA

Os disjuntores são utilizados para proteção e manutenção da parte de corrente alternada do projeto, um para cada inversor. Como no projeto só foi utilizado apenas um inversor então só será utilizado apenas um disjuntor.

O disjuntor CA deverá ser do tipo tripolar, dimensionado considerando-se a Corrente Máxima que circulará na fase do inversor ($I_{ca,max}$). A capacidade mínima da Corrente do Disjuntor geral CA ($I_{disjuntor,ca}$) é dada pela equação:

$$I_{disjuntor,ca} > I_{ca,max} \quad (18)$$

$$I_{disjuntor,ca} > 23,9 \text{ A}$$

Foi selecionado, então, o disjuntor DIM Tripolar do fabricante *Siemens*, com capacidade máxima de 32 A. Pode-se ver na Figura 7 o disjuntor selecionado.

Figura 7: Disjuntor do fabricante *Siemens*.



Fonte: (SIEMENS, 2017).

3.6.7 DISPOSITIVO CONTRA PROTEÇÃO DE SURTOS – CA

Para o Dispositivo de Proteção Contra Surtos do quadro de controle, deve-se utilizar varistores com tensão nominal adequada à tensão de fase da rede, e geralmente se utiliza varistores de Classe II, para proteção contra descargas atmosféricas indiretas, transmitidas através das linhas de alimentação.

Utiliza-se um varistor por fase, e em locais onde o neutro não é aterrado no ramal de entrada, deve-se instalar um varistor também no neutro. As saídas dos varistores são, então, ligadas ao barramento de equipotencialização, ou seja, o terra da rede interna, conforme o item 6.3.5.2.2 da ABNT NBR-5410:2004 (SOUSA, 2015).

Os varistores para o quadro de gerenciamento do SFCR serão do fabricante *Soprano*, com tensão nominal de 275 V e corrente máxima de 45 kA. Na Figura 8 pode-se observar o varistor selecionado.

Figura 8: Dispositivo Proteção de Surto do fabricante Soprano.



Fonte: (SOPRANO, 2017).

3.6.8 CABO GERAL - CA

O conjunto de condutores que interliga a saída do inversor interativo ao seu ponto de conexão á rede é chamado de cabo CA. Esse conjunto de condutores é calculado para suportar a corrente máxima do inversor interativo, no nível de tensão da rede em que este será conectado. A secção mínima do cabo, pelo o método de queda de tensão pode ser determinada pela equação 19:

$$S_{mm^2} = \frac{\sqrt{3} * L * I_{disjuntor}}{\sigma * QV * V_{linha}} \quad (19)$$

A corrente máxima do disjuntor é dada por 32 A. E a queda de tensão admissível para este trecho é de 3%. Logo substituindo estes valores na equação 19, tem-se:

$$S_{mm^2} = \frac{\sqrt{3} * 20 * 32}{56 * 0,03 * 380} = 2,17 \text{ mm}^2$$

A secção do condutor escolhida foi 2,5 mm², segundo a ABNT NBR 5410:2004, que exige uma seção mínima de 2,5 mm² para cabos de circuitos de potência. Foi então utilizado o modelo de cabo *Superastic – BWF Antiflam – 750 V*, do fabricante *Prysmian*, de seção de 2,5 mm². Pode-se ver na Figura 9 o condutor selecionado.

Figura 9: Condutor de cobre com isolamento de PVC, modelo Superastic do fabricante Prysmian.



Fonte: (PRYSMIAN, 2016).

3.7 FORMAÇÃO DE ORÇAMENTO

A formação do orçamento é uma etapa fundamental na realização de um projeto, através deste será possível observar a viabilidade do projeto. Na realização desta etapa encontrou-se um pouco de dificuldade, visto que a ainda não se encontra sistema de pesquisa de componente e mão de obras relacionadas a este tipo de projeto.

O orçamento foi elaborado através de pesquisa em sites de venda de componente de sistemas fotovoltaicos, o principal site utilizado foi a Neo Solar, mas também foram utilizados outros sites. Para esta etapa foi desenvolvida uma planilha pelo estagiário aonde foi elaborada uma rotina da formação do orçamento para um SFCR.

No Apêndice C, será apresentado à formação do preço de cada item do orçamento, logo a Tabela 5, apresenta de forma resumida cada item que compõe o orçamento e seu devido preço.

Tabela 5: Formação do orçamento.

Formação do Orçamento	Preço (R\$)
PLACAS FOTOVOLTAICAS	44940
INVERSOR	22490
ESTRUTURA	7149,5
CABOS	1721
FUSÍVEIS	155,6
CHAVE DC	578
VARISTOR (R\$)	680
CONECTORES	119
DISJUNTOR (R\$)	157,8
Outros	2010
Mão de Obra	10000
TOTAL	90000,9

Fonte: (FRANK, 2017).

3.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO

Como forma de análise da viabilidade do projeto, foi proposto pelo supervisor a elaboração do calculo do *payback*, que é um dos critérios mais utilizados para se avaliar um investimento. O *payback* corresponde ao tempo necessário para se obter o dinheiro

investido de volta, ou seja, o tempo em que o investimento feito inicialmente, vai ser recuperado (FERREIRA, 2010).

Existem outros critérios que são utilizados em conjunto com o payback para que se tenha uma análise de viabilidade mais consistente, como: Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). O primeiro que considera a remuneração ou o custo de captação do capital inicial em relação ao tempo, já a TIR é a taxa de juros a qual o projeto alcança seu ponto de equilíbrio entre o valor investido e o valor de remuneração. Neste documento foi abordado apenas o critério de payback.

Existem dois tipos de payback, o simples e o descontado. O payback simples é o método mais simples para se analisar a viabilidade de um investimento e é definido como o somatório dos fluxos de caixa obtidos, período a período, até que esta soma se igual ao valor do investimento inicial.

Neste projeto foi utilizado o método descontado, onde utiliza uma taxa de desconto antes de se proceder a soma dos fluxos de caixa. Neste método, todos os fluxos de caixa futuros deverão ser descontados por essa taxa em relação ao período o qual o fluxo está relacionado.

O *payback* descontado consiste, basicamente, em determinar o valor do tempo de retorno do investimento (T) na seguinte equação: (SAMANEZ, 2009).

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (20)$$

Sendo:

I: Investimento inicial;

FC_t: Fluxo de caixa no período de tempo t;

k: Custo de capital ou taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade;

Foi realizada uma análise de viabilidade econômica do projeto utilizando-a como sendo a taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade. Também será considerado um aumento anual de 5% na tarifa de energia elétrica.

A tarifa de energia foi calculada de acordo com a classe pelo qual a unidade consumidora pertence, neste caso foi observado que o bloco de educação física pertence

a classes de poder público, onde é possível classifica-la ao grupo B3, onde possui uma tarifa convencional de 0,43668 R\$/kWh, de acordo com a Tabela 6 abaixo.

Tabela 6: Modalidade Tarifária Convencional- Baixa Tensão.

TARIFA	CLASSES	CONSUMO (R\$/KWH)
B3	COMERCIAL SERVIÇOS E OUTROS	0,43668
	INDUSTRIAL	0,43668
	PODERES PÚBLICOS	0,43668
	SERVIÇO PÚBLICO	0,37117

Fonte: (ENERGISA 2017)

A quantidade de energia mensal gerada é dada pela equação (21):

$$E_g = N_s * P_{\text{painel fotovoltaico}} * TD * HSP * 30 \quad (21)$$

$$E_g = 60 * 265 * 0,77 * 5,42 * 30 = 1.990 \text{ MWh/mês}$$

Também foi considerado que as células fotovoltaicas apresentam um fator de perda de rendimento ao longo dos anos, esse fator foi conspurado de 0,5% da sua geração de cada ano. Estimulou-se que a vida útil do projeto é de 25 anos e o orçamento do projeto de R\$ 90.000,00.

Tabela 7: Payback

ANO	Tarifa (R\$/kWh)	Geração (kW)	Valor Economizado Anualmente (R\$)	PAYBACK (R\$)	
1	2017	0,43668	1990,7118	14902,35478	90000,9
2	2018	0,458514	1980,758241	15569,23516	74431,66484
3	2019	0,4814397	1970,85445	16265,95843	58165,70641
4	2020	0,505511685	1961,000178	16993,86007	41171,84635
5	2021	0,530787269	1951,195177	17754,33531	23417,51104
6	2022	0,557326633	1941,439201	18548,84181	4868,669225
7	2023	0,585192964	1931,732005	19378,90248	-14510,2332
8	2024	0,614452613	1922,073345	20246,10837	-34756,3416
9	2025	0,645175243	1922,073345	21258,41379	-56014,7554
10	2026	0,677434005	1912,462978	22209,72781	-78224,4832
11	2027	0,711305706	1902,900663	23203,61312	-101428,096
12	2028	0,746870991	1893,38616	24241,97481	-125670,071
13	2029	0,78421454	1883,919229	25326,80318	-150996,874
14	2030	0,823425267	1874,499633	26460,17763	-177457,05
15	2031	0,864596531	1865,127135	27644,27058	205101,322
16	2032	0,907826357	1855,801499	28881,35168	-233982,674
17	2033	0,953217675	1846,522492	30173,79217	-264156,466
18	2034	1,000878559	1837,289879	31524,06937	-295680,535
19	2035	1,050922487	1828,10343	32934,77148	-328615,307
20	2036	1,103468611	1818,962913	34408,6025	-363023,909
21	2037	1,158642042	1809,868098	35948,38746	-398972,297
22	2038	1,216574144	1883,919229	39290,1844	-438262,481
23	2039	1,277402851	1874,499633	41048,42015	-479310,901
24	2040	1,341272994	1865,127135	42885,33695	-522196,23
25	2041	1,408336643	1855,801499	44804,45578	-567000,694

Fonte: (FRANK, 2017).

Pela Tabela 7 é possível observar que o payback descontado está entre o 6 e 7 ano, logo o projeto está dentro da faixa esperada já que empresas de projetos fotovoltaicos trabalham com um payback de 6 anos.

4 ATIVIDADES COMPLEMENTARES

Além da atividade principal de elaboração de um projeto fotovoltaico para o bloco Educação Física foram desenvolvidas outras atividades como: balanceamento de cargas no campus de Monteiro, projeto elétrico e orçamentário para a guarita do bloco Educação Física. O Apêndice D apresenta o projeto elétrico da guarita.

4.1 PROJETO ELÉTRICO E ORÇAMENTO DA GUARITA DO BLOCO DE EF

No bloco de Educação Física, localizado no campus de Campina Grande, está sendo construída uma guarita para poder abrigar os funcionários de segurança, bem como para organizar as passagens de pessoas e automóveis pelo setor. Coube ao estagiário realizar o projeto elétrico e o orçamento desta obra. A Figura 10 apresenta a guarita do bloco de Educação Física.

Figura 10: Guarita do bloco Educação Física.



Fonte: (FRANK, 2017).

A guarita possui dois pavimentos, mas seu projeto foi dividido em três partes: Térreo, Térreo (Garagem) e Mezanino.

4.1.1 PROJETO ELÉTRICO

O projeto de instalações elétricas foi realizado de acordo com ABNT, através da norma NBR 5410:2008 e a NDU 001. Também foi utilizado o *software* Lumine V4 da AltoQi, como ferramenta de auxílio para a elaboração do projeto.

4.1.1.1 PREVISÃO DE CARGAS

De acordo com o levantamento dos equipamentos elétricos e eletrônicos os quais os vigilantes viriam utilizar, foram previstas todas as cargas segundo a NBR 5410, onde deixa fixa as condições mínimas de potência fornecida e quantidade de pontos nos locais de instalação. Pode-se ver na Tabela 8 a previsão de carga para o quadro de distribuição.

Tabela 8: Previsão de carga para o quadro de distribuição.

Ambiente	Iluminação (W)	TUG's(W)	TUE'S(W)	CARGA(W)
Terro	200	100	500	800
Mezanino	640	300	-	940
Garagem	80	-	-	80

Fonte: (FRANK, 2017).

Os pontos elétricos foram lançados respeitando as normas estabelecidas, bem como o bom senso e a sua funcionalidade na instalação. Estes foram lançados com auxílio do Lumine, de tal forma que fosse obedecido os critérios de capacidade de condução de corrente e queda de tensão.

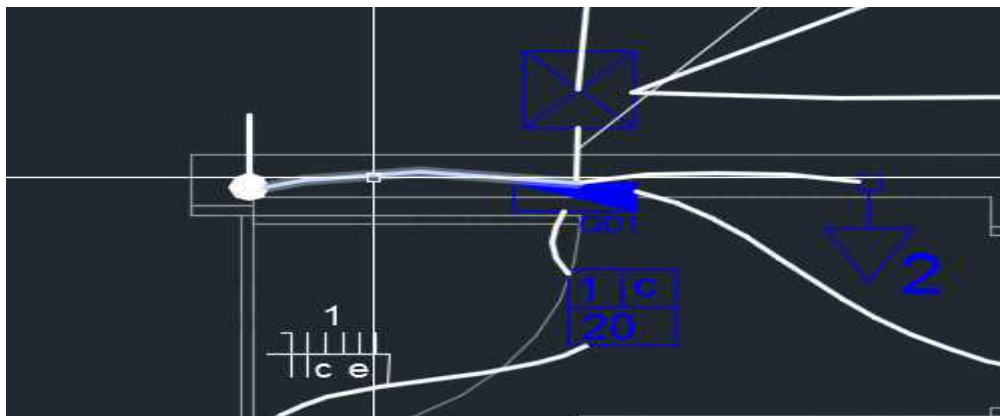
4.1.1.2 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

O quadro de distribuição do projeto foi dimensionado para abrigar todos os condutores e equipamentos de proteção, assim como deixar espaço suficiente para futura expansão de carga.

A localização do quadro distribuição foi escolhida de modo assegurar uma maior acessibilidade dos eletricitas e de possíveis manutenções. Como o projeto de construção da guarita já se encontrava executado, a localização do quadro foi escolhida

de forma a modificar de menor maneira possível a construção da guarita. Pode-se observar na Figura 11 o diagrama unifilar do quadro de distribuição.

Figura 11: Diagrama Unifilar do Quadro de distribuição.



Fonte: (FRANK, 2017).

4.1.1.3 DIVISÃO DE CIRCUITOS

Os circuitos foram divididos de maneira a adequar a melhor forma as questões de manutenção e proteção. Conforme prevê a NBR 5410, os circuitos de força foram isolados dos circuitos de iluminação. O projeto foi dividido em quatro circuitos:

- Iluminação;
- Tomadas;
- Motor;
- Iluminação externa.

4.1.1.4 DIMENSIONAMENTO DA FIAÇÃO, ELETRODUTO E PROTEÇÃO

O dimensionamento dos condutores foi feito via software, seguindo os requisitos dos métodos de condução de corrente, queda de tensão e capacidade de condução de corrente, estabelecidos pela NBR 5410. Todos os circuitos foram dimensionados após a correção da corrente pelos fatores de temperatura e agrupamento.

Os eletrodutos também foram dimensionados pelo Lumine V4, conforme a norma NBR 5410, obedecendo aos critérios de ocupação da seção transversal.

Os dispositivos de proteção também foram dimensionados através do Lumine V4, respeitando o critério de condução de corrente dos condutores. A Tabela 9 indica o

dimensionamento dos condutores e proteção dos circuitos referente ao quadro de distribuição.

Tabela 9: Dimensionamento dos condutores.

Circuito	Tensão (V)	Potência (W)	Potência (VA)	Corrente (A)	Seção Escolhida (mm²)	Disjuntor (A)
Iluminação	220	320	320	1.5	1.5	16
Tomadas	220	400	444	2.0	2.5	16
Motor	220	500	625	2.8	2.5	16
Iluminação Ext.	220	600	600	2.7	1.5	16

Fonte: (FRANK, 2017).

4.1.2 ORÇAMENTO

Como uma das atividades desenvolvidas pelo estagiário foi a elaboração do orçamento do projeto elétrico da guarita do bloco de educação física, para isso foi gerado a lista de materiais do projeto através do Lumine V4 e desta lista foi escolhido os itens que se julgou necessário para a realização do projeto.

O orçamento foi elaborado através da pesquisa dos itens e seus preços e serviços em sites confiáveis. O setor de projeto e engenharia da UEPB utiliza os sites do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE) e o Sistema de Preços Custos e Índices (SINAPI) para realização de orçamento.

Para a realização do orçamento foi utilizada uma planilha modelo do setor de projeto e engenharia, onde é constituída pelo código do produto, descrição do serviço, quantidade, o preço depois do acréscimo de 25% dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI). A planilha de orçamento e a liste de materiais está apresentada no Apêndice E.1 e E.2.

4.2 BALANCEAMENTO DO QUADRO DE CARGA EM MONTEIRO

Foi realizada uma visita ao campus VI da UEPB (Figura 12), localizado na cidade de Monteiro no estado da Paraíba, esta visita teve como objetivo verificar a distribuição de carga nos quadros deste campus, tendo em vista que foram relatados problemas de queda de tensão em vários aparelhos no período noturno. Estas quedas de tensão foram verificadas após a instalação de condicionadores de ar.

Figura 12: Campus de Monteiro.



Fonte: (FRANK, 2017).

A realização desta atividade apresentou o inconveniente de não possuir um projeto elétrico, o que dificultou a identificação das fases e dos circuitos em cada quadro.

O balanceamento de cargas deve ser previsto em qualquer projeto elétrico, desde projetos de distribuição até projetos elétricos prediais com alimentação trifásica. Visto que, para que haja um equilíbrio nas correntes, o projetista deve prever o balanceamento das cargas em uma instalação trifásica ou bifásica.

O desequilíbrio de corrente pode ocasionar sobrecargas em equipamentos e condutores, atuação indevida dos dispositivos de proteção e aumento das perdas técnicas de energia.

Então foram realizadas algumas medições pelo estagiário com a utilização de um alicate amperímetro Minipa ET-3200B. A Figura 13 apresenta o alicate amperímetro utilizado.

Figura 13: Amperímetro digital “Minipa – 3200B”.



Fonte: (FRANK, 2017).

As medições aconteceram no período da noite, este período foi escolhido para realizar as medições tendo em vista que é o período em que quase todas as cargas estavam sendo utilizadas, para realizar as medições foram ligadas todas as cargas possíveis.

A primeira medição a ser realizada foi feita no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), onde se verificou um desequilíbrio considerável entre as fases. A fase um estava com 119 A, já as fases dois e três estavam com cerca de 85 A.

Como informado pelo o electricista do campus os problemas começaram aparecer depois da instalação de condicionadores de ar. Logo realizando a medição no primeiro sub quadro, verificou-se que as correntes estavam bem distribuídas. A fase um apresentava um valor de 13 A, a fase dois apresentava uma corrente de 13,12 A e a fase três de 12,23 A.

Também foram realizadas medições de corrente no segundo sub quadro, onde pode se observar um desequilíbrio entre as fases. Logo foi reposicionado um condicionador de ar presente na fase de maior corrente para a fase de menor corrente. Foi possível constatar que a nova fase do ar-condicionado correspondia à fase dois do QGBT, pois com a mudança foi feita uma nova medição no QGBT e a corrente da fase um diminuiu, enquanto a corrente da fase dois aumentou.

Foram feitas medições nos dois sub quadros restantes, onde se verificou que estes estavam equilibrados. Logo foi feita uma ultima análise na QGBT, onde haviam sido instalados cinco condicionadores de ar, onde três eram trifásicos e dois monofásico. As cargas trifásicas não precisam ser analisadas, já que são instaladas nas três fases. Analisando os condicionadores de ar monofásicos, observou-se que estavam instalados na fase um e dois. Como a fase dois que estava com excedente de corrente, depois do reposicionamento do ar-condicionado, optou-se por retirar o ar condicionado dessa fase e reconectar na fase três.

Após essa mudança, o QGBT apresentou-se equilibrado. Duas semanas depois foi feito uma consulta ao electricista do campus de Monteiro e este informou que o problema de queda de tensão não voltou a acontecer. Pode-se ver na Figura 14 a medição de corrente no QGBT.

Figura 14: Medição de corrente no quadro geral de baixa tensão.



Fonte: (FRANK, 2017).

5 CONCLUSÃO

Este capítulo descreve de modo conclusivo as principais atividades realizadas pelo graduando durante o período que esteve cursando a disciplina de estágio supervisionado na UEPB.

Ao longo do período do estágio ficou evidenciada que o estágio supervisionado é uma disciplina de grande importância na formação dos engenheiros. O convívio com os engenheiros e os eletricitistas foi mostrado de grande importância para o amadurecimento profissional e ensinar a conviver em um ambiente de trabalho que exige uma diversidade de conhecimentos.

Durante este período também se percebeu a importância dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Instalações Elétricas, Laboratório de Instalações Elétricas, Equipamentos Elétricos e Proteção de Sistemas Elétricos, quanto as suas aplicabilidades nas atividades desenvolvidas.

As atividades desenvolvidas atingiram os objetivos propostos pelo Setor de Projetos e Arquitetura e as soluções apresentadas foram de fato consolidadas para melhorias na gestão da Universidade.

Por fim conclui-se que o estágio supervisionado cumpre com a proposta, inicia o estudante no mercado de trabalho com o acompanhamento e a supervisão dos engenheiros e prepara para o início da sua vida profissional.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro/RJ, 2008.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; **NBR 5444: Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais**. Rio de Janeiro/RJ, 1989.

CANADIAN. **Painel Solar Fotovoltaico Canadian CS6P 265P – Ficha Técnica**. Disponível em: <<http://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-de-265w-canadian-solar-cs6p-265p-78863>>. Acesso em: 6 fevereiro de 2017.

Chave Seccionadora Fotovoltaica Schneider C60NA. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/chave-seccionadora-fotovoltaica-schneider-c60na.html>>. Acesso em: 02 de março de 2017.

CUNHA, J. Tavares. **Problemas de Controle e Exploração de Grandes Unidades de Produção Solar Fotovoltaico**. 2014, 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto.

Dekfuse- Fusível C-10x38KFF. Disponível em: <<http://www.dekfuse.com.br/html/C-10x38KFF.php>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2017.

DPS Clamper VCL 275V. Disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br/protetor-dps-275v-40ka-vcl-clamper,product,2410603610151,dept,7006.aspx>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2017.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada. NDU 001 – Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras**, 2012.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada. NDU 002 – Fornecimento de energia elétrica em tensão primária**, 2014.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada. NDU 013 – Critérios para a conexão de acessantes de geração distribuída da energisa: conexão de baixa tensão**, 2015.

ENERGISA. **Tarifa de Tarifas**. Disponível em: <<http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipostarifas.aspx>>. Acesso em: 03 de março 2017.

Global Solar Atlas. Disponível em: <<http://globalsolaratlas.info>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2017.

Fronius - Inversor Fronius Symo 15.0-3-M light (15.000W). Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/inversor-fronius-symo-15-0-3-mlight15000w.html>>. Acesso em: 6 fevereiro de 2017.

Kit de Fixação Thesan para Montagem de painéis fotovoltaicos. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/kit-montagem-fixacao-thesan-telhado-inclinadoceramica-ganchos-3-paineis-fotovoltaicos.html>>. Acesso em: 8 fevereiro de 2017.

ORSE. Orçamento de obras de Sergipe. Disponível em: <<http://www.cehop.se.gov.br/orse/>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2017.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A, et al. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CRESESB, 2014. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: Setembro de 2017.

MULTI CONTACT. Conector MC4. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/conector-mc4-par.html>> . Acesso em: 10 de fevereiro 2017.

Porta Fusível Metaltex FH321. Disponível em: <<https://www.eletopecas.com/Produto/porta-fusivel-metaltex-fh321>>. Acesso em: 16 fevereiro de 2017.

SAMANEZ, Carlos Patrício. Engenharia Econômica. Ed. Prentice Hall. São Paulo, 2009.

Schneider - DPS PRD-DC40r. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/dps-schneider-prd-dc40r-1000pv-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2017.

Siemens - Disjuntor DIN 32 A. Disponível em: <http://www.leroymerlin.com.br/disjuntor-din-tripolar-250-440v-32a-siemens_85727404?origin=86b411cd049899bac0d2110a®ion=rio_grande_do_norte>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.

SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poderpublico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2017.

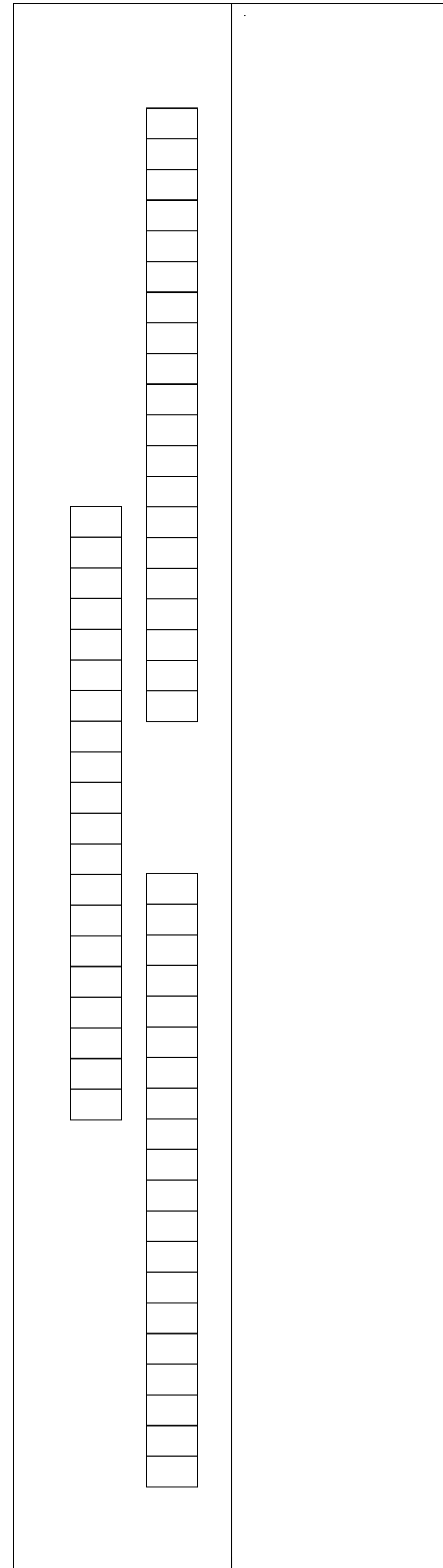
SOUSA, Ronilson. Unidade 2: Inversor Interativos - Análise de Características Técnicas. Bluesol, 2015.

SOUSA, Ronilson. Unidade 4: Projeto de Sistema Fotovoltaico Conectado á Rede - Dimensionamento de Condutores e Dispositivos de Seccionamento e Proteção. Bluesol, 2015.

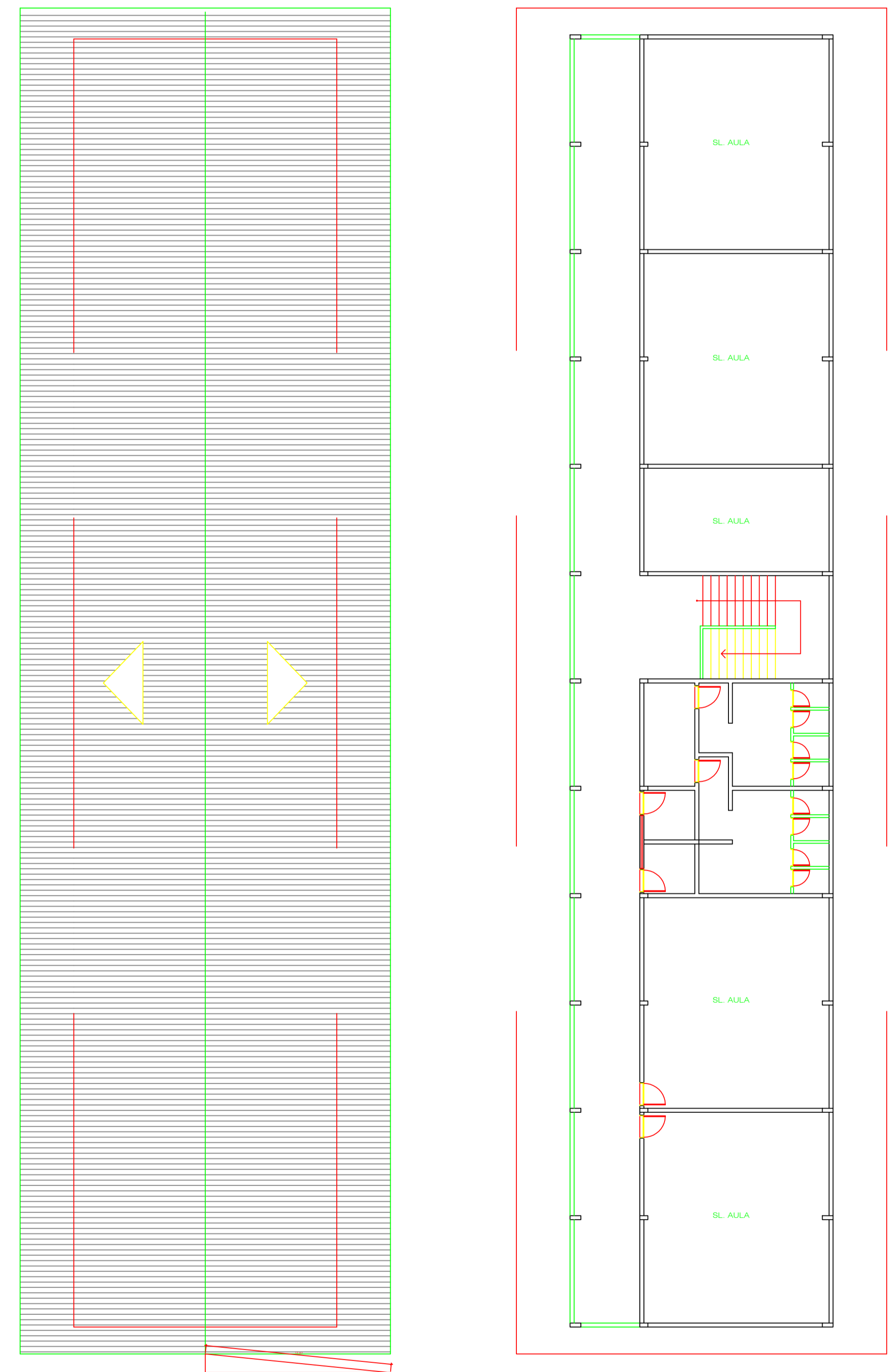
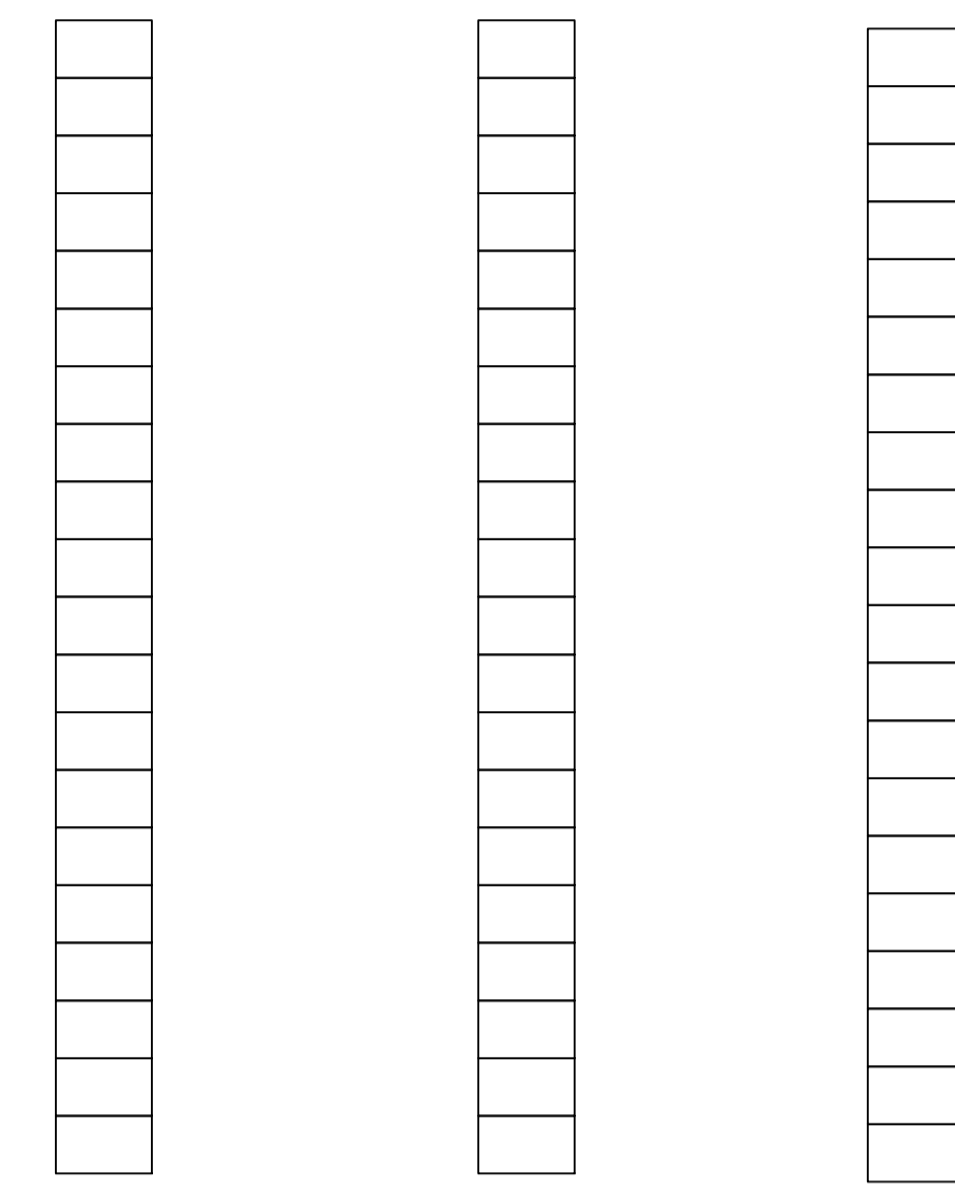
UEPB. Universidade Estadual da Paraíba. Disponível em: <<http://www.uepb.com.br/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2017.

APÊNDICE A – DISPOSIÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Disposição do Projeto



3 Strings com 20 módulos cada



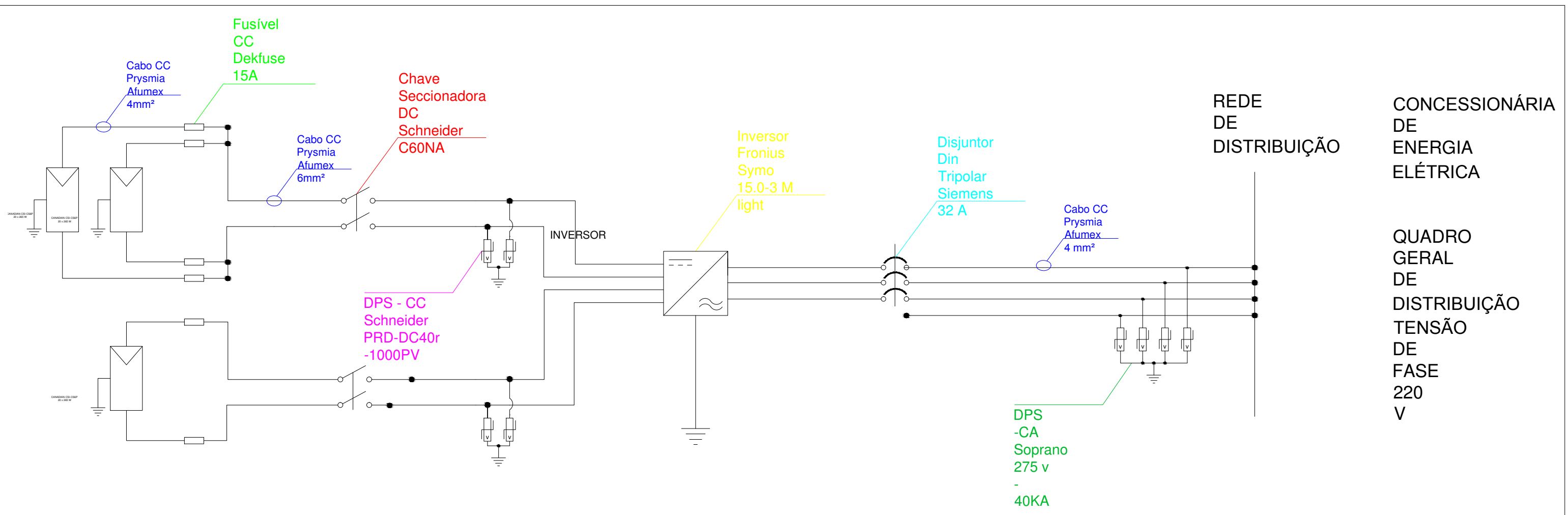
Universidade Federal de Campina Grande

Área Acadêmica de Expressão Gráfica

Expressão Gráfica Auxiliado por Computador

Título: Disposição do Projeto		Projetista: Frank Wesley Rodrigues		S. Projeção:	
Escala: 1:500	Prancha: PR - Unica	Unidade: mm	Controle: OK	Data: 20/02/2017	Visto:

APÊNDICE B - DIAGRAMA MULTIFILAR DO SFCR



— LEGENDA

-  — DISJUNTOR TRIPOLAR
-  — CHAVE SECCIONADORA
-  — VARISTOR
-  — FUSÍVEL DE PROTEÇÃO
-  — INVERSOR INTERATIVO CC/CA
-  — MÓDULO FOTOVOLTAICO

Universidade Estadual da Paraíba
Frank Wesley Rodrigues

APÊNDICE C - FORMAÇÃO DO ORÇAMENTO

Tabela 10: Orçamento das placas fotovoltaicas.

Placas Fotovoltaicas	
Quantidade de placas por string	20
Quantidade de string	3
Preço das Placas (R\$)	749
Total gasto com as placas (R\$)	44940

Fonte: Autor próprio.

Tabela 11: Orçamento dos cabos.

Cabos	
Comprimento 6mm	250
Comprimento 4mm	50
Preço do Cabo 6mm (R\$)	6,5
Preço do cabo 4mm (R\$)	4,8
Total gasto com cabo (R\$)	1865

Fonte: Autor próprio.

Tabela 12: Orçamento da chave – CC.

Chave –CC	
Quantidade de Chave	2
Preço da Chave (R\$)	289
Total gasto com Chaves (R\$)	578

Fonte: Autor próprio.

Tabela 13: Orçamento dos conectores.

Conectores	
Quantidades de MPPT	2
Quantidades de string	3
Conectores MC-4 (Macho -Fêmea)	5
Preço dos conectores MC-4 (Macho- Fêmea) (R\$)	23,8
PREÇO TOTAL (R\$)	119

Fonte: Autor próprio.

Tabela 14: Orçamento do disjuntor.

Disjuntor	
Quantidade de disjuntor	2
Preço do disjuntor (R\$)	78,9
Total gasto com disjuntor (R\$)	157,8

Fonte: Autor próprio.

Tabela 15: Orçamento da Estrutura.

Estrutura	
Quantidade de estrutura para 4 painéis	4
Preço da estrutura de 4 painéis (R\$)	1250
Quantidade de estrutura para 3 painéis	2
Preço da estrutura de 3 painéis (R\$)	940
Quantidade de conexão de trilhos	5
Preço da conexão de trilhos (R\$)	53,9
Total gasto com a estrutura (R\$)	7149,5

Fonte: Autor próprio.

Tabela 16: Orçamento dos Fusíveis.

Fusíveis	
Quantidade de fusíveis	10
Preço dos Fusíveis (R\$)	10,1
Quantidade de porta fusível	3
Caixa para Fúsizeis (R\$)	18,2
Total gasto com fusíveis (R\$)	155,6

Fonte: Autor próprio.

Tabela 17: Orçamento dos DPS.

Varistor	
Quantidade de varistor –CC	1
Preço do varistor - CC(R\$)	569
Quantidade de varistor –CA	6
Preço do varistor - CA(R\$)	105
Total gasto com varistor (R\$)	680

Fonte: Autor próprio.

APÊNDICE D- PROJETO ELÉTRICO DA GUARITA

Quadro de Cargas (QD1)

Circuito	Descrição	Esquema	V (V)	Pot. total. (VA)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	Ip (A)	Seção (mm ²)	Disj (A)
1	Iluminação	F+N	220 V	320	T			320	1.5	1.5	16.0
	a			20	T			20		1.5	
	b			40	T			40		1.5	
	c			40	T			40		1.5	
	d			20	T			20		1.5	
	e			120	T			120		1.5	
	f			40	T			40		1.5	
2	Tomadas	F+N+T	220 V	444	T			400	2.0	2.5	16.0
3	Motor	F+N+T	220 V	625	R	500			2.8	2.5	16.0
4	Iluminação Externa	F+N	220 V	600	S		600		2.7	1.5	16.0
	g			150	S		150			1.5	
	h			150	S		150			1.5	
	i			150	S		150			1.5	
	j			150	S		150			1.5	
TOTAL				1989	R+S+T	500	600	720			

O ramal de ligação (aproximadamente 26m) será derivado do medidor que se localiza no primeiro poste na entrada do setor de Educação Física, com extensão subterrânea.

Caixa de passagem 30 x30 30 em alvenaria, fundo brita.

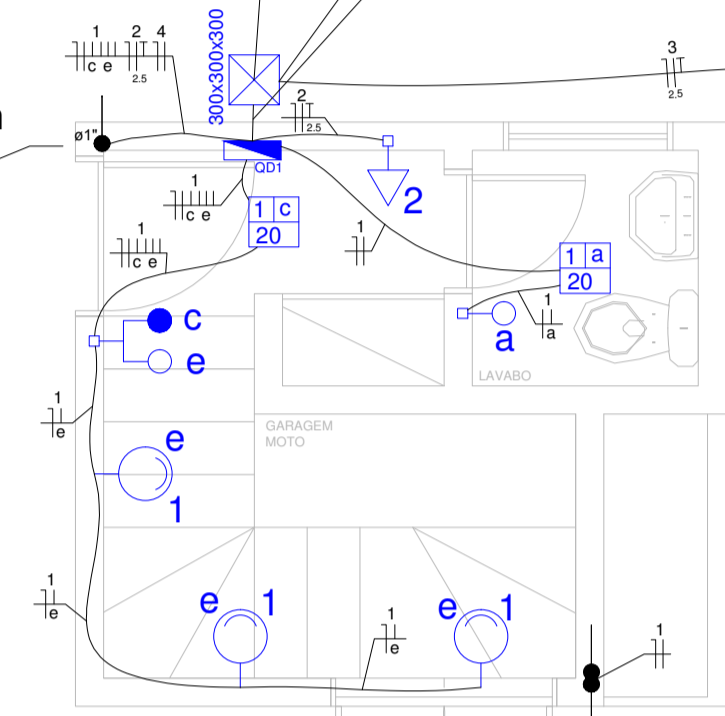
ALIMENTADOR

Caixa de inspeção com haste de aterramento 16x2400mm

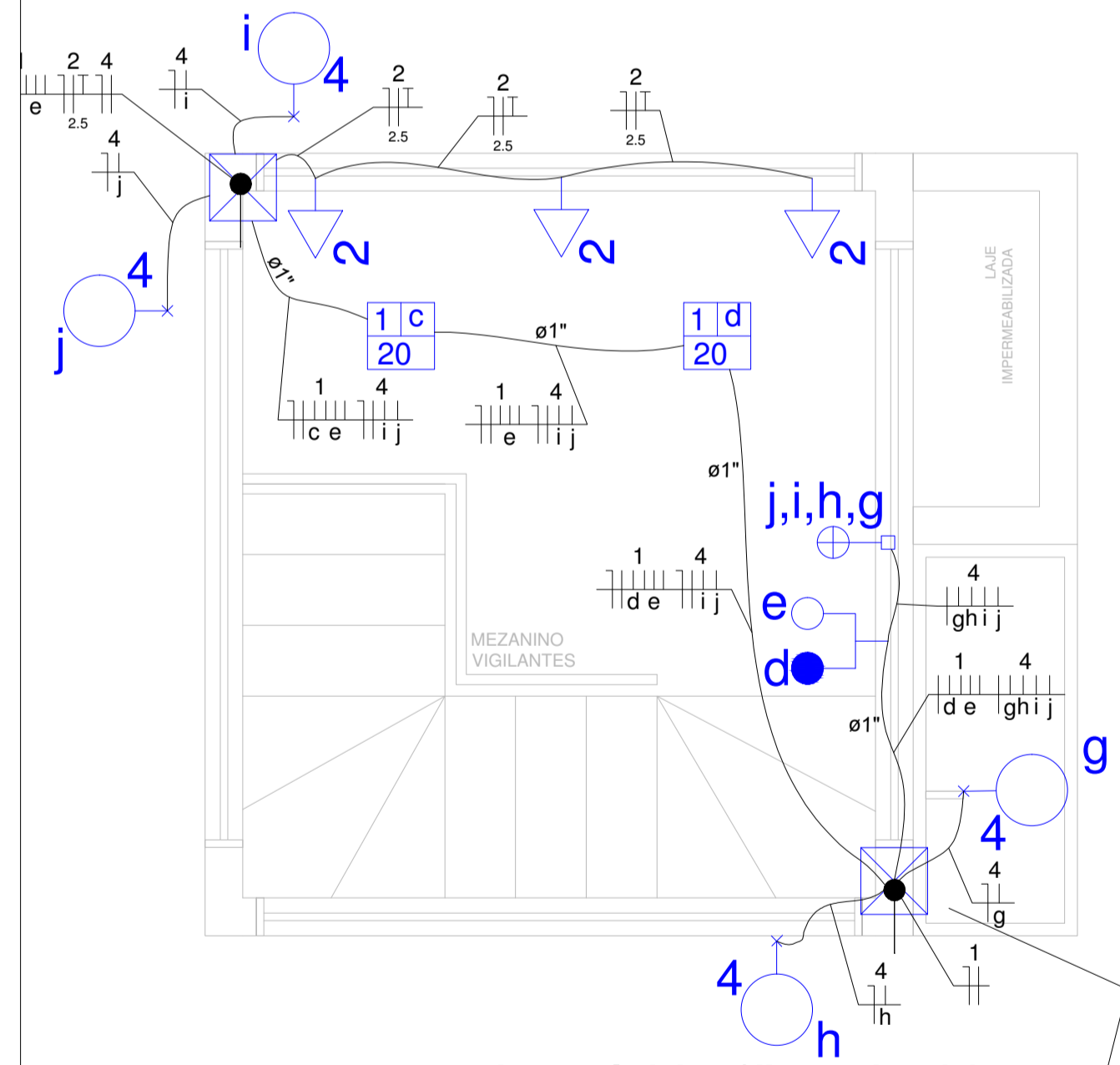
Eletroduto rígido roscável 1" envelopado (20cm) Somente o trecho da travessia

Ponto de energia para futura instalação de motor 1F

Instalar eletroduto rígido 1", embutido em alvenaria (detalhe sobre o pilar) para derivação dos circuitos do mezanino e refletores externos.



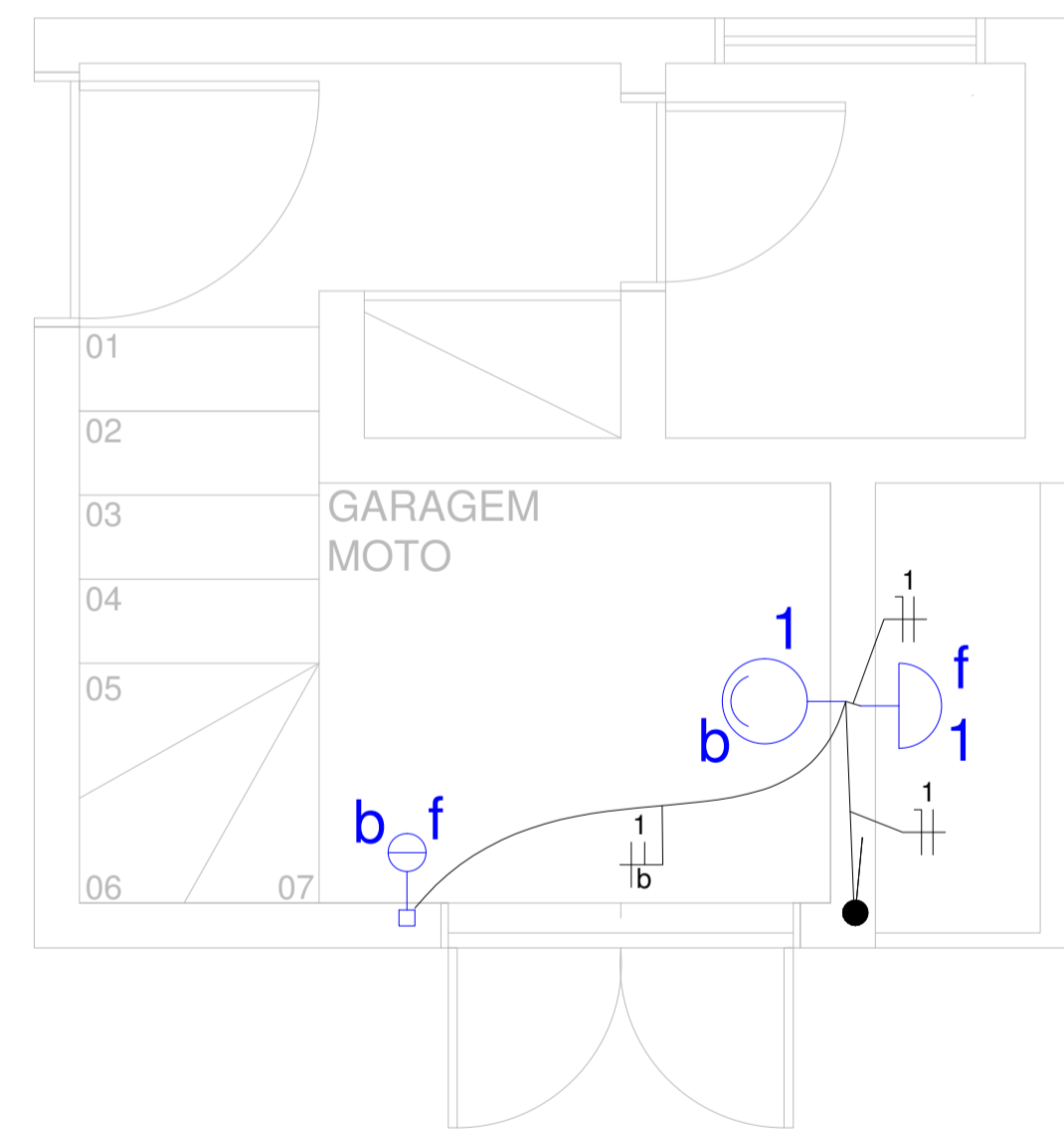
PLANTA BAIXA TÉRREO
Escala 1/50



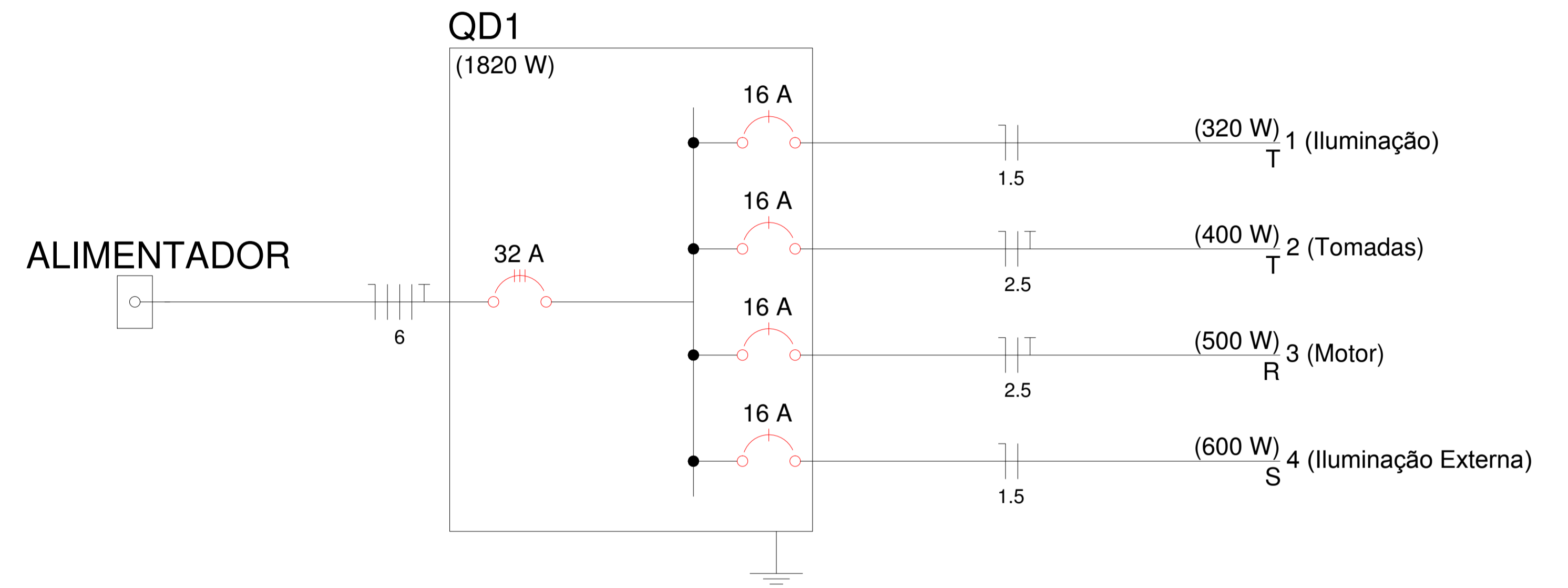
Instalar eletroduto rígido 1", embutido em alvenaria (detalhe sobre o pilar)

PLANTA BAIXA MEZANINO

Escala 1/50



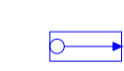
PLANTA BAIXA TÉRREO (GARAGEM)



Caixa de passagem de embutir na parede



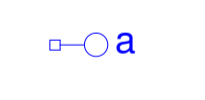
Caixa de passagem em alvenaria no piso, fundo brita



Entrada de serviço aérea



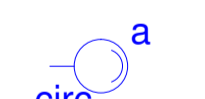
Interruptor 1 simples e 1 paralelo - 1,10m do piso



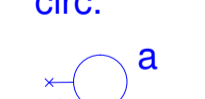
Interruptor simples 1 tecla - 1,10m do piso



Luminária tipo plafon



Luminária simples (Arandela)



Refletor para lâmpada de vapor



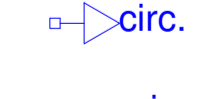
Luminária tartaruga oval a 0,40m do piso



Quadro de distribuição - embutir a 1,50m do piso



Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 10 A a 0,30m do piso



Ponto de energia monofásico para motor de portão no piso

APÊNDICE E.1 - LISTA DE MATERIAIS DA GUARITA

Tabela 18: Lista de materiais.

Elétrica - Acessórios p/ eletrodutos	
Caixa PVC	
4x2"	7 pç
4x4"	1 pç
Caixa PVC octogonal	
3x3"	13 pç
Curva 90° PVC longa rosca	
3/4"	1 pç
Luva PVC rosca	
1"	1 pç
3/4"	2 pç
Placa redonda cega	
8 mm	8 pç
Elétrica - Cabo Unipolar (cobre)	
Isol.PVC - 0,6/1kV (ref. Cobrecom Cobrenax Flexível)	
1.5 mm ² - Azul claro	45,80 m
1.5 mm ² - Outro	116,90 m
1.5 mm ² - Preto	14,70 m
1.5 mm ² - Vermelho	33,40 m
2.5 mm ² - Azul claro	15,00 m
2.5 mm ² - Marrom	6,50 m
2.5 mm ² - Verde-amarelo	13,40 m
2.5 mm ² - Vermelho	8,50 m
6 mm ² - Azul claro	27,50 m
6 mm ² - Marrom	27,50 m
6 mm ² - Preto	27,50 m
6 mm ² - Verde-amarelo	27,50 m
6 mm ² - Vermelho	27,50 m
Elétrica - Caixa de passagem – embutir	
Alvenaria	
300x300x300mm	3 pç
Tampa 300x300x50mm	3 pç
Aço pintada (ref Lukbox)	
100x100x80 mm	4 pç
Elétrica - Dispositivo Elétrico – embutido	
Placa 2x4"	
Interruptor simples & paralelo - 2 teclas separadas	1 pç
Interruptor simples - 1 tecla	1 pç
Placa p/ 1 função	3 pç
Placa p/ 2 funções retangulares	1 pç
Placa p/ 2 funções retangulares separadas	1 pç
Placa 4x4"	
Interruptor 2 teclas simples	2 pç
S/ placa	

Interruptor 2 teclas - simples e paralela	1 pç
Interruptor 2 teclas simples separadas	1 pç
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10 ^a	2 pç
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 20 ^a	1 pç
Elétrica - Dispositivo Elétrico – sobrepor	
Tomada de sobrepor	
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10 ^a	2 pç
Elétrica - Dispositivo de Proteção	
Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN	
32 A	1 pç
Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN	
16 A	4 pç
Elétrica - Eletroduto PVC flexível	
Eletroduto leve	
1"	3,30 m
3/4"	69,70 m
Elétrica - Eletroduto PVC rosca	
Braçadeira galvan. tipo cunha	
1"	8 pç
Eletroduto, vara 3,0m	
1"	9,50 m
1/2"	2,00 m
3/4"	3,00 m
Elétrica - Luminária e acessórios	
Arandela	
40 W	1 pç
Plafonier	
4"	1 pç
Soquete	
base E 27	13 pç
Spot	
1 compacta	4 pç
1 incandescente	8 pç
Elétrica - Quadro distrib. chapa pintada – embutir	
Barr. trif., disj geral, compacto - UL (Ref. Moratori)	
Cap. 12 disj. unip. - In barr. 100 A	1 pç

Fonte: Lumine V4.

APÊNDICE E.2 - ORÇAMENTO DA GUARITA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Tabela 19: Orçamento da guarita de educação física.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA BÁSICA						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UND	QUANT.	PREÇO (R\$)	
					UNITÁRIO	TOTAL
1		INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				5.564,30
1.1	07801/ORSE	Arandela de uso externo em alumínio pintado, com difusor em vidro transparente, ref: DP-2011-01, Lustres Projeto ou similar, completa	un.	5,00	65,30	326,50
1.2	91925/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 1,5 mm ² , anti-chama 0,6/1,0 kv, para circuitos terminais - fornecimento e instalação.	m	232,00	2,61	606,10
1.3	91927/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 2,5 mm ² , anti-chama 0,6/1,0 kv, para circuitos terminais - fornecimento e instalação.	m	48,00	3,51	168,60
1.4	91931/SINAPI	Cabo de cobre flexível isolado, 6 mm ² , anti-chama 0,6/1,0 kv, para circuitos terminais - fornecimento e instalação.	m	121,00	6,63	801,63
1.5	83446/SINAPI	Caixa de passagem 30x30x40 com tampa e dreno brita	un.	4,00	146,34	585,35
1.6	10793/ORSE	Caixa de passagem pvc, 4" x 2" cm, embutir, p/eletroduto	un.	17,00	10,93	185,73
1.7	00743/ORSE	Caixa de passagem pvc, 4" x 4" cm, embutir, p/eletroduto	un.	5,00	12,45	62,25
1.8	00777/ORSE	Caixa octogonal 4" x 4", em pvc, p/ ponto de luz embutido	un.	4,00	8,75	35,00
1.9	93654/SINAPI	Disjuntor monopolar tipo din, corrente nominal de 16A - fornecimento e instalação.	un.	4,00	10,71	42,85
1.10	93671/SINAPI	Disjuntor tripolar tipo din, corrente nominal de 32A - fornecimento e instalação.	un.	1,00	72,08	72,08
1.11	00353/ORSE	Eletroduto de pvc rígido roscável, diâm = 25mm (3/4")	m	28,00	9,40	263,20
1.12	00354/ORSE	Eletroduto de pvc rígido roscável, diâm = 32mm (1")	m	46,00	11,80	542,80
1.13	68069/SINAPI	Haste copperweld 5/8 x 3,0m com conector	un.	1,00	45,30	45,30

1.14	91957/SINAPI	Interruptor simples (1 módulo) com interruptor paralelo (1 módulo), 10A/250V, incluindo suporte e sem placa - fornecimento e instala.	un.	2,00	34,28	68,55
1.15	91953/SINAPI	Interruptor simples (1 módulo), 10A/250V, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação.	un.	1,00	18,86	18,86
1.16	91959/SINAPI	Interruptor simples (2 módulos), 10A/250V, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação.	un.	1,00	29,89	29,89
1.17	91975/SINAPI	Interruptor simples (4 módulos), 10A/250V, incluindo suporte e placa - fornecimento e instalação.	un.	1,00	55,78	55,78
1.18	08324/ORSE	Plafon E-27 - fornecimento e instalação	un.	4,00	7,69	30,75
1.19	83463/SINAPI	Quadro de distribuicao de energia em chapa de aco galvanizado, para 12 disjuntores termomagneticos monopolares, com barramento trifasico e neutro - fornecimento e instalação	un.	1,00	390,43	390,43
1.20	74246-001/SINAPI	Refletor retangular fechado com lampada vapor metalico 400 w	un.	4,00	287,89	1.151,55
1.21	00478/ORSE	Tomada 2p + t, ABNT, de embutir, 10 A, com placa em pvc	un.	4,00	20,28	81,10
TOTAL GERAL EM R\$						5.564,30

Fonte: Autor próprio.