



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Aleff Vinícius Araújo Gomes Passos

Relatório de Estágio Supervisionado LABMET - UFCG

Campina Grande, Paraíba

Março de 2018

Aleff Vinícius Araújo Gomes Passos

Relatório de Estágio Supervisionado LABMET - UFCG

Relatório de Estágio Supervisionado apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Sistemas Elétricos de Potência

Orientador: Edmar Candeia Gurjão

Campina Grande, Paraíba

Março de 2018

Aleff Vinícius Araújo Gomes Passos
Relatório de Estágio Supervisionado
LABMET - UFCG/ Aleff Vinícius Araújo Gomes Passos. – Campina Grande,
Paraíba, Março de 2018-
29 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Edmar Candeia Gurjão

Relatório de Estágio Supervisionado – Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, Março de 2018.

Aleff Vinícius Araújo Gomes Passos

Relatório de Estágio Supervisionado LABMET - UFCG

Relatório de Estágio Supervisionado apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em ____ / ____ / ____

Leimar de Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Edmar Candeia Gurjão

Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Campina Grande, Paraíba

Março de 2018

A Maria José de Araújo Gomes Passos e Franciraldo Passos Gomes.

Agradecimentos

A Deus, por até aqui ter sido meu sustento; a Lorena Bandeira, por ter sido grande responsável pela obtenção desse estágio, a Edmar Gurjão, pela paciência e solicitude para celeridade do projeto; a Andre Wild, por todo apoio na parte técnica até então.

*"Até aqui nos ajudou o Senhor."
(1 Samuel 7:12)*

Resumo

Este relatório têm por objetivos relatar os conhecimentos e experiências adquiridos durante o estágio supervisionado realizado no Laboratório de Metrologia *Laboratório de Metrologia de Campina Grande (LabMet) - UFCG*, no período compreendido entre 2 de Janeiro de 2018 e 7 de Março de 2018. As principais atividades desenvolvidas foram: estudo de softwares de simulação com ênfase em sistemas fotovoltaicos; modelagem física de ambientes para iluminação e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos isolados. Os objetivos proposto foram satisfatoriamente atingidos.

Palavras-chave: sistemas fotovoltaicos; energia renovável.

Abstract

The purpose of this report is to show the knowledge and experience gained during the supervised training carried out in the Laboratory of Metrology of Campina Grande (LabMet) - UFCG, in the period between January 2, 2018 and March 7, 2018. The main activities developed were: study of simulation software with emphasis in photovoltaic systems; physical modeling of environments for illumination and dimensioning of isolated photovoltaic systems. The objectives proposed were satisfactorily achieved

Keywords: photovoltaic systems; renewable energy.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Sistema fotovoltaico genérico	15
Figura 2 – Curva P-V	16
Figura 3 – Dispositivo de MPPT	18
Figura 4 – Ambiente de Simulação do DIALux	20
Figura 5 – Subsolo LabMet	20
Figura 6 – Fachadas do LabMet	21
Figura 7 – Cobertura do LabMet	21
Figura 8 – Projeto no AutoCAD	22
Figura 9 – LabMet projetado no DIALux	23
Figura 10 – Luminária Philips utilizada na fachada do LabMet	24
Figura 11 – Luminária utilizada nos postes	24
Figura 12 – irradiação Solar em Campina Grande	26

Lista de tabelas

Tabela 1 – Parâmetros do módulo ASTRONERGY CHSM6610P-260	27
--	----

Lista de abreviaturas e siglas

LabMet	Laboratório de Metrologia de Campina Grande
UFCEG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
MPPT	Maximum Power Point Tracking
SFI	Sistemas Fotovoltaicos Isolados
SFC	Sistemas Fotovoltaicos Conectados
SFV	Sistemas Fotovoltaicos
HSP	Horas de Sol Pleno
A	Ampere
W	<i>Watt</i>
<i>off-grid</i>	Desconectado da rede
<i>on-grid</i>	Conectado à rede
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
E_d	Consumo diário da carga
k_a	Fator de envelhecimento
k_{dod}	Profundidade de descarga
k_t	Fator de correção de temperatura
P_{FV}	Potência de pico dos módulos fotovoltaicos
TD	Taxa de desempenho

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Local do Estágio	13
1.2	Objetivos do estágio	14
1.3	Atividades Realizadas	14
1.4	Estrutura do Trabalho	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Módulos Fotovoltaicos	16
2.2	Baterias	17
2.3	Controlador de Carga	17
2.4	Inversor	18
3	DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	19
3.0.1	DIALux	19
3.0.1.1	AutoCAD	21
3.0.1.2	Materiais utilizados	24
3.1	Dimensionamento das Baterias	25
3.2	Módulos Fotovoltaicos	26
3.2.1	Níveis de Irradiação no Local	26
3.2.2	Potência Instalada	26
3.2.3	Quantidade de Módulos	27
3.2.4	Inversor	27
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS	29

1 Introdução

O curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande conta com uma estrutura curricular que tem como disciplina obrigatória o Estágio, sendo ele de forma Integrada ou Supervisionado, que dentre outras coisas, tem como principal diferença a carga horária empregada.

O Estágio apresenta como pré-requisito a conclusão de todas as disciplinas classificadas como obrigatórias para término da graduação. A ementa trata de tópicos variados de estágio em empresas, institutos ou laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, na operação, desenvolvimento e pesquisa em engenharia elétrica, conforme programação específica.

Ao término da disciplina o aluno deve apresentar uma relatório, de forma obrigatória, que descreva as atividades realizadas no estágio, bem como o aprendizado adquiridos na execução das tarefas.

1.1 Local do Estágio

O estágio foi realizado nas dependências da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), que trata-se de uma instituição de ensino superior pública de nível federal, cuja sede fica em Campina Grande no Estado da Paraíba. A UFCG foi criada através da Lei nº. 10.419 de 9 de abril de 2002. Além da sede localizada em Campina Grande, a universidade conta com mais seis campi localizados nas cidades de Pombal, Patos, Sousa, Cajazeiras, Cuité e Sumé.

A UFCG surgiu como uma das mais importantes instituições de ensino superior federais das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Foi criada a partir do desmembramento da então Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Sendo reconhecida como uma das maiores entre as instituições de ensino superior dá-se, não só pelo seu tamanho, mas também pelo alto padrão de qualidade expresso em termos de ensino, pesquisa, extensão e produção científica.

O Laboratório de Metrologia de Campina Grande (LabMet) faz parte da UFCG sendo um laboratório de pesquisa que tem como finalidade promover a criação, o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de atividades de referência em ensaio e calibração de sistemas elétricos.

O LabMet tem pesquisas em diversas áreas, uma delas é medição de energia, qualidade de energia e fontes renováveis de energia elétrica, área na qual a pesquisa desenvolvida no estágio foi realizada.

1.2 Objetivos do estágio

O principal objetivo do estágio foi realizar um estudo sobre implementação de módulos fotovoltaicos para alimentação independente de cargas no LabMet, sejam de iluminação ou circuitos comuns de força. Outro auxiliar a equipe técnica, em termos de desenvolver projetos elétricos no ambiente *AutoCAD* e *DIALux*.

1.3 Atividades Realizadas

As atividades realizadas foram em grande parte nas dependências do LabMet, sendo estas:

- Levantar os métodos e tecnologias usadas na instalação de módulos fotovoltaicos em sistemas *off-grid*.
- Auxiliar o restante da equipe de pesquisa nos assuntos de interesse do laboratório ou do supervisor Edmar Candeia Gurjão;
- Estudo e elaboração de plantas locais.

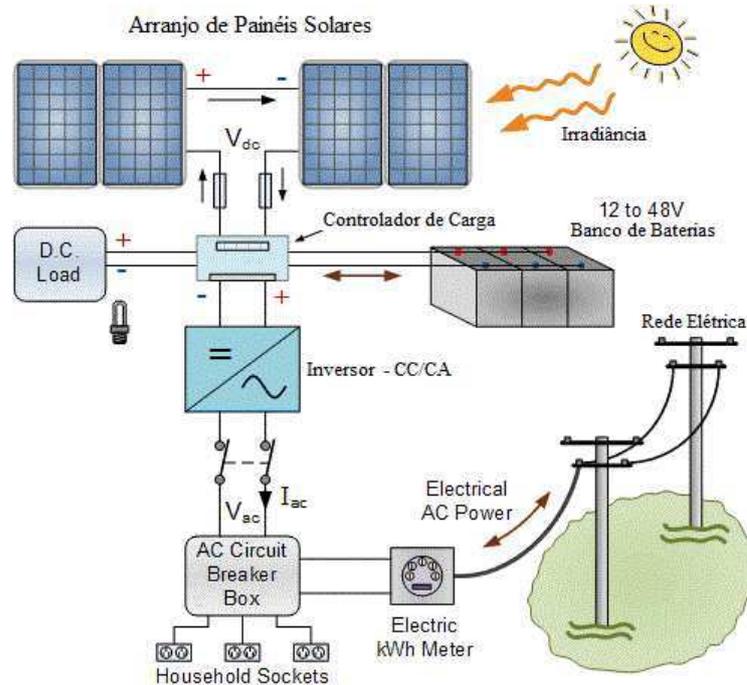
1.4 Estrutura do Trabalho

O tópico inicial trata de introduzir o relatório, contextualizando-o no ambiente em que foi desenvolvido. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, os conceitos e definições à cerca do tema em que o trabalho foi desenvolvido. O tópico seguinte trás os métodos e sistemas utilizados para elaboração do projeto e por fim, o último capítulo conclui sobre o trabalho realizado.

2 Fundamentação Teórica

Dentre os elementos que compõem um sistema fotovoltaico temos um bloco gerador, um bloco condicionador de potência e, de maneira não obrigatória, um bloco de acumuladores de energia. Um sistema desse gênero é capaz de produzir e/ou armazenar energia proveniente da radiação solar. São ditos sistemas isolados ou *off-grid* por não estarem conectados à rede de distribuição de energia elétrica local. O bloco gerador é constituído por um arranjo de módulos solares que geram corrente a partir da radiação neles incidente. O bloco responsável pelo condicionamento de potência contém conversores do tipo CC/CC conectado a um dispositivo do tipo MPPT (*Maximum Power Point Tracking*), inversores de frequência, controladores de carga (geralmente em sistemas *off-grid*), bem como dispositivos de controle, proteção e monitoramento. O conjunto de armazenamento é constituído por dispositivos armazenadores de energia, também comumente chamados de baterias. Esse tópico, portanto, trata da descrição do funcionamento de cada dispositivo conectado aos módulos fotovoltaicos acima descritos. Como ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Dispositivos de um sistema fotovoltaico.



Fonte: Adaptado de (ALTERNATIVE...).

Os sistemas fotovoltaicos podem dividir-se em duas principais categorias: Sistemas fotovoltaicos isolados (SFI) e sistemas fotovoltaicos conectados (SFC). Sistemas fotovoltaicos isolados, também chamados de sistemas *off-grid*, consistem em sistemas que não

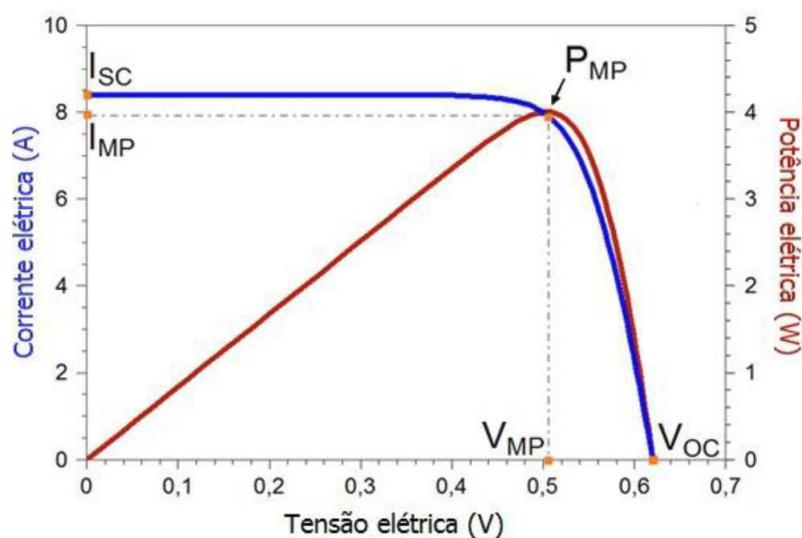
são conectados à rede de fornecimento elétrica distribuída. Logo, a geração e consumo mantém-se no local. Esse modelo de sistema é bastante utilizado em lugares remotos onde não há fornecimento adequado de energia elétrica e também em locais acometidos por catástrofes ambientais. Já os sistemas conectados são denominados como *on-grid* e são o oposto dos SFI, havendo conexão com a rede de distribuição para possível monetização da potência gerada, cujo excedente é acrescido na rede podendo gerar créditos para o proprietário.

Nesse trabalho o foco se deu em sistemas fotovoltaicos isolados, ou também chamados *off-grid*.

2.1 Módulos Fotovoltaicos

A unidade essencial de um SFV é o gerador fotovoltaico, também chamado de painéis solares. A energia por eles gerada é proveniente da incidência de radiação solar direta e indireta. Os ensaios básicos de módulos fotovoltaicos são feitos considerando uma irradiância de 1000 W/m^2 , nessas condições uma típica célula fotovoltaica (dispositivo capaz de converter a luz solar em energia elétrica) tem capacidade de produzir uma potência próxima a 4 W , correspondendo a $0,5 \text{ V}$ de tensão e uma corrente contínua na ordem de 8 A . A união de várias células em um único módulo é o que dá origem a placa fotovoltaica que constitui as matrizes de geração de energia solar. Sua curva característica (I x V) é representada graficamente na Figura 2.

Figura 2 – Potência elétrica em função da tensão elétrica de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Adaptado de (PINHO; GALDINO, 2014)

2.2 Baterias

Também conhecido como acumuladores de energia, as baterias são os elementos responsáveis por o armazenamento de energia elétrica produzido pelos geradores fotovoltaicos. São componentes obrigatórios em sistemas fotovoltaicos isolados, visto que as intempéries climáticas interferem na geração de energia elétrica dos painéis, dessa forma as baterias ou banco de baterias devem atender a demanda nesses períodos nos quais a geração é nula ou insuficiente.

As baterias utilizadas em sistemas fotovoltaicos tem um valor comercial mais elevado que outros tipos de bateria, por se tratarem de dispositivos com uma maior vida útil, o que se traduz em mais ciclos de carga e descarga. As tensões usualmente utilizadas são: 12 V_{CC} , 24 V_{CC} , 48 V_{CC} e 60 V_{CC} .

A capacidade energética de uma bateria é expressa em ampère-hora (1 A.h = 3600 coulombs), que na prática pode ser definido como a sendo a corrente que a bateria consegue fornecer por um período de uma hora.

2.3 Controlador de Carga

Os controladores de carga geralmente são componentes dos SFI, cujo objetivo principal é proteger o banco de baterias contra variações bruscas de tensão e cargas e descargas excessivas, aprimorando assim a vida útil da mesma. Também é conhecido como "regulador de carga" ou "regulador de tensão". Como componente essencial em SFI, a qualidade do controlador de carga deve ser assegurada, já que os danos sofridos pelo banco de baterias pode ser irreparável, sendo que este último corresponde a uma grande parcela do investimento financeiro de sistemas fotovoltaicos.

Sua utilização permite otimizar as dimensões do banco de bateria, além de oferecer um maior nível de proteção ao sistema. Os controladores de carga tem como função desconectar os módulos fotovoltaicos no momento em que as baterias estejam com carga total e interromper o fornecimento de energia no momento em que sua carga estiver em nível baixo, representando provável comprometimento da vida útil. A seguir a Figura 3 demonstra um modelo de SFI com a inserção de um controlador de carga.

Os controladores de carga atualmente disponíveis no mercado utilizam a técnica de otimização que buscam o ponto de máxima potência dos módulos fotovoltaicos, chamado de *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) e desempenham um papel importante nos SFV, pois: i) maximizam a potência de um sistema para um determinado conjunto de condições; ii) maximizam a eficiência global do sistema; iii) garantem que os painéis operem no ponto de máxima potência, mesmo que sofram intermitências na geração, devido a mudança de intensidade de radiação solar, temperatura ou mudança de carga.

Figura 3 – Modelo de Controlador de Carga com uso de MPPT.



Fonte: Amazon.

2.4 Inversor

O inversor é um equipamento capaz de converter corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), sua utilização em sistemas fotovoltaicos dá-se no caso em que as cargas a serem alimentadas são circuitos de corrente alternada. A corrente contínua que o alimenta pode ser proveniente de baterias, células de carga ou módulos fotovoltaicos. Entre suas características elétricas estão: potência, tensão de operação (DC/AC), modelo monofásico ou trifásico, eficiência, forma de onda.

3 Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos

Dentre as atribuições do estágio no LabMet estava a de executar planejamentos e projetos no setor energético para aprimoramento do prédio e suas dependências. O projeto proposto pelo orientador foi o de projetar um sistema fotovoltaico para uma carga inicialmente reduzida como por exemplo, garantir a iluminação externa do prédio de forma totalmente independente da rede de distribuição.

Para execução desse projeto o primeiro passo foi o dimensionamento da carga a ser instalada. Por se tratar de iluminação, seria razoável utilizar o *DIALux* como meio de prever a quantidade de luminárias e a potência das mesmas.

3.0.1 DIALux

DIALux é um programa de desenho tridimensional que permite criar efeitos de iluminação reais em qualquer lugar, sejam eles fechados como ambientes internos de uma casa, ou ambientes externos ou ruas, como é o caso desse trabalho.

Dentre os recursos do programa temos:

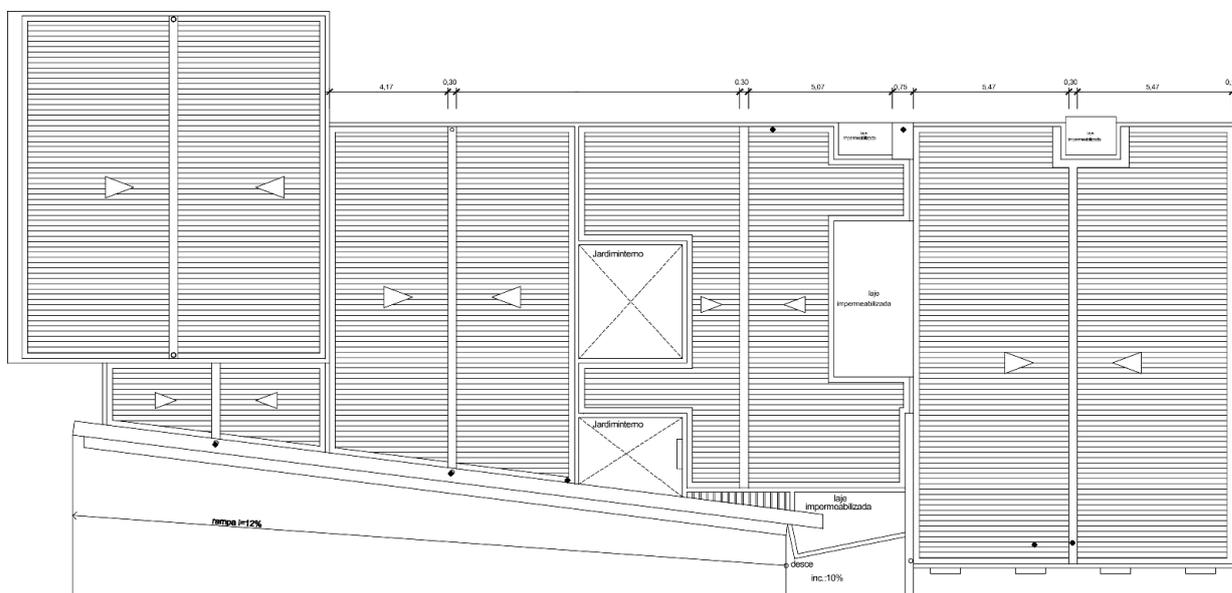
- Elaboração de planta baixa;
- Elaboração de planta tridimensional;
- Aplicação de cores e texturas com características semelhantes as reais;
- Aplicação de efeitos de iluminação em diversos ambientes;
- Utilização de *plugins* disponibilizado pelas empresas que trazem todos os parâmetros dos produtos de iluminação por elas oferecido.

Figura 6 – Planta das fachadas do LabMet



Fonte: Adaptado da Prefeitura UFCG.

Figura 7 – Planta da cobertura do LabMet



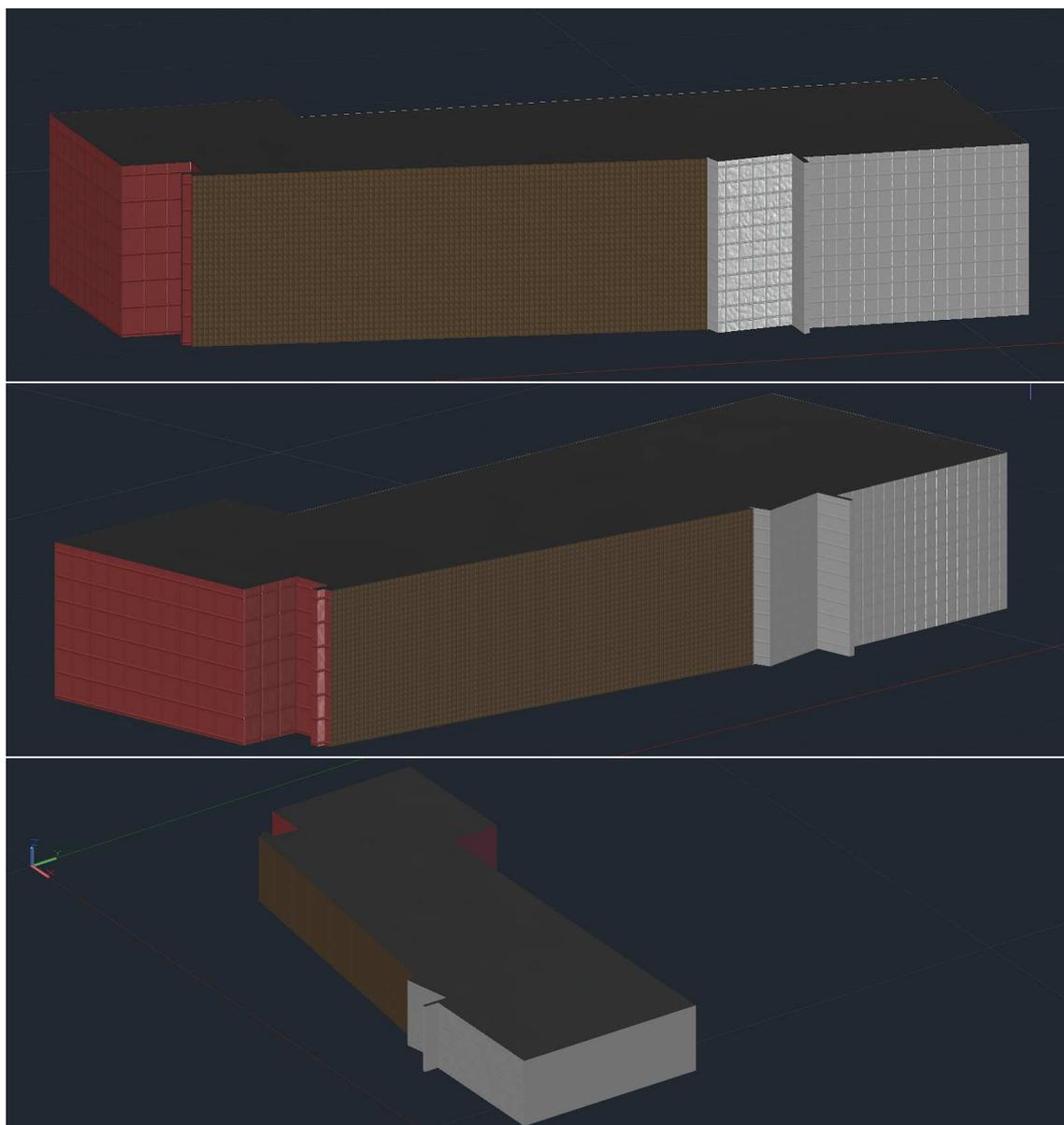
Fonte: Adaptado da Prefeitura UFCG.

3.0.1.1 AutoCAD

De posse dessas plantas foi possível elaborar um modelo tridimensional do laboratório com o auxílio de software como o *AutoCAD*. Importando os modelos 2D e aplicando

alguns comandos extrusão (comando para criar sólidos em 3D) foi possível obter um protótipo, mostrado na Figura 8.

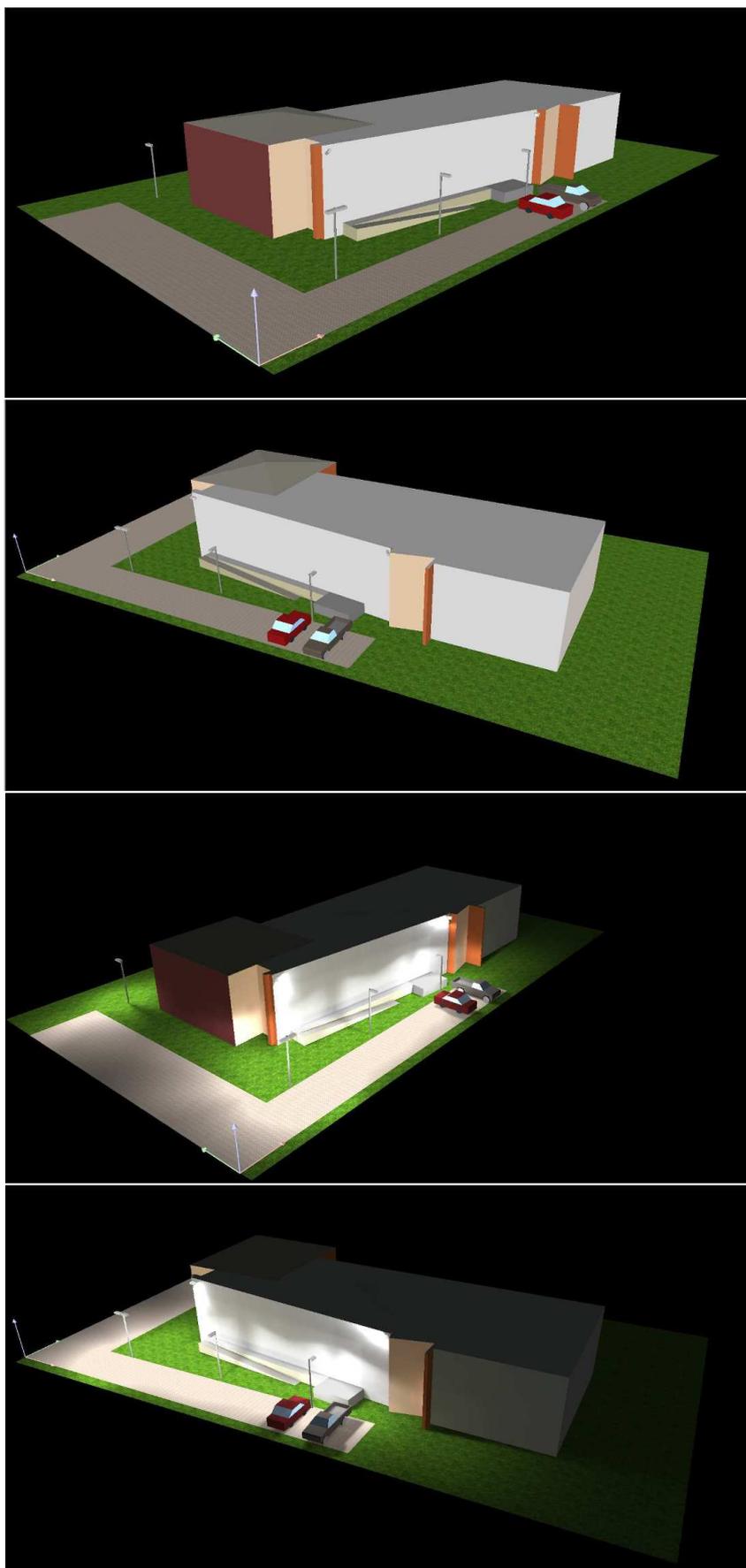
Figura 8 – Modelo tridimensional feito no AutoCAD.



Fonte: Autoria própria.

Após a construção do modelo 3D do laboratório, foi necessário a utilização do software SketchUp, de propriedade do Google, para conversão e adequação para o formato ".3ds", unico formato aceito pelo DIALux na importação de blocos. Dessa forma o LabMet foi inserido no ambiente de simulação do DIALux como um único bloco ou volume. Como mostrado na Figura 9

Figura 9 – LabMet antes e depois do efeito de iluminação.

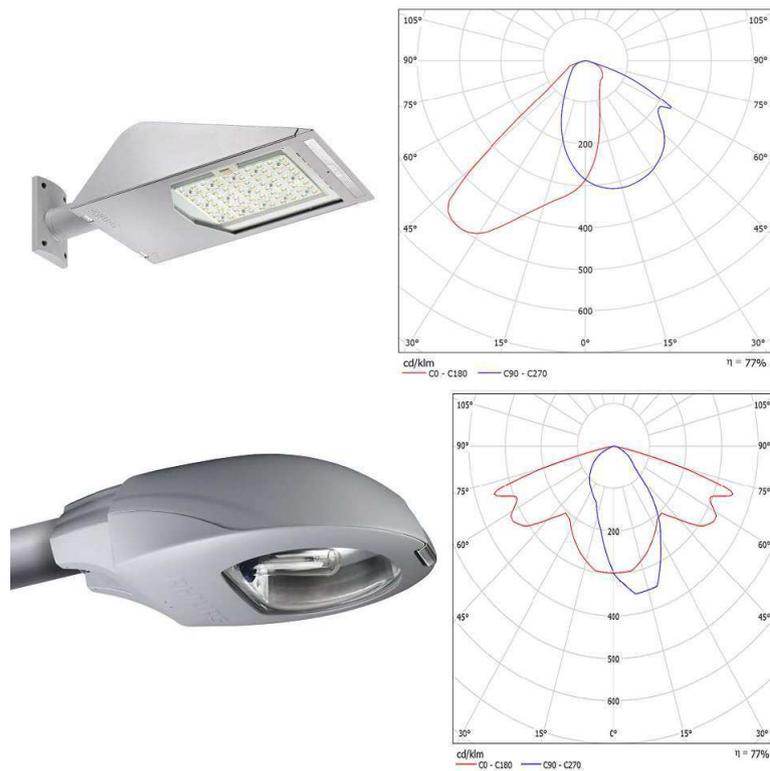


Fonte: Autoria própria.

3.0.1.2 Materiais utilizados

Para a aplicação desse efeito de iluminação foi utilizando um plugin, fornecido pela empresa *Philips* nele esta presente todos os produtos atualizados do catálogo da empresa. Para esse trabalho em questão foi utilizado as luminárias *PHILIPS BWP333 T25 1xECO151-3S* para a fachada e a *PHILIPS SPP186 GB 1xSON-TPP250W SGR 220* para os postes.

Figura 10 – Luminária utilizada na fachada.



Fonte: Adaptado da Philips.

Figura 11 – Luminária para iluminação do estacionamento.



Fonte: Adaptado da Philips.

Por fim chegamos a uma carga total de 1634W a ser alimentada de forma independente pelos módulos que serão posteriormente dimensionados. A expectativa é que as luminárias sejam alimentadas por 10 horas diárias, no período compreendido entre 18:00 h e 4:00 h. Sendo assim o consumo será de 16.34 kWh/dia.

3.1 Dimensionamento das Baterias

Para o correto dimensionamento do banco de baterias é preciso calcular o fluxo de corrente necessário para alimentar esse circuito diariamente, que seria a capacidade mínima do banco dada por(BATTERY... ,):

$$C_{min} = \frac{E_d \times k_a \times k_c \times k_t}{V_{dc} \times k_{dod}} \quad (3.1)$$

Onde:

- E_d : É o consumo diário da carga (VAh);
- k_a : É o fator de envelhecimento(%);
- k_{dod} : É a profundidade de descarga(%);
- k_t : Trata-se do fator de correção de temperatura(%);
- V_{dc} : Tensão nominal da bateria.

Utilizando o valor calculado de 16.34kWh/dia, para um banco de baterias com tensão nominal de 48V e adotando os valores padrões para os demais parâmetros, temos:

$$C_{min} = \frac{16340 \times 1,25 \times 1,1 \times 0,956}{48 \times 0,8} = 607,95Ah/dia \quad (3.2)$$

Para que a vida útil da bateria seja mantida, deve-se considerar um nível de descarga máximo de 70%, e, a partir disso o sistema é sobredimensionado. Dividindo o fluxo por 0.7 obtém-se então um fluxo de 868.5 Ah/dia.

Portanto para esse sistema, comando como base os modelos de baterias estacionárias comuns no mercado brasileiro, que entregam 240Ah a 48V, chega-se ao número de 3.61 baterias, fazendo o arredondamento superior lógico, tem finalmente um banco composto por 4 baterias estacionárias que, além de suprirem a necessidade energética do sistema proposto, acrescentam uma margem de 10% de folga.

Para esse caso, o dimensionamento do controlador de carga deve observar apenas a potência total do sistema e a tensão de saída das placas a serem utilizadas. Há bastante limitação de mercado quanto a isso, portanto um dimensionamento de forma científica não é, por vezes, satisfeito.

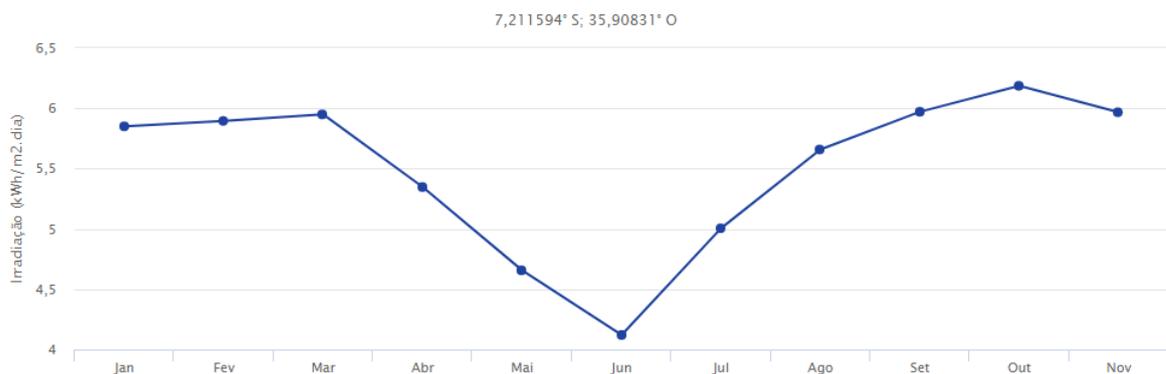
3.2 Módulos Fotovoltaicos

Para o efetivo dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Isolados alguns cálculos devem ser feitos. A seguir equações essenciais para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas

3.2.1 Níveis de Irradiação no Local

Antes de estimar a produção de energia elétrica deve-se considerar a quantidade total de energia diária que incide sobre a superfície de instalação dos módulos fotovoltaicos. Sendo assim, uma forma eficaz de fazer isso é expressar o valor de energia solar acumulado ao longo do dia, o que é denominado de Horas de Sol Pleno (HSP), que seria um valor representativo para constância da irradiância solar estabelecida em $1000\text{W}/\text{m}^2$. Na Figura 12 é possível ver os valores de irradiância solar média na cidade de Campina Grande durante os meses do ano.

Figura 12 – Irradiação Solar no Plano Horizontal em Campina Grande.



Fonte: (SUNDATA,).

A partir dos dados fornecidos pelo gráfico chegou-se a uma irradiância solar mensal média de $5,33\text{ kWh}/\text{m}^2\cdot\text{dia}$, o que equivale a $5,33\text{ h}/\text{dia}$ (HSP).

3.2.2 Potência Instalada

A potência de um microgerador para composição de um SFI pode ser calculada através da Equação 3.3 (PINHO; GALDINO, 2014).

$$P_{FV} = \frac{E}{TD \times HSP} \quad (3.3)$$

- P_{FV} : Potência de pico do arranjo fotovoltaico;
- E (Wh/dia): Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste;

- HSP (h/dia): Média diária anual das HSP incidente no plano do painel FV;
- TD - Taxa de desempenho (adimensional).

Considerando uma taxa de desempenho de 80% e horas de sol por dia na cidade de Campina Grande, temos:

$$P_{FV} = \frac{16340}{0,8 \times 5,33} = 3832W \quad (3.4)$$

3.2.3 Quantidade de Módulos

Sendo conhecido a potência do sistema (P_{FV}) e a potência individual de cada módulo é possível calcular a quantidade de módulos necessária para instalação do sistema. Os módulos de referência utilizados nesse trabalho são marca *ASTRONERGY* modelo CHSM6610P-260, cujos parâmetros são exibidos na Tabela 1.

$$\text{Número de Módulos} = \frac{P_{FV}}{P_N} = \frac{3832}{260.5095} = 14.7 \text{ ou } 15 \text{ módulos.} \quad (3.5)$$

Tabela 1 – Parâmetros do módulo *ASTRONERGY* CHSM6610P-260

Parâmetro	Valor
<i>Tensão de circuito aberto $V_{oc}(V)$</i>	38.53
<i>Tensão no ponto de máxima potência $V_{mp}(V)$</i>	31.05
<i>Número de células por módulo(N_{cell})</i>	60
<i>Corrente de curto circuito $I_{sc}(A)$</i>	8.72
<i>Corrente no ponto de máxima potência $I_{mp}(A)$</i>	8.39
<i>Potência Máxima (W)</i>	260.5095

3.2.4 Inversor

A escolha do inversor é feita com base nas especificações do sistema ao qual ele se integra. Seu dimensionamento deve ser feito de forma que ele não opere por muito tempo em potências demasiadamente aquém da nominal e nem trabalhe em sobrecarga (PINHO; GALDINO, 2014).

Nesse caso por se tratar de um sistema de baixa potência basta apenas assegurar que o inversor transfira uma potência acima da que pode ser gerada pelas placas em seu pico de produção, dando assim folga de operação ao sistema. Tomando como base os modelos mais comuns do mercado, como o *Fronius Primo* é possível definir um valor mínimo de 4000 W de potência como seguro para dimensionamento do inversor.

4 Considerações finais

A relevância do estágio no LabMet foi decorrente dos conhecimentos adquiridos ao longo das pesquisas realizadas no setor fotovoltaico. Como parte cativa das pesquisas do laboratório, os sistemas baseados em energias renováveis vem crescendo e se estabelecendo no mercado energético atual.

As experiências adquiridas no estágio em conjunto ao conhecimento teóricos e práticos obtidos durante a graduação, possibilitou o desenvolvimento e avaliação de projetos elétricos no âmbito de painéis solares, bem como o aprendizado e aperfeiçoamento do uso de software de simulação como poderosas ferramentas de auxílio ao projetista.

Por se tratar de uma pesquisa investigativa voltada para o setor acadêmico, esse trabalho não se preocupou em apresentar fatores econômicos. Contudo, seria um ponto importante a ser estudado em trabalhos futuros.

Conclui-se que necessita-se de 15 módulos fotovoltaicos para atender satisfatoriamente a potencia requerida pelo sistema, haja visto o dinamismo climático e a influência dele na capacidade geradora dos módulos.

Referências

- ALTERNATIVE ENERGY TUTORIALS. <<http://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/pv-panel.html>>. Acessado: 13-02-2018. Citado na página 15.
- BATTERY Sizing. <https://wiki.openelectrical.org/index.php?title=Battery_Sizing>. Acessado: 05-03-2018. Citado na página 25.
- DIALUX. <<https://www.dial.de/en/software/dialux/free-dialux-support/>>. Acessado: 04-03-2018. Citado na página 20.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Grupo de trabalho de energia solar-GTES*. [S.l.], 2014. Citado 3 vezes nas páginas 16, 26 e 27.
- SUNDATA. <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acessado: 05-02-2018. Citado na página 26.