

Capítulo I: Projeto mecânico de um módulo didático fotovoltaico; Jornada de aprendizagem

Willian de Lima Martins
Wagner Luiz Angelozi
Abner de Paula Rosa
Lucas Cogo Bittencourt
João Guilherme Inacio Pereira
Jean Carlos de Lima
Fábio Costa Magro
Mateus Lopes dos Santos
Wendel Igor de Lima Silva
Camila Fogaça de Oliveira
Rodolfo Alexandre Hildebrandt

RESUMO

Ao pensar em um projeto com o objetivo disseminar conhecimento voltado para o ensino da energia fotovoltaica, foi desenvolvido um equipamento capaz de simular o funcionamento de uma placa, desde a aplicação de fótons até a conversão para energia elétrica. E, para realizar este projeto, foi necessário a projeção mecânica do equipamento, desde a automação mecânica por meio do projeto, até sua execução e montagem. Este artigo descreve todo o cronograma mecânico de projeto, a definição conceitual e a montagem final da estrutura.

Palavras-chave: Fotovoltaico. Equipamento didático. Energia renovável. Indústria.

PHOTOVOLTAIC TEACHING MODULE

ABSTRACT

When thinking of a project with the objective of disseminating knowledge aimed at teaching photovoltaic energy, an equipment capable of simulating the operation of a plate was developed, from the application of photons to the conversion to electrical energy. And, to carry out this project, the mechanical design of the equipment was necessary, from the mechanics through the project, to its execution and assembly. This article describes the entire mechanical project schedule, the conceptual definition and the final assembly of the structure.

Key-words: Photovoltaic. Teaching Equipment. Renewable energy. Industry.

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de aperfeiçoar o conhecimento entre os discentes dos cursos de engenharia no que tange a captação de energia solar, foi desenvolvido um projeto na Faculdade da Indústria Senai Londrina de acordo com a metodologia de Jornada de Aprendizagem. Essa metodologia possui o objetivo de incentivar os alunos a participarem de projetos associados a indústria, permitindo a interdisciplinaridade na construção de respostas à diversas situações-problemas.

Em uma era onde a captação e utilização de energia limpa vem ganhando força e se desenvolvendo exponencialmente, a capacitação técnica deve trazer cada vez mais perto uma vivência das tecnologias que conhecemos, a fim de aprimorar os conhecimentos bem como instigar a evolução tecnológica. O kit didático desenvolvido nesse projeto tem como finalidade, trazer uma metodologia do funcionamento da captação de energia fotovoltaica, possibilitando a sua utilização mesmo sem a presença da luz solar.

Desse modo, os discentes dos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica, em uma primeira etapa, trabalharam em conjunto e desenvolveram um sistema de uma iluminação forçada, por meio de utilização de refletores de alta luminosidade, simulando a luz solar em uma placa fotovoltaica, sendo possível sua utilização sem depender de locais com utilização de energia solar.

Este artigo abordará como a ideia foi desenvolvida e implementada por meio do projeto mecânico, mostrando detalhadamente o desenvolvimento da estrutura e automação mecânica.

2. METODOLOGIA

Para a organização do projeto, a primeira decisão a se tomar foi o ponto de lições aprendidas em relação ao semestre anterior (2021 A), visando solucionar alguns problemas:

- Dificuldade de comunicação com todos os alunos;
- Dificuldade de recebimento de atividades;
- Dificuldade de prazo;
- Dificuldade de planejamento;

- Dificuldade de coordenação interna.

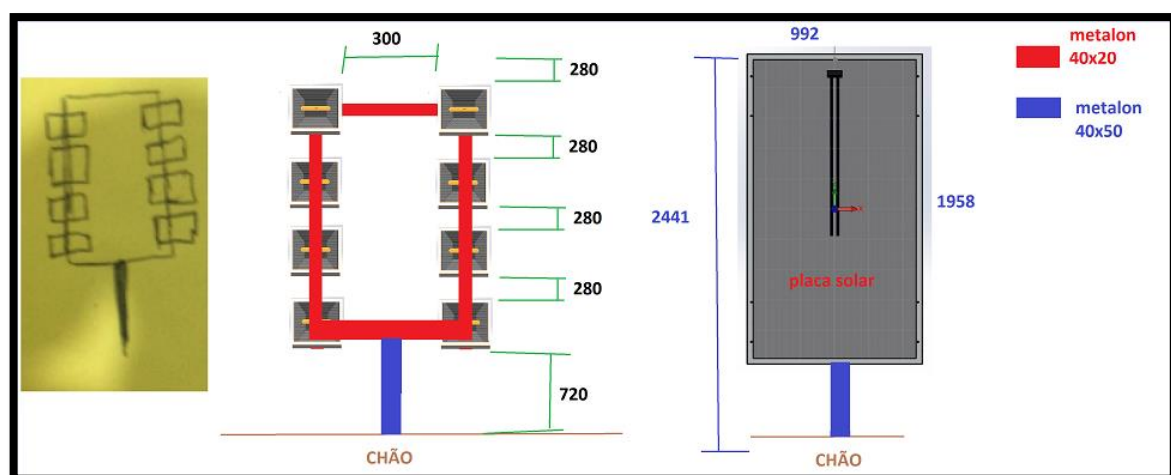
Para tentar solucionar estas dificuldades e possuir um semestre mais organizado relacionado a Jornada de Aprendizagem (2021 B) foram tomadas decisões administrativas e de gestão de projeto, com a divisão dos alunos do curso de Engenharia Mecânica em duas equipes:

- Equipe 01: Projeto
- Equipe 02: Montagem

2.1 Definições de conceito, padrões e detalhamento

Como *kick-off* (ponta pé de partida) foram definidos encontros presenciais. Houve reuniões todas as quartas feiras no Senai para a abordagem e análise de como seria definido o Projeto (conforme Figura 1), sendo assim, o grupo conseguia uma melhor comunicação de como seria o andamento de todas as atividades. Este horário foi utilizado tanto para o planejamento quanto para a montagem e execução mecânica, conforme Figura 2.

Figura 1 – Projeto realizado



Fonte: Elaborado pelos autores.

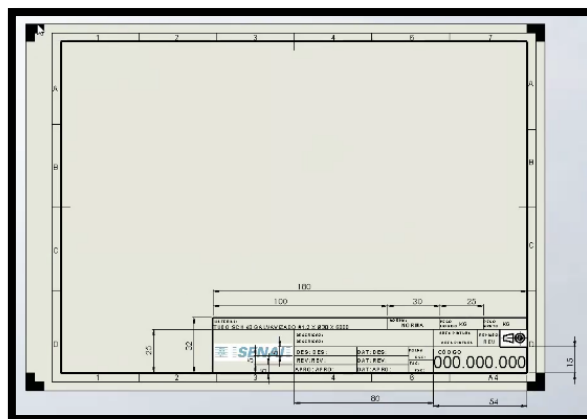
Figura 2 – Equipe de montagem



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a elaboração do Projeto, o grupo realizou também o trabalho de padronização de pranchas de desenho técnico de acordo com às normas da ABNT NBR 16861 e NBR 16752, conforme Figura 3.

Figura 3 – Formato de prancha conforme norma



Fonte: Elaborado pelos autores.

Além disso, foi possível iniciar o planejamento e controle dos materiais a serem utilizados, conforme Tabela 1, sendo possível controlar as solicitações a serem feitas, as prioridades de aquisição de materiais ou peças.

Tabela 1 – Tabela de Custos

FIZ UMA SEPARÇÃO INICIAL SO PARA FACILIAR POUCO MAIS LEITURA					
LISTAGEM DE MATERIAL					
PARTE ELÉTRICA					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNI	QTD	PEÇO UNI	PREÇO TOTAL
1	Fonte Colméia Chaveada 12 Volts 30 Ampéres	PÇ	1	R\$ 120,00	R\$ 120,00
2	Fonte 12 Volts 2 Ampéres Chaveada	PÇ	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
3	Diodo IN4007	PÇ	2	R\$ 0,31	R\$ 0,62
4	MOSFET IRF 1404 40 Volts 80 Ampéres	PÇ	4	R\$ 7,90	R\$ 31,60
5	Diodo IN4148	PÇ	2	R\$ 1,28	R\$ 2,56
6	Photo Acoplador 817 LE 822	PÇ	2	R\$ 1,50	R\$ 3,00
7	Capacitor Eletrolítico 1uF/250Volts	PÇ	2	R\$ 1,08	R\$ 2,16
8	Transistor BC337 Puro	PÇ	3	R\$ 0,53	R\$ 1,59
9	MOSFET N Channel IRFZ 44N=MTP 50N06V - 55 Volts 41 Ampéres	PÇ	2	R\$ 4,00	R\$ 8,00
10	Potenciômetro B1K L20 sem Chave linear	PÇ	1	R\$ 4,35	R\$ 4,35
PARTE MÊCANICA					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNI	QTD	PEÇO UNI	PREÇO TOTAL
1					
2					

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Administração de documentos

Após os padrões estabelecidos conforme tópico 2.1, um ponto muito importante que surgiu, foram os padrões dos relatórios e padrões de documentação a serem entregues durante o projeto.

O grupo de Projetos passou então a estabelecer estes padrões, que foram de importância para a validação dos horários, dos relatórios descritos nas reuniões, de *datasheets*, listas, entre outros.

A primeira ação foi padronizar a pasta principal do projeto onde são arquivados os documentos de todas as áreas conforme Figura 4, com o objetivo de dividir os principais assuntos e facilitar o acesso de qualquer pessoa a esses arquivos.

Figura 4 – Pasta do projeto

Nome	Status	Data de modificação	Tipo
01_Coordenação	🔄	16/05/2021 21:47	Pasta de arquivos
02_Projeto_Mecânico	☁	31/03/2021 22:03	Pasta de arquivos
03_Projeto_Elétrico	☁	21/04/2021 07:56	Pasta de arquivos
04_Projeto_de_Automação	☁	31/03/2021 22:03	Pasta de arquivos
05_Montagem	☁	31/03/2021 22:03	Pasta de arquivos
06_Artigo	☁	02/05/2021 19:23	Pasta de arquivos
Recordings	☁	14/05/2021 23:19	Pasta de arquivos

Fonte: Elaborado petabellos autores.

Com as pastas principais, foi definido que todos os documentos deveriam ser oficiais e por consequência possuir uma identificação, assim na pasta 01_Coordenação (Figura 5) houve uma outra subdivisão com os arquivos que teriam valor oficial, como os relatórios, padrões, entre outros.

Figura 5 – Pasta do projeto, subdivisão “01_Coordenação”

Nome	Status	Data de modificação	Tipo
01_Ata_de_Reunião	☁	31/03/2021 22:03	Pasta de arquivos
02_Cronograma_de_Atividades	☁	31/03/2021 22:03	Pasta de arquivos
03_Grupos	☁	15/05/2021 19:20	Pasta de arquivos
04_Padrões	☁	03/06/2021 19:23	Pasta de arquivos
05_Relatórios	☁	03/06/2021 19:21	Pasta de arquivos
06_Custo	🔄	03/06/2021 18:50	Pasta de arquivos

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentro desta pasta foi criado um dos principais documentos, que é a planilha de protocolos (Tabela 2), onde nela é criado uma identificação para cada documento, seja esse documento uma lista de equipamentos, um relatório de encontro presencial, um relatório de reunião, um *datasheet* ou qualquer outro documento. Com esta planilha foi possível fazer o controle de tudo que for criado desde este semestre até o final do projeto, com o objetivo de mostrar a real importância da documentação em um projeto quando falamos da área de engenharia aplicada ao mercado de trabalho.

A identificação do documento foi feita de forma simples e objetiva, sendo a divisão como AA-BBB-CCC, onde:

- AA - O grupo relacionado a este documento, exemplo 02 (grupo 02);
- BBB - A área relacionada a este documento, exemplo MEC (mecânica);
- CCC - O número sequencial do documento, exemplo 001 (sempre em sequência do último documento criado).

Tabela 2 – Controle de protocolos

Sistema Fiep SENAI Controle de Protocolos / Documentos de Projeto															
Nº de protocolo	Título	Data Emissão	Emissor	Revisão	Horário de início	Horário de fim	Tempo realizado	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6		
63-MEC-ELE-001	Definição do Grupo do Segundo Módulo (Referentes)	28/03/2021	Fabio Koyano	001	09:00	13:00	04:00:00	Fabio Koyano	William						
63-MEC-ELE-002	Definição do suporte rotativo dos Referentes	31/03/2021	Fabio Koyano	001	19:40	22:00	02:20:00	Fabio Koyano	William	Abner					
63-MEC-ELE-003	Definição do sistema de regulagem de distância segundo módulo	04/04/2021	Fabio Koyano	001	19:40	22:30	03:10:00	Fabio Koyano	William						
63-MEC-ELE-004	Apresentação dos Dados para os Líderes	08/04/2021	Fabio Koyano	001	22:30	23:50	01:20:00	Fabio Koyano	William	John	Calbebe				
63-MEC-ELE-005	Alinhamento com o time para início da fabricação dos refletores	20/04/2021	Fabio Koyano	001	20:10	21:10	01:00:00	Fabio Koyano	Wagner Angeleri	Lucas	Guilherme Noda	John	Vinicius	Abner	Jean
63-MEC-ELE-006	Definição de grupo (Prato e Modelo de Prancha)	20/04/2021	Fabio Koyano	001	21:30	23:20	01:50:00	Fabio Koyano	William	Abner					
63-MEC-ELE-007	Grupo para montagem dos refletores na esquadria	21/04/2021	Fabio Koyano	001	19:40	22:00	02:20:00	Fabio Koyano	William	Abner					
62-ELE-008	Levantamento de Materiais para Montagem do Segundo Módulo	20/04/2021	Fabio Koyano	001	20:10	21:30	01:20:00	John	Luciano	Ricardo					
66-ELE-009	Validação da Norma Regulamentadora e coletado tabelas de consulta	26/03/2021	Fabio Koyano	001	22:30	23:00	00:30:00	Fabio Koyano							
66-ELE-010	Análise de Segurança do Trabalho para início o dimensionamento	11/04/2021	Fabio Koyano	001	09:30	11:30	02:00:00	Fabio Koyano							
65-MEC-ELE-011	Tarefa de Cader na Fieca	27/03/2021	Fabio Koyano	001	10:00	13:00	03:00:00	John	Calbebe	Wagner Angeleri	Wendell				
67-MEC-ELE-012	Roteiro para Alinhamento de atividades	28/03/2021	Fabio Koyano	001	14:00	16:10	02:10:00	Fabio Koyano	John	William	Mathias	Abner	Calbebe		
65-MEC-ELE-013	Tarefa de Plotagem, Temperaturas e Sensores	14/04/2021	Fabio Koyano	001	10:00	14:20	04:20:00	John	Calbebe	Wendell					
64-MEC-ELE-014	Visita ao Instituto para Levantamento de Materiais, Teste Segunda Escadria	08/04/2021	Fabio Koyano	001	19:20	22:20	03:00:00	Vinicius	Wagner Angeleri	Rodrigo	Lucas	Guilherme Noda	John		
63-MEC-ELE-015	Definição Modelo de Desenho e Modelo Técnico de Desenhos	05/05/2021	Fabio Koyano	001	19:40	21:10	01:30:00	Fabio Koyano	Abner	William					
67-MEC-ELE-016	Apresentações dos Planos para os Líderes	12/05/2021	Fabio Koyano	001	19:30	20:10	00:40:00	William	Mathias	Abner	Fabio Koyano	John			
64-MEC-ELE-017	Discussão do Dimensionamento de Alinhamento do Segundo Módulo	04/05/2021	Fabio Koyano	001	22:30	23:15	00:45:00	John	Fabio Koyano	Calbebe	Wagner Angeleri				
64-MEC-018	Fabricação de quadro para fixação dos refletores	28/04/2021	Wagner Angeleri	001	19:10	22:15	03:05:00	Wagner Angeleri	Rodrigo	John	Jean	Guilherme Noda	Lucas		
64-MEC-019	Visita ao Instituto para discussões e testes	05/05/2021	Wagner Angeleri	001	19:10	22:15	03:05:00	Wagner Angeleri	Vinicius	John	Lucas				
64-MEC-020	Foi enviado e-mail, contendo o base para a fixação do segundo motor	12/05/2021	Wagner Angeleri	001	19:10	22:15	03:05:00	Wagner Angeleri	Lucas						
64-MEC-021	Foi desenvolvido a base para segunda estrutura fixação do motor em um momento.	19/05/2021	Wagner Angeleri	001	19:10	22:30	03:20:00	Wagner Angeleri	Lucas	Vinicius	Guilherme Noda	John	Jean	Rodrigo	Abner
62-ELE-022	Teste retorno 1 de rotação do motor	05/05/2021	Calbebe Cruz	001	19:00	22:30	03:30:00	Calbebe	Fabio Koyano	Luciano	John	Ricardo			
62-ELE-023	Organização do Espargi-Maker	06/05/2021	Calbebe Cruz	001	09:30	12:30	03:00:00	Calbebe	Fabio Koyano	John					
62-ELE-024	Ajuda complementares para construção do Drive, teste simplificador.	16/05/2021	Calbebe Cruz	001	09:30	12:30	03:00:00	Calbebe	Fabio Koyano	John					
64-MEC-025	Montagem da estrutura dos refletores (rodinhas, colunas de sustentação dos refletores).	26/05/2021	Wagner Angeleri	001	19:10	22:00	02:50:00	Wagner Angeleri	Lucas	Vinicius	Guilherme Noda	Jean	John		
62-ELE-026	Validação da Corrente do Motor e Teste de movimento 2º Módulo	26/05/2021	Fabio Koyano	001	19:30	22:00	02:30:00	John	Fabio Koyano	Calbebe					
66-ELE-027	Elaboração do sistema de proteção, e inclusão montagem do diagrama	02/06/2021	Fabio Koyano	001	19:30	22:30	03:00:00	Fabio Koyano	John	Luciano					
66-ELE-027	Elaboração do sistema de proteção, e inclusão montagem do diagrama	02/06/2021	Fabio Koyano	002	20:30	22:20	01:50:00	Calbebe							
66-ELE-028	Alinhamento e cálculos condutores	03/06/2021	Fabio Koyano	001	15:00	19:00	04:00:00	John	Fabio Koyano						

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com a criação dos protocolos foi possível passar para a próxima etapa que foi a criação dos padrões de *datasheets* (Figura 6) e relatórios (Figura 7). As informações nesses documentos possibilitaram a construção do artigo e a validação de carga horária trabalhada no Projeto Kit Didático Solar Noturno.

Figura 6 – Modelo de *datasheet*

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7 – Modelo de Relatório

Fonte: Elaborado pelos autores.

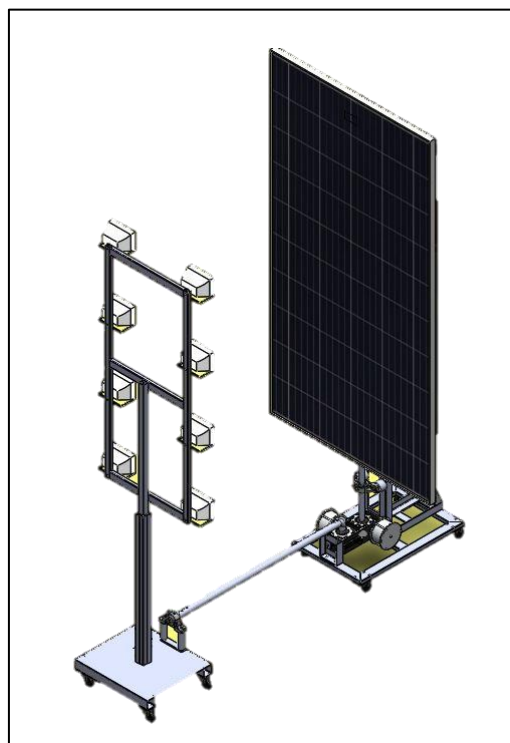
Com a ajuda de todos os integrantes dos grupos no cumprimento da realização dos relatórios, foi adquirido todo o material para realizar o artigo e apresentação final do semestre.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Projeto

O grupo realizou a simulação e modelagem do projeto 3D da placa fotovoltaica por meio do software *SolidWorks* (Figura 8) e, também, a estimou uma tabela para aquisição de materiais. Nesse caso, a visualização permitiu um melhor entendimento de montagem e de solução de problemas do projeto.

Figura 8 – Projeto 3D em SolidWorks



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Montagem do Projeto

3.2.1 Aprimoramentos do Projeto

Durante o semestre passado (2021 A) verificamos alguns aspectos que necessitavam de melhorias e durante esse semestre colocamos em prática.

- Foram fabricadas alças de transporte as quais possibilitam maior praticidade para transportar a estrutura. Para sua fabricação foi utilizado uma barra chata 15x3 mm.

- Foram instaladas porcas borboletas 3/8 para facilitar a desmontagem da estrutura.

3.2.2 Pintura da Estrutura

Para a pintura foi feita a desmontagem total da estrutura para melhor aplicação da tinta e adesão. O local de aplicação da tinta foi a cabine de pintura do curso de Manutenção Automotiva do Senai em Londrina. Após o período de secagem foi feita toda a montagem da estrutura para testes (Figura 9).

Figura 9 – Pintura da Estrutura



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.3 Montagem mecânica do painel elétrico

Após o desenvolvimento e dimensionamento do painel elétrico pelos discentes do curso de Engenharia Elétrica, foi realizado o desenvolvimento da estrutura para fixação do painel (Figura 10). Foram utilizadas cantoneiras de 35 mm x 35 mm e chapa 1,2 mm.

Figura 10 – Montagem mecânica do painel elétrico

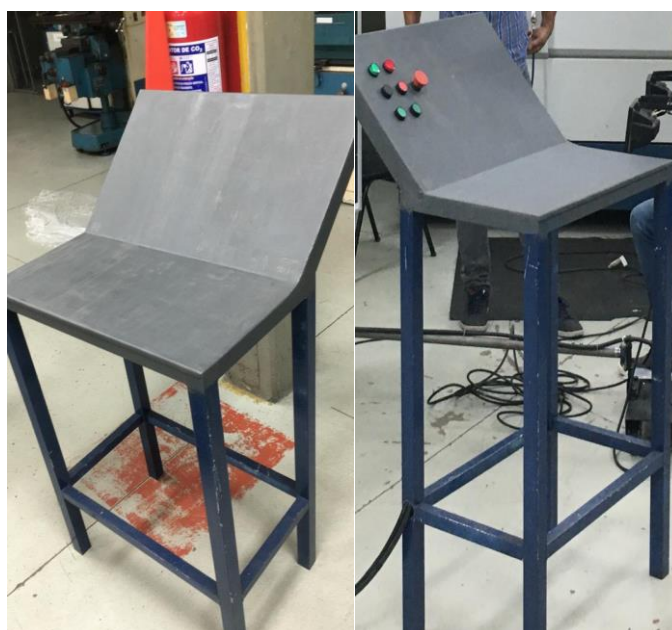


Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.4 Desenvolvimento da bancada elétrica

Para a fabricação de uma bancada para instalação dos elementos de comando elétricos (Figura 11) foram utilizados um tubo quadrado 40 mm x 40 mm e chapa de 1,5 mm. Também foram realizados furos para acoplamento de botoeiras de acionamento e verificação.

Figura 11 – Bancada Elétrica

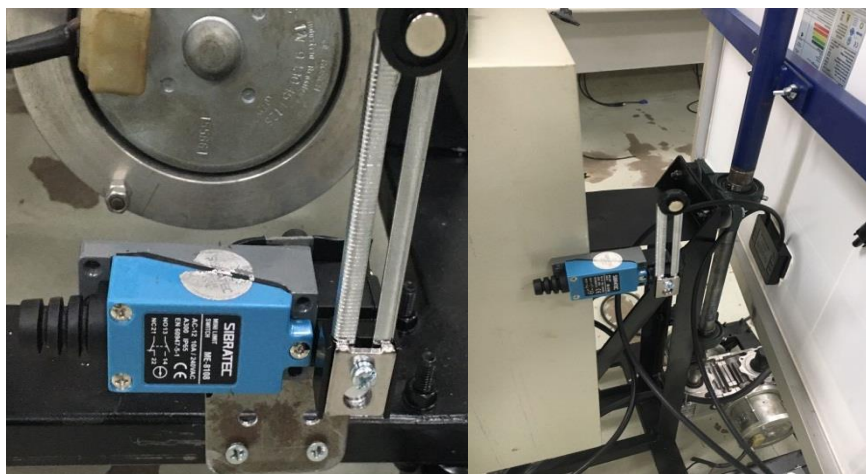


Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.5 Fins de curso

Para limitarmos o movimento da placa fotovoltaica e melhor assemelhar ao movimento do sol foram instalados os fins de curso. Para isso foram criados os suportes na qual eles seriam inseridos e utilizadas chapas de 1,2mm com fixação de sensores.

Figura 12 – Instalação de Fins de Curso



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Documentação e Gestão do Projeto

Com toda a metodologia aplicada de documentação, os principais pontos positivos dos resultados foram a questão de organização de documentos, onde foi possível ter um controle eficaz do projeto. Com o que foi criado, foi possível também adquirir a capacidade de listar necessidades que ainda faltam ser feitas, como a geração de outros documentos, sendo estes:

- Lista de equipamentos;
- Manual do equipamento;
- *Databook* do projeto.

Por final, o principal aprendizado que se é possível levar de um projeto é como realizá-lo, como executá-lo e organizá-lo, pois, com essa base é possível enfrentar

qualquer projeto que apareça, sabendo onde buscar as informações, onde pedir ajuda, com quem contar e como separar as atividades, é possível realizar novamente, qualquer projeto.

E como melhor exemplo possível segue as palavras do líder escolhido:

“Através das dificuldades encontradas com a organização dos alunos em grupos, foi elaborada uma reunião de líderes onde ficou evidente a preocupação com a agilidade para todos os processos dentro de cada grupo. Então ficou decidido que existiria um líder para coletar, replicar e direcionar as informações. Como primeira medida a pessoa escolhida pediu ao líder de cada grupo um levantamento de todas as tarefas executadas com definição de metas e prazos para as atividades posteriores. Já com o detalhamento pronto e o líder a par das atividades foi sugerido então um remanejamento dos integrantes dos grupos para uma melhor evolução. Porém durante esse processo ficou evidente a dificuldade de comunicação entre o líder e o restante do grupo. devido a várias particularidades. Seja falta de tempo, vontade ou bom senso entre os integrantes, através dessa dificuldade encontrada foi necessária uma nova divisão nos grupos agora com o remanejamento somente das pessoas que efetivamente estavam colaborando, o que sobrecarregou os líderes e conseqüentemente atrasou os prazos determinados. O líder em todas as decisões organizou debates através de reuniões para que houvesse um senso comum entre os colaboradores do projeto. Como um todo o projeto se tornou um aprendizado de comunicação, interação e troca de experiências, elevando o conceito de interação além da sala de aula, para uma contínua rotina de aprendizado.”

Com todas as dificuldades encontradas, os líderes conseguiram coordenar de uma forma muito eficiente cada grupo, e trouxeram muitas vezes além do que foi pedido, deixando assim um aprendizado a todos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizando e implementando o projeto, todos os discentes adquiriram o mais importante dos itens, o aprendizado para gestão e criação de um projeto voltado para engenharia.

As primeiras decisões e planejamento já se iniciaram no próprio semestre, pela forma como seriam realizadas as próximas etapas e, para isso, foi utilizado o método

de *brainstorming* para todos conseguirem mostrar suas ideias, levando em consideração todos os padrões e relatórios que iríamos utilizar para finalização do projeto.

Como o professor e engenheiro Pedro C. Silva Telles disse uma vez, caso alcançássemos o ápice da perfeição humana, os médicos não seriam mais necessários pois não haveria mais doenças, assim como os advogados não seriam mais necessários pois não haveria mais desonestidade, e muito menos os militares seriam necessários pois não haveria mais guerras, porém, a engenharia ainda existiria, pois ela não se trata sobre falhas e erros humanos, mas sim sobre aprimorar, criar, desenvolver e avançar tecnologias.