



UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA

INSTITUTO DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS

LOURENÇO LOPES GOMES

**ESTUDO E ANÁLISE DOS KITS DIDÁTICOS DO LABORATÓRIO DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

REDENÇÃO
2021

LOURENÇO LOPES GOMES

**ESTUDO E ANÁLISE DOS KITS DIDÁTICOS DO LABORATÓRIO DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Engenharia de
Energias da Universidade da Integração
Internacional da Lusofonia afro-brasileira
como requisito parcial para obtenção do
grau de engenheiro de energias.

Orientador: Prof. Dr. Vandilberto Pereira
Pinto

REDENÇÃO

2021

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Gomes, Lourenço Lopes.

G633e

Estudo e análise dos kits didáticos do laboratório de energias renováveis para o ensino de engenharia de energias / Lourenço Lopes Gomes. - Redenção, 2021.
72f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2021.

Orientador: Prof.º Dr. Vandilberto Pereira Pinto.

1. Ensino de engenharia. 2. Material didático. 3. Energia renovável. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 620

LOURENÇO LOPES GOMES

**ESTUDO E ANÁLISE DOS KITS DIDÁTICOS DO LABORATÓRIO DE
ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA DE
ENERGIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia afro-brasileira como requisito parcial para obtenção do grau de engenheiro de energias.

Aprovada em: 06 / 04 / 2021

BANCA EXAMINADORA

Vandilberto Pereira Pinto

Prof. Dr. VANDILBERTO PEREIRA PINTO

(Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Gus. Juss. Alves de Lima Henn

Prof. Dr. GUSTAVO ALVES DE LIMA HENN

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Hermínio Miguel de O. Filho

Prof. Dr. HERMÍNIO MIGUEL DE OLIVEIRA FILHO

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

REDENÇÃO

2021

Dedico este trabalho aos meus pais, Silvestre Luís (*in memoriam*), e Rosita Lopes (*in memoriam*), por todos os valores bons que me ensinaram enquanto estiveram nesse mundo, pelo carinho e toda afeição doada. Nada seria possível sem eles, esse trabalho é um reflexo do apreço que tive por cada palavra, cada ensinamento. Dedico esse trabalho em segunda instância a meus filhos Kiven Lopes e Rosalicia Lopes, são as joias mais preciosas que tenho. Dedico por fim, à Leda Brito, por ser mãe, amiga, companheira e vovô do meu filho. Por estar sempre comigo, por sempre me apoiar, por sempre acreditar e por ser uma benção na minha vida e na da minha família.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha família, razão da minha existência.

À minha esposa pela paciência e apoio ao longo de toda essa experiência.

Ao meu orientador pela paciência, pela disponibilidade e grandes ensinamentos.

À UNILAB pela educação qualificada, que me possibilitou um estudo aprofundado nessa fascinante área do conhecimento.

Aos meus amigos: Cláudio Machado, Vicente Kimbamba, Emanuel Cipriano Neto Martins, Neidilênio Soares, Benvindo Lukoki, Nanga Pedro e outros.

À Leda Brito por tudo que me proporcionou para chegar até aqui.

Ao meu sobrinho e Amigo Gaspar Luís pelo incentivo e pelas lutas em tempos bons e maus.

Aos meus professores pelos ensinamentos, em particular a professora Silvia Helena por todo carinho e por sempre acreditar em mim.

Aos monitores do Laboratório de Energias Renováveis.

À Wyara Maria pelo apoio e disponibilidade no laboratório.

Muitíssimo obrigado!

RESUMO

Grande parte das Universidades Brasileiras, com maior predominância as mais jovens Universidades, não possuem uma estrutura ou equipamentos modernos para as aulas de laboratórios como os que existem na UNILAB, que são tão necessárias para consolidar a teoria, garantindo boa formação, principalmente nos cursos voltados a área de engenharias. Entendendo que os experimentos podem enriquecer o planejamento e as práticas de ensino e cientes da preocupação com a sustentabilidade energética, tendo em vista as energias renováveis, o objetivo deste trabalho foi de desenvolver práticas de energias renováveis, com predominância a energia solar fotovoltaica, eólica e os sistemas híbridos, utilizando kits didáticos do laboratório de energias renováveis. Para tanto, foram estudados todos os equipamentos que constituem os kits didáticos. Em seguida foram feitas revisões bibliográficas, seguido de experimentações e elaboração de seis roteiros que eventualmente poderão servir para as aulas laboratoriais de energias renováveis, culminando com um questionário investigativo online contendo dez questões de múltipla escolha, sobre as concepções iniciais dos alunos antes do laboratório, envolvendo questões do âmbito do ensino, quanto dos fundamentos das energias renováveis. Com os dados do questionário e os roteiros elaborados, foi possível compreender que os kits didáticos são excelentes ferramentas que visam colocar o estudante em contato com os temas e práticas cruciais sobre energias renováveis. Por fim, conclui-se que o conhecimento teórico alinhado com o prático, por meio de atividades experimentais e didáticas, deve ser considerado essencial nos planos curriculares de engenharia de energias.

Palavras-Chaves: Ensino de engenharia. Kits didáticos. Energias renováveis. Ensino experimental.

ABSTRACT

Most Brazilian universities, predominantly the younger ones, do not have a structure or modern equipment for laboratory classes such as those that exist in UNILAB, which are so necessary to consolidate the theory, ensuring good training, especially in courses aimed at the area of engineering. Understanding that experiments can enrich the planning and teaching practices and aware of the concern with energy sustainability, in view of renewable energies, the objective of this work was to develop renewable energy practices, with predominance of photovoltaic solar energy, wind energy and hybrid systems, using didactic kits from the renewable energy laboratory. To this end, all the equipment that makes up the teaching kits was studied. The next step was a bibliographic review, followed by experimentation and the elaboration of six scripts that could eventually be used for the renewable energy laboratory classes, culminating with an online investigative questionnaire containing ten multiple-choice questions about the students' initial conceptions before the laboratory, involving issues of teaching as well as of the fundamentals of renewable energy. With the data from the questionnaire and the scripts developed, it was possible to understand that the teaching kits are excellent tools that aim to put the student in contact with the crucial themes and practices about renewable energies. Finally, it is concluded that the theoretical knowledge aligned with the practical, through experimental and didactic activities, should be considered essential in curricular plans of engineering of energies

Keywords: Engineering teaching. Educational kits. Renewable energies. Experimental teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Módulo fotovoltaico	19
Figura 2- Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	21
Figura 3- Componentes de um aerogerador.....	22
Figura 4- Sistema híbrido eólico-fotovoltaico.....	23
Figura 5- Sistema de treinamento em energia renovável (ED-9710).....	26
Figura 6- Sistema de geração híbrida, solar e eólico	26
Figura 7- Módulos ED-9710.....	28
Figura 8- Módulos ED-9710.....	29
Figura 9- Módulo controlador de carga.....	30
Figura 10- Módulo inversor CC/CA.....	30
Figura 11- Módulo Carga CC.....	31
Figura 12- Módulo de Armazenamento de energia	31
Figura 13- Módulo de comunicação central.....	32
Figura 14- Módulo fotovoltaico	33
Figura 15- Módulo Corrente contínua / Corrente contínua	33
Figura 16- Interface do software ED-9710.....	34
Figura 17- Esquema de Instalação.....	38
Figura 18- Teste de geração de energia eólica	39
Figura 19- Instalação interna do módulo de controle de carregamento.....	41
Figura 20- Instalação externa do módulo de controle de carregamento.....	42
Figura 21- Módulo controle de carregamento.....	42
Figura 22- Controle de Carregamento.....	44
Figura 23- Instalação interna do módulo cc/ca	46
Figura 24- Instalação externa do módulo inversor dc/ca	46
Figura 25- Módulo Inversor CC/CA com carga.....	47
Figura 26- Módulo Inversor CC/CA e carga CA.....	48
Figura 27- Instalação interna do módulo fotovoltaico	50
Figura 28- Instalação externa do módulo fotovoltaico	50
Figura 29- Módulo fotovoltaico carregando uma bateria e alimentando uma carga CC	51
Figura 30- Módulo fotovoltaico carregando uma bateria	52

Figura 31- Instalação interna do módulo de armazenamento de energia.....	54
Figura 32- Instalação externa do módulo de armazenamento de energia.....	54
Figura 33- Módulo armazenamento de energia alimentando uma carga cc/ca	55
Figura 34- Módulo de armazenamento de energia- Motor desligado e lâmpada ligada.....	56
Figura 35- Módulo de armazenamento de energia- Motor ligado	57
Figura 36- Questionário socrative.....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Curva Característica de potência.....	40
Gráfico 2- Curva característica de potência	44
Gráfico 3- Resultado qualitativo-Socrative	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros a serem medidos	38
Tabela 2- Parâmetros a serem medidos	43
Tabela 3- Parâmetros a serem medidos	47
Tabela 4- Resultados do questionário obtidos pelo Socrative	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa e motivação.....	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
2 O papel dos kits didáticos de energias renováveis no curso de engenharia de energias	14
2.1 Atribuições do Engenheiro de energias.....	15
2.2 Desafios comuns dos engenheiros de energias na atualidade	16
2.3 A importância das aulas práticas nos cursos de engenharia.....	17
2.4 Energia solar	18
2.4.2 Energia solar fotovoltaica	19
2.5 Energia eólica.....	21
2.6 Sistemas híbridos eólico-fotovoltaico	22
3 ESTUDO DE CASO: LABORATÓRIO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	25
3.1 Descrição dos materiais utilizados	27
3.1.1 Configuração dos Módulos.....	27
Módulo Controlador de Carga (ED-9710-01) - <i>Charging Controller module</i>	29
Módulo Inversor CC/ CA(ED-9710-02) - <i>DC /AC Inverter module</i>	30
Módulo carga CC(ED-9710-06)- <i>DC Load Module</i>	30
Módulo de Armazenamento de energia (Ed-9710-03) - <i>Energy Storage Module</i>	31
Módulo de Comunicação Central (ED-9720-04) - <i>Central Communication module</i> ..	32
Módulo Fotovoltaico (ED-9710-10) - <i>Fotovoltaic Module</i>	32
Módulo de conversão CC/ CC(ED-9710-07) - (<i>DC/DC converter module</i>).....	33
3.1.2 Software de monitoramento de dados.....	33
3.2 Práticas propostas.....	34

3.2.1 Experimentos realizados e roteiros	34
Experimentos realizados	34
Atividade Experimental I:.....	34
Atividade Experimental II:.....	34
Atividade Experimental III:.....	35
Atividade Experimental IV:	35
Atividade Experimental V:	35
Atividade Experimental VI:	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 Plano de ensino.....	36
4.1.1 Atividade Experimental I:.....	36
4.1.2 Atividade Experimental II:.....	40
4.1.3 Atividade Experimental III:.....	44
4.1.4 Atividade Experimental IV:	49
4.1.5 Atividade Experimental V:	52
4.1.6 Atividade Experimental VI:	57
4.2 Avaliação da aprendizagem por meio do aplicativo <i>socrative</i>	61
4.3 Questionário <i>online</i> investigativo sobre os conceitos pré-laboratório aos alunos	61
4.4 Análise qualitativa sobre as concepções pré-laboratório dos alunos	62
5 Conclusão	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICE	70
APÊNDICE A - Questionário avaliativo da aprendizagem.....	70

1 INTRODUÇÃO

O conceito de engenharia existe desde a antiguidade. A história da humanidade está repleta de informações sobre pessoas que fizeram grandes invenções, desde simples alavancas, a rodas, que tanto antes, quanto nos dias atuais, são importantes para o transporte, produção de energias, construção, maquinários, dentre outros. A engenharia é uma profissão muito dinâmica, onde os indivíduos precisam de capacidades multidisciplinares, assim como boas habilidades técnicas para executarem as mais complexas atividades.

Essas habilidades se desenvolvem tanto no âmbito teórico, por meio de leituras e interpretação de dados, gráficos ou tabelas, quanto no âmbito prático, por meio de aulas de campos, estágios ou laboratórios.

Segundo o relatório divulgado pela Rede de Energias Renováveis para o Século 21 (2020), *“estima-se que cem por cento da energia consumida no mundo, pode ser proveniente de fontes renováveis até 2050”*.

Assim sendo, é possível que seja preciso criar mecanismos para que se atenda a essa demanda energética estimada para 2050 e em vista do crescimento exponencial das energias renováveis no mundo, alia-se uma necessidade de o engenheiro estar equipado tanto a nível da ciência, quanto a nível da tecnologia, já nos anos da graduação, para melhor entregar seus serviços, conforme se evidencia que:

Com a falta de mão de obra qualificada, empresas públicas e privadas oferecem cursos de capacitação para os novos profissionais que estão ingressando em seus quadros funcionais. Esta capacitação tem a finalidade de minimizar as lacunas deixadas por uma graduação com poucas aulas práticas sobre determinado tema. O custo dessa capacitação é extremamente relevante, sendo repassado ao consumidor no custo final do serviço prestado pela empresa. O consumidor, por fim, acaba sendo sobretaxado na formação deste profissional, pois além de contribuir através de impostos para o financiamento das instituições públicas de ensino, o mesmo arca também com os custos dessa capacitação nas empresas privadas. (AGUIAR, Ana Luiza S. et al., 2016, p. 3).

Como forma de evidenciar a importância das aulas práticas no ensino da engenharia para o processo de aprendizagem, Santos (2013, p. 8) destaca que:

As aulas práticas devem complementar o processo de aprendizagem e oferecer aos alunos a possibilidade de aplicar a teoria, manuseando substâncias e instrumentos de forma orientada e, assim, transpondo para a

realidade tudo o que é aprendido em sala de aula. **Os experimentos podem enriquecer o planejamento e a prática de ensino** e poderão criar pontos de articulação com temas e conceitos presentes nas diretrizes curriculares ideais.

Além do mais, segundo Soares, *et al.* (2016, p. 1) defendiam a importância das aulas práticas ao perceberem que:

A falta de aulas de laboratório na sua grande maioria causa desestímulo no aluno, levando-o muitas vezes a perder o interesse pela disciplina, devido à baixa compreensão dos conteúdos estudados. **Tal ideia, aliar aulas práticas às teóricas não é nova**, porém esse cenário no Brasil ainda não foi modificado (Grifo nosso).

Com isso em mente e com a crescente expansão das energias renováveis no mundo, a ideia que deu início a este trabalho teve como principal foco, apresentar a importância dos laboratórios no ensino de engenharia, com maior ênfase ao laboratório de energias renováveis, com predominância a energia solar e eólica do curso de engenharia de energias, tanto na visão a nível da docência, quanto a nível profissional, bem como fazer um estudo dos componentes dos Kits didáticos disponíveis no referido laboratório.

Para tal, foram realizadas pesquisas bibliográficas e estudos de casos, por meio de diversas práticas de laboratório de energias renováveis, nomeadamente a solar, eólica e o sistema híbrido, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB), para desenvolver o presente trabalho.

1.1 Justificativa e motivação

A engenharia de energias tem grande importância na economia e no desenvolvimento sustentável do planeta, exigindo dos seus profissionais conhecimentos acadêmicos e práticos a serem integrados, para se obter os resultados desejados.

O engenheiro de energias pode atuar em diversas áreas que o compete, nessa linha, ao se formar se depara com um mercado altamente exigente e competitivo, gerando incertezas no que, como e onde atuar.

A realização de aulas experimentais pode ser classificada como uma forma de aprendizagem ativa, que implica em um processo no qual os alunos estão descobrindo, processando e aplicando informações e não apenas ouvindo o professor e acompanhando os *slides* projetados na sala de aula. Os laboratórios devem estar

voltados para a aplicação didática nas disciplinas as quais estão ligadas, podendo ainda servir de apoio para pesquisas e possibilitar a realização de Trabalhos de Conclusão de Curso (SOARES, *et al.* 2016, p. 1).

A motivação para a realização deste trabalho foi a necessidade de preencher as lacunas oriundas das faltas ou deficiência de laboratórios de energias renováveis na graduação, apresentando propostas do que o graduando em engenharia de energias precisa saber ao se deparar com o mercado, com base nas experiências de profissionais atuantes e com o crescimento exponencial das energias renováveis.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver práticas experimentais de energias renováveis por meio dos kits didáticos existentes no Laboratório de Energias Renováveis do Campus das Auroras – UNILAB.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Descrever os equipamentos constituintes dos kits didáticos;
- Compreender a importância dos kits didáticos do laboratório de energias renováveis no ensino de engenharia de energias;
- Discutir e analisar os dados obtidos no estudo de caso e sua relação com o ensino de engenharia de energias.
- Elaboração do roteiro de instrução das práticas experimentais.

O trabalho estruturou-se em seis capítulos, apresentando-se no primeiro a importância dos laboratórios no ensino de engenharia, os objetivos gerais e específicos. No segundo capítulo é abordado o conceito de energia solar, eólica, e os sistemas híbridos, além de fornecer as informações essenciais que o estudante deve ter para o melhor aprendizado da atividade de experimentação. No terceiro capítulo, é caracterizado o estudo de caso no laboratório de energias renováveis, com ênfase na descrição dos materiais utilizados e na apresentação das práticas e seus objetivos. O quarto capítulo objetivou-se a apresentar a análise dos dados obtidos por meio das cinco práticas e cinco roteiros elaborados. No último capítulo é apresentada as considerações finais da pesquisa.

2 O PAPEL DOS KITS DIDÁTICOS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS

Os recursos energéticos renováveis podem ser categorizados nas formas solar, eólica, hídrica, biomassa e geotérmica, proporcionando muitas vantagens para a sociedade, gerando problemas ambientais relativamente pequenos, que podem ser controlados com tecnologias apropriadas (HINRICHS, 2014, p. 196).

Devido à crescente taxa demográfica mundial, surge como consequência disso, a necessidade de atendimento da demanda por energias para satisfazer as necessidades humanas. Nessa senda, a busca por fontes de energias não poluentes e renováveis têm ganhado escala e o uso da energia solar e eólica vem sendo fortemente utilizada por diversos países e empresas.

Os Kits didáticos de energias renováveis presentes no laboratório de energias renováveis, têm ênfase em energia solar, eólica e os sistemas híbridos, que serão assuntos a serem abordados nos próximos capítulos.

Na visão de Fonseca, *et al.* (2016, p.1) a utilização de um kit didático de energia solar fotovoltaica, facilita um primeiro contato do estudante dos diversos níveis escolares, com os conhecimentos básicos nessa área. Porém, seu alvo vai além, pois abrange um público bem mais diversificado, passando pelo ensino básico, secundário, adotando-se uma metodologia de apresentação direcionada para cada público em particular.

Assim, fica claro que os kits didáticos representam um papel fundamental na formação prática do estudante, garantindo facilidades no entendimento dos fundamentos das energias renováveis, além de garantir que os mesmos possam vivenciar os aspectos relacionados com a conversão da energia do vento e do sol a geração de eletricidade. Segundo destacado por Viera (2017, p. 5):

Um kit didático permitirá aos alunos do ensino secundário, mas também do ensino profissional e universitário, a obtenção de conhecimentos não só na área da energia, mas também na área da eletrônica e programação, [...] a utilização deste kit permite a realização de um conjunto de experiências de forma rápida, eficaz e didática, permitindo ainda uma diminuição de material que é correntemente utilizado, na medida em que não utiliza equipamentos como multímetros para a medição de grandezas físicas como tensão e corrente elétrica.

Por fim, Paines (2014, p.16), defende a ideia que no caso de kits didáticos para a conversão de energia solar, o mesmo se fundamenta em conceitos, funcionalidades, matérias e aplicações em aulas práticas, com objetivos de ajudar o estudante a visualizar a associação teórica descrita de todos os materiais eletrônicos com a prática e manuseio dos equipamentos de medição.

2.1 Atribuições do Engenheiro de energias

Conforme Bazzo e Pereira (2009, p.44) relatam, faz parte das atividades do engenheiro, dentre todas outras atividades, desenvolver sistemas de transportes, de comunicação, sistemas de produção, processamentos de alimentos, sistemas de distribuição de águas e energias.

Desse modo, fica claro que independentemente da área de formação do engenheiro, seu perfil sempre estará atrelado à prestação de serviços que atendam às necessidades sociais e pessoais.

No Brasil, as atividades e competências profissionais dos engenheiros de energias são determinadas pelo Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea/Crea).

Para o Confea, compete ao engenheiro de energias as atividades referentes à transmissão, distribuição e armazenamento de energias, geração e conversão de energias, equipamentos, dispositivos e componentes para a geração e conversão de energias, gestão em recursos, eficiência energética, desenvolvimento e aplicação de tecnologias relativas aos processos de transformação, de conversão e armazenamento de energia.

Para Jeremiais (2017), embora ele tenha sido inicialmente tachado de desnecessário, o engenheiro de energia vem se tornando um atrativo as empresas. O curso criado no Brasil em 2003 já foi alvo de muitas críticas quanto à sua área de atuação e atribuições concedidas pelo Confea/Crea. O que parecia um conflito de interesses com as engenharias mecânica e elétrica, se mostra hoje um aliado imprescindível, como se observa a seguir:

O engenheiro de energias apresenta-se como profissional que” busca alternativas mais eficientes e sustentáveis [...], O Engenheiro de Energia não enxerga o Setor Elétrico através apenas da esfera técnica. Este profissional dispõe de ferramentas e conhecimentos que lhe permitem analisar os recursos envolvidos e seus respectivos impactos e benefícios. A capacidade de gerir o recurso energético nas suas mais variadas formas é o diferencial do Engenheiro de Energia. Buscar alternativas mais eficientes e sustentáveis

mantendo ou incrementando a estabilidade e confiabilidade do setor – esta é a tarefa deste profissional” (OTTONI, 2017 Apud JEREMIAS, 2017, sp).

Desse modo, compete ao profissional de engenharia de energias atividades que envolvam uma cooperação entre energia, sociedade e meio ambiente, que passa por um estudo referente ao uso direto e indireto dos recursos energéticos, assim como estudos das diferentes tecnologias necessárias para a conversão energética de resíduos.

Outrossim, estudos técnicos, econômicos e ambientais relativos às fontes renováveis de energia, com ênfase em bioenergia, considerando os biocombustíveis, bioeletricidade, energia solar e uso de resíduos urbanos, estudos de concepção e planejamento de centrais hidrelétricas assim como as demais outras atividades, são também competências do profissional de engenharia de energias.

2.2 Desafios comuns dos engenheiros de energias na atualidade

A profissão de engenharia é um estatuto nobre que requer ao profissional, competências e habilidades para a resolução de problemas, dos mais simples aos mais complexos. Os desafios do profissional de engenharia, começa desde a graduação, tendo que lidar com o domínio das disciplinas de carácter social, técnico e científico.

Ao sair da graduação e entrando para vida profissional, é requerido que este profissional saiba trabalhar com dinâmica em grupo, saiba gerenciar pessoas e assumir riscos que podem colocar em causa, vida de centenas de pessoas ou a falência de uma empresa. Essa realidade é tanto antiga quanto atual e se verifica em todas as áreas da engenharia, incluindo a de energias.

Se a energia for entendida na sua forma global e não somente em termos de energia elétrica, notar-se -á que os desafios estão para além da geração, transmissão e distribuição da energia elétrica.

Outro desafio do engenheiro de energias, está também relacionado com a diversificação da matriz energética e isso pode ser visto na visão de Lavado (2009, p. 2):

No decorrer deste século, é necessário fazer a transição da dependência dos combustíveis fósseis para uma maior dependência das fontes de energia renováveis e uma melhor eficiência energética [...] A sustentabilidade dos

sistemas energéticos é, hoje, um fator importante para o desenvolvimento socioeconómico.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, (DUPONT, GRASSI e ROMITTI, 2015), a demanda por energia é uma preocupação crescente cada vez maior, que deve ser atendida. Assim, será desafio do engenheiro de energias desenvolver estratégias de suprimentos de energias menos poluentes, mais baratas e renováveis que atendam a esta demanda.

Na visão de Hatakeyama (2011), o desafio para o engenheiro tem a ver com o desenvolvimento sustentável, pois, existe uma crescente preocupação com o crescimento da população mundial, de modo que o uso de transportes e consumos de recursos não deve ser afetado. O autor defende que os engenheiros terão o desafio de criar sistemas de transportes com baixos custos de energia.

Assim, fica claro que os desafios mais comuns dos engenheiros de energias estão relacionados à proposição de soluções que envolvam as áreas de conversão, transporte, distribuição, planejamento dos sistemas energéticos e o uso final da energia, como formas de atender a demanda por energia.

2.3 A importância das aulas práticas nos cursos de engenharia

O curso de engenharia de energias da Universidade Internacional da Integração da Lusofonia Afro-brasileira é composto por 15 laboratórios, sendo o de energias renováveis o mais recente.

A intenção primordial de se fazer um laboratório, é permitir que o aluno concilie o que aprende em sala de aula com a realidade, garantindo que este tenha mais embasamento prático ao longo da sua formação. Outro fato é que as aulas práticas desempenham um papel fundamental na preparação do aluno para o mercado de trabalho.

Essa realidade pode ser fundamentada com o que foi defendido por Fonseca, *et al.* (2016, p. 1), destacado a seguir:

Sabe-se que a maior parte da grade curricular dos cursos de Engenharia no Brasil contempla poucas disciplinas de laboratório. Tal fator contribui de forma negativa no aprendizado dos alunos, uma vez que aliar teoria à prática é uma forma de motivar o aluno, além de facilitar sua compreensão em relação ao tema estudado. Uma aula prática é capaz de fazer o aluno visualizar os fenômenos relatados no conteúdo teórico, permitindo uma maior proximidade com a realidade.

Outra realidade por trás da importância dos laboratórios para o ensino de engenharia, também é defendida por Bernardino, *et al.* (2015, p. 2), onde se considera que:

[...] os laboratórios oferecem suporte seja ele referente ao ensino, à extensão ou à pesquisa. Auxiliam no desenvolvimento das atividades acadêmicas, dos estágios, proporcionam apoio no processo de investigação científica. Além de, promoverem uma aproximação maior entre universidade e comunidade, através das atividades interdisciplinares.

Assim, fica evidente que as aulas práticas desempenham um papel de fundamental importância, na qualificação do engenheiro para o mercado de trabalho.

2.4 Energia solar

Conforme exposto por Hinrichs (2010), o Sol é uma fonte de energia tão intensa que pode ser considerado uma imensa fornalha de forma esférica. O núcleo solar pode alcançar temperaturas perto dos quarenta milhões de graus centígrados e sua superfície pode atingir 6000°C.

Ao referir-se sobre a forma como a energia solar chega à terra, ANEEL (2008), afirma que chega “[...] nas formas térmica e luminosa, sua irradiação por ano na superfície da terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo”. Da energia total produzida no interior do Sol, apenas uma pequena quantidade chega à terra.

2.4.1 Aplicações da energia solar

Como toda fonte de energia, ela desempenha um papel importante para a realização de trabalhos, além de reduzir o consumo de energia elétrica e garantir a sustentabilidade para gerações futuras. Esse ponto de vista se ajusta à visão de Paines (2014, p. 5), que destaca:

A energia solar radiante é uma das fontes primárias principais, abundante e inesgotável, menos poluente, silenciosa e com menor interferência no meio ambiente. Como fonte de energia renovável, pode ser ampliada conforme a necessidade (modularidade); tem baixa manutenção, com curtos prazos de instalação e operação; integradas em projetos de construções civis e elétricas; a energia gerada pode ser acumulada em baterias; permite um sistema autônomo, sustentável e independente, sem a necessidade de linhas de transmissão e ser conectada à rede elétrica. Pode ser utilizada em locais remotos e de difícil acesso, em pequena e média escala, evitando

investimentos em linhas de transmissão e distribuição de energia; assim como baixa manutenção e alta durabilidade do sistema.

Outra aplicação da energia solar é por meio do aproveitamento térmico, a chamada energia solar térmica. De acordo com Pereira *et al* (2010), a energia solar térmica também se constitui como uma fonte de energia renovável, que permite o aproveitamento da energia do sol sob forma de calor para diversos fins, como secagem de produtos, aquecimento de água, produção de energia por meio de processos termodinâmicos, dentre outros.

2.4.2 Energia solar fotovoltaica

Em pesquisas de sistemas fotovoltaicos, Cresesb (2006), constatou que a Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade, que é também conhecido como Efeito Fotovoltaico. Este efeito fotovoltaico, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz.

Ainda de acordo com Barretos (2008), os fundamentos do efeito fotovoltaico baseiam-se na teoria do diodo de junção *pn*, e os elementos que constituem o dispositivo conversor são chamados de foto elementos. A figura 1, ilustra um conjunto de células fotovoltaicas que compõem o módulo fotovoltaico.

Figura 1- Módulo fotovoltaico



Fonte: Portal-Energia.com (2019).

No que se refere à composição das células fotovoltaicas e aos critérios para a penetração ou adoção da energia solar fotovoltaica no mercado mundial, constata-se que:

Um sistema FV consiste de módulos FV, um regulador da carga, um conjunto de baterias e um inversor para transformar a saída CC em CA [...] A penetração da energia FV no mercado global será basicamente determinada por decisões políticas e econômicas. Mercados significativos (tanto residencial, de utilizações remotas, quanto de geração de energia) têm sido desenvolvidos e não existem mais obstáculos técnicos para o uso amplo. As preocupações com o aquecimento global podem acelerar a taxa de utilização de FV para o atendimento das demandas energéticas basais e de pico (HINRICHS, 2014, p. 492).

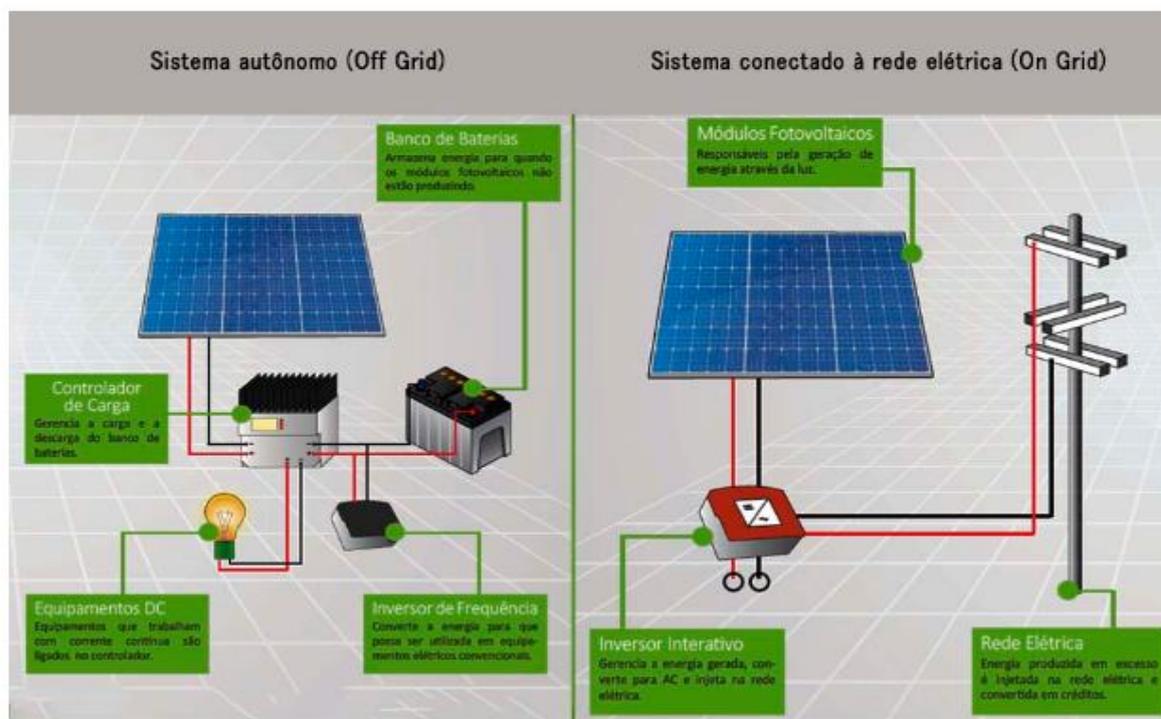
Dentre as suas principais desvantagens, Paines (2014, p. 5) menciona o alto custo de investimento e que seu rendimento depende da radiação incidente, da temperatura ambiente e das tecnologias envolvidas na fabricação das células. Além disso, o aproveitamento solar fotovoltaico passa inicialmente pelo conhecimento dos fatores que influenciam na disponibilidade do recurso e na caracterização desse recurso.

Para Paines (2014), o emprego das tecnologias para os sistemas fotovoltaicos é predominantemente autônomo e integrado. Ou seja, existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados (*Off-grid*) e Sistemas Conectados à Rede (*Grid-tie*).

Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar à rede elétrica é elevado. São utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Já os Sistemas Conectados à rede, substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica.

O sistema fotovoltaico autônomo geralmente é integrado por conjuntos de placas fotovoltaicas, bateria, inversores e um controlador de carga, como pode ser observado na figura 2. Já o sistema *on-grid*, são mais eficientes que os sistemas *Off-Grid* e dispensam a utilização das baterias e dos controladores de carga, o que faz com que seu conjunto tenha um preço mais baixo.

Figura 2- Tipos de sistemas fotovoltaicos



Fonte: Portalenergiabrasil.com (2019).

2.5 Energia eólica

A energia eólica hoje em dia é vista como uma das fontes de energias renováveis mais promissoras. Ela se desenvolveu principalmente na Europa, com a instalação de parques eólicos em massa.

Por definição, a energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento e seu aproveitamento ocorre através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de energia elétrica, ou através de cata-ventos e moinhos para trabalhos mecânicos, como bombeamento de água (ANEEL, 2002).

Nas tecnologias antigas dos moinhos de vento a energia eólica era transformada em energia mecânica e utilizada na moagem de grãos ou para bombear água (LIMA, 2009, p. 8).

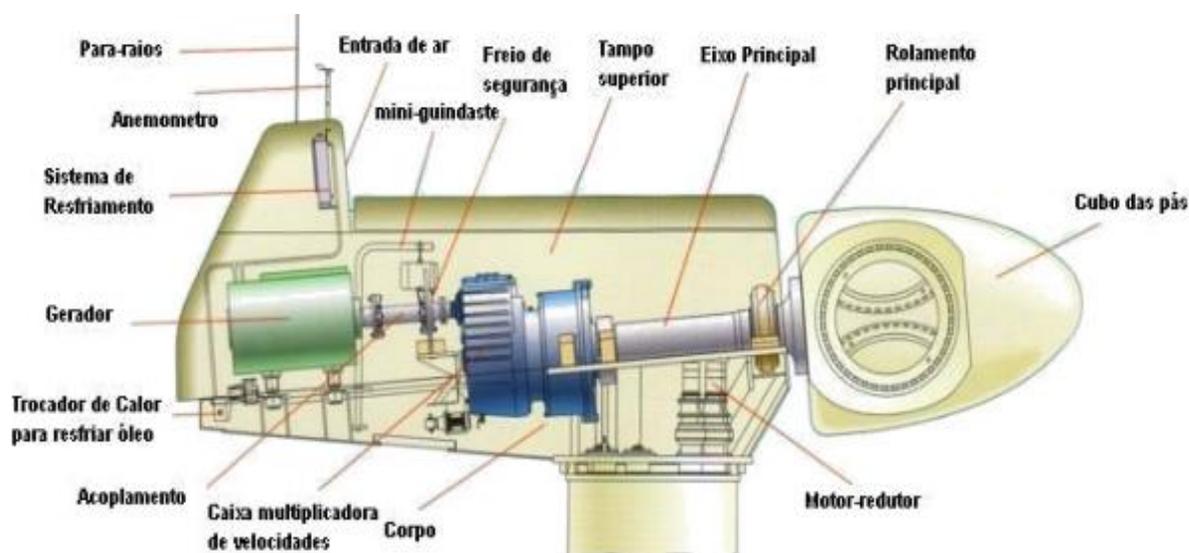
As turbinas eólicas são formadas por um conjunto básico de itens, como as pás rotor, a nacela, a caixa multiplicadora, rotor, gerador sensores de direção, anemômetros e a torre.

Os aerogeradores são os equipamentos responsáveis pela conversão eólico-elétrica, sendo o rotor eólico o componente mais característico de um aerogerador. Uma das classificações típicas de aerogeradores é aquela dada em função da direção de seu eixo de rotação em relação ao vento. Atualmente, os aerogeradores mais comuns são aqueles de eixo horizontal (BARRETO, 2008, p. 23), conforme explicou que:

Os componentes principais de aerogeradores de eixo horizontal, além do rotor eólico e suas pás, são os eixos de baixa e alta velocidade, sistema de multiplicação, sistema de orientação, mecanismos de controle, e gerador elétrico. A nacelle, também conhecida por gôndola, é o compartimento responsável pelo abrigo, proteção e sustentação de todos os componentes do aerogerador, com exceção do rotor. A torre tem como função básica o suporte do rotor e demais componentes do aerogerador, bem como sua localização em uma altura adequada para o melhor aproveitamento da potencialidade eólica disponível

Estes principais componentes de aerogeradores de eixo horizontal, podem ser ilustrados na figura 3.

Figura 3- Componentes de um aerogerador



Fonte: PUCRS (2007).

2.6 Sistemas híbridos eólico-fotovoltaico

Os sistemas híbridos são assim chamados porque usam mais de uma fonte de energia de forma coordenada. Estes sistemas são úteis porque minimizam os custos de geração e fornecem uma boa qualidade de energia, podendo se adaptar ou

ampliar-se as necessidades de cada usuário ou comunidade (BARRETO, 2009, p. 30).

Segundo Lima (2009), sistemas híbridos de energia são sistemas autônomos de produção de energia elétrica que combinam fontes de energia renovável e geradores convencionais. O objetivo deles é produzir o máximo de energia possível das fontes renováveis (sol e vento).

A figura 4 que é apresentada abaixo, é meramente ilustrativa, representa tipicamente um aproveitamento de energias renováveis, com o sistema híbrido solar e eólico instalado.

Figura 4- Sistema híbrido eólico-fotovoltaico



Fonte: engenharia360.com (2020).

Para Barreto (2009), fontes de energia ditas renováveis, solar e eólica, por exemplo, ou não-renováveis como os combustíveis fósseis, podem e devem ser utilizadas de forma única ou combinada (sistemas híbridos) para melhorar a qualidade de vida do homem, conforme observado a seguir que:

Os sistemas híbridos podem ser classificados: quanto à Interligação com a rede elétrica convencional – isolado ou interligado; quanto à prioridade de uso das fontes de energia-baseado no recurso não renovável ou no renovável; quanto à configuração-série, chaveado ou paralelo; e quanto ao porte- micro, pequeno, médio ou grande.

Em relação às principais vantagens desses sistemas híbridos, Barreto (2009) constata que eles podem tanto incluir a utilização dos recursos locais; modularidade; pouca necessidade de manutenção; geração descentralizada; reduzido nível de

emissão de GEE, entre outros. Porém, no que tange as principais desvantagens, destacam-se: recursos precisam ser favoráveis para geração de eletricidade; investimento inicial bastante elevado; necessidade de um sistema de armazenamento de energia, geralmente baterias. A importância dos sistemas híbridos pode ser observada como mostrado a seguir:

A maioria dos sistemas híbridos está instalada em locais remotos, de difícil acesso e, especialmente, com falta de mão-de-obra qualificada para operá-los. Isso justifica a automatização e monitoração remota ou local desses sistemas, o que assegura a redução nos custos operacionais e a maior confiabilidade (BARRETO, 2009, p. 30).

Portanto, esse capítulo procurou deixar claro que fontes de energia chamadas renováveis, solar e eólica, por exemplo, podem e devem ser utilizadas de forma única ou combinada (sistemas híbridos) para melhorar a qualidade de vida do homem, ajudar na questão da sustentabilidade energética e podem oferecer uma redução nos custos relativos à energia elétrica.

3 ESTUDO DE CASO: LABORATÓRIO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

De acordo com a estrutura curricular semestral do curso de Engenharia de Energias da UNILAB, a disciplina de Laboratório de Energias Renováveis é ofertada no 8º semestre, com duração de 15 horas, tendo como pré-requisito a disciplina de Eletrônica de Potência I e Co-requisitos às disciplinas de Energia Solar e Energia Eólica. Diante do exposto, é imprescindível que o estudante saiba as fundamentações teóricas referentes às disciplinas outrora mencionadas, porque sem um conhecimento prévio, o aprendizado seria muito dificultoso, podendo levar o estudante à reprovação.

A metodologia adotada teve uma finalidade básica, puramente estratégica, visando a apresentação descritiva e exploratória do ensino em engenharia, com ênfase ao laboratório de energias renováveis, com vista a propor na prática os conteúdos didáticos que o aluno precisará adquirir para um bom desempenho no laboratório, desde as medições, ensaios e verificação de alguns componentes dos kits didáticos.

Também foi feita uma abordagem qualitativa da influência dos kits didáticos para a aquisição dos conhecimentos práticos dos alunos do curso de engenharia de energias e procedimentos testados, por meio de realização de diversas práticas possíveis de serem realizadas com os equipamentos disponíveis no laboratório e a criação de roteiros para os alunos.

O kit didático de energias renováveis para o ensino e atividades práticas é constituído pela bancada fotovoltaica, que representa o sistema de treinamento em energia solar, a bancada eólica, que representa o sistema de treinamento em energia eólica, e o sistema híbrido. As figuras 5 e 6 que são apresentadas a seguir, mostram as respectivas bancadas que compõem os kits didáticos de energias renováveis.

Figura 5- Sistema de treinamento em energia renovável (ED-9710)



Fonte: minipa.com.br (2020).

Figura 6- Sistema de geração híbrida, solar e eólico



Fonte: Autor (2020).

De acordo com o manual experimental, os kits didáticos de energias renováveis são ferramentas para treinamentos, que enriquecem os estudos e ajudam a conciliar o que se aprende em sala de aulas sobre os principais conceitos de energias renováveis, pois:

O Sistema de treinamento em energia renovável (ED-9710) é composto por módulos individuais (básicos e opcionais) integrados a um *rack* de experimentos. Incorporado ao kit está um *software* de simulação, além do opcional (ED-9732). Estes sistemas didáticos contam com recursos auxiliares que enriquecem o estudo, permitindo experimentos de conversão de energia, não só em termos de conversão, mas também de processamento, garantem o entendimento do funcionamento das células solares de geração de energia, além de apresentar as principais características das células solares, como corrente de curto circuito, tensão de circuito aberto, controle do fator de potência, etc. (CATÁLOGO EDUCACIONAL MINIPA, 2017, sp).

A bancada didática (ED-9710) é usada para que o estudante aprenda os processos de conversão de energia. Esta permite que os alunos possam verificar efetivamente os valores dos resultados (tensão / corrente) mostrados em cada estágio e definir diretamente os procedimentos e componentes dos estágios de conversão de energia. Além disso, eles podem controlar o status de operação do kit e monitorar os dados por meio de um computador, através do módulo de comunicação central (MANUAL EXPERIMENTAL, ED-9710, p. 272).

Quanto aos módulos (ED-9720 e ED-9732), estes garantem os testes para os aerogeradores, que são fundamentais para a conversão de energia eólica. Os testes são implementados, usando o módulo ED-9720, para identificar as características de saída da conversão de energia eólica. Além do mais, oferece uma interface com computador para exibição de gráficos e formas de onda.

Através do kit experimental ED-9732 o usuário tem à disposição experimentos sobre uma das formas de energia renovável, como a energia eólica. Este kit pode ser usado de forma autônoma e também em conjunto com os módulos ED-9710 ou ED-9720, aumentando as possibilidades de experimentos e consequentemente o aprendizado (PROPOSTA TÉCNICA, MINIPA 2020, p.1).

A seguir são listados os principais materiais e respectivas especificações técnicas dos módulos que compõem os kits didáticos.

3.1 Descrição dos materiais utilizados

3.1.1 Configuração dos Módulos

De acordo com o manual experimental ED-9710, o módulo fotovoltaico é a parte principal dos kits didáticos de energia renovável (ED-9710), cuja função é gerar a eletricidade para o sistema. Permite a realização de experimentos relativos às características de uma célula fotovoltaica de acordo com a luz solar (luz incidente). As

características são exibidas em voltímetro e um amperímetro conectado ao módulo, podendo ser transmitidas a um sistema de monitoramento incorporado ou a um PC de usuário usando o módulo de comunicação com fio RS-485 ou o módulo de comunicação sem fio *zigBee*.

Estes módulos permitem uma interligação entre a energia convertida e fornecida ao sistema, cargas, armazenamento de energia, central de comunicação (interliga todos os módulos ao PC ou a um sistema de comunicação sem fio), controle de carga e os multiconversores(ferramenta única que permite converter diferentes tipos de arquivos), para que posteriormente se obtenham os dados de tensão, corrente, fator de potência, como podem ser visualizados nas figuras 7 e 8 mostradas abaixo.

Figura 7- Módulos ED-9710



Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710).

Figura 8- Módulos ED-9710



Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710).

Além disso, os mesmos são interligados em função dos parâmetros que se deseja analisar, sendo que todos devem ser ligados ao módulo de comunicação central, para que se obtenham os dados em formas de gráficos ou tabelas pelo computador.

Em todos os módulos, são dispostos os esquemas de instalação para cada prática a ser realizada. Abaixo é apresentada as principais funções de cada módulo dos kits didáticos, que é de fundamental importância para a identificação e compreensão das práticas.

Módulo Controlador de Carga (ED-9710-01) -Charging Controller module

Este módulo de controle de carga tem a função de carregar a bateria de forma controlada e preventiva. As características do controle de carregamento, como tensão e corrente, são apresentadas nos multímetros e amperímetros dispostos internamente no módulo e, podem ser transmitidos pelo sistema de monitoramento de um computador, através do módulo de comunicação RS-485. A figura 9 abaixo, apresenta o referido módulo controlador de carga.

Figura 9- Módulo controlador de carga

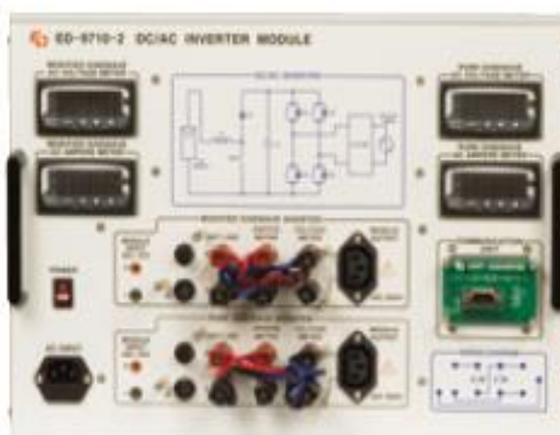


Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710).

Módulo Inversor CC/ CA(ED-9710-02) - DC /AC Inverter module

O módulo tem a função alterar uma tensão de entrada CC e transformá-la em uma tensão de saída CA simétrica, com amplitude e frequência desejadas. A forma de onda da tensão de saída de um inversor ideal deve ser senoidal e os inversores podem ser classificados em dois tipos: monofásicos e trifásicos. A figura 10 mostrada abaixo representa o módulo Inversor CC/CA.

Figura 10- Módulo inversor CC/CA



Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710).

Módulo carga CC(ED-9710-06)-DC Load Module

Este módulo é para experimentos relacionados com cargas em corrente contínua, usando a energia em corrente contínua gerada pelo módulo fotovoltaico e/ou pela bateria. As características deste módulo, como tensão e corrente, são apresentadas no amperímetro e voltímetro internos disponíveis no módulo e podem

ser transmitidas pelo sistema de monitoramento do computador do usuário, através da comunicação RS-485. A figura 11 mostrada abaixo apresenta em detalhes a configuração do módulo.

Figura 11- Módulo Carga CC



Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710).

Módulo de Armazenamento de energia (Ed-9710-03) -*Energy Storage Module*

Este módulo é usado para o armazenamento ou suprimento de energia. Permite o armazenamento da eletricidade produzida dos módulos fotovoltaicos ou aerogeradores usando a função de carregamento interno, de acordo com a tensão de entrada, medição do estado da bateria ou carregamento de uma carga usando uma bateria.

Assim como todos outros módulos, este módulo também apresenta as características elétricas da bateria através do voltímetro e amperímetro disponível no módulo, podendo ainda ser transmitido pelo sistema de monitoramento de um usuário de computador, a partir da comunicação RS-485. A figura 12 mostrada abaixo, representa em detalhes o módulo de armazenamento de energia.

Figura 12- Módulo de Armazenamento de energia



Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710).

Módulo de Comunicação Central (ED-9720-04) - *Central Communication module*

Este módulo é o centro coordenador de toda transmissão e recepção de dados por um único caminho, por meio da integração de informações criadas pelos módulos que constituem os kits didáticos. Assim sendo, com este módulo é possível que sejam realizados experimentos para recursos de comunicação, usando o ponto de conexão RS-485. Os dados coletados podem ser transmitidos para o computador do usuário, por meio da conexão RS-485 e um cabo USB conectado ao computador. Pode ser observado na figura 13 mostrada abaixo, os detalhes do referido módulo.

Figura 13- Módulo de comunicação central

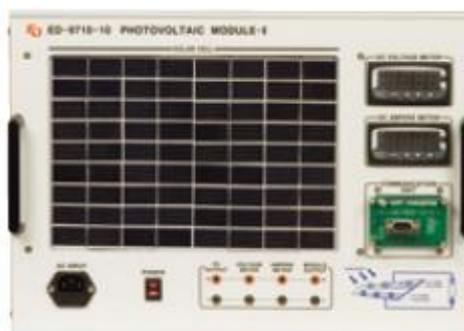


Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710)

Módulo Fotovoltaico (ED-9710-10) - *Fotovoltaic Module*

O módulo fotovoltaico é o parâmetro de maior importância do kit didático de energia solar, que produz a eletricidade para o sistema, permitindo a realização de experimentos que identificam as características das células fotovoltaicas de acordo com a incidência da radiação solar, podendo ser em conexão em série ou paralelo, a partir dos módulos, por alimentação de carga em corrente contínua utilizando os referidos módulos fotovoltaicos, etc.

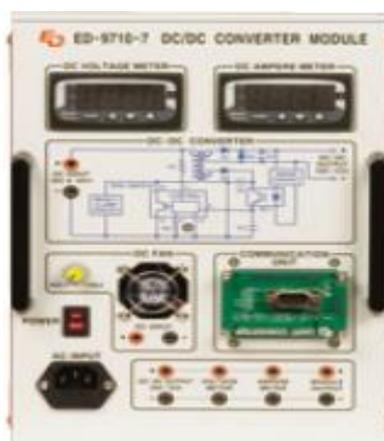
Do mesmo modo como nos módulos anteriores, os dados de tensão e corrente podem ser monitorados através dos amperímetros e voltímetros internos dos respectivos módulos, ou serem transmitidos para o computador do usuário, através do sistema de comunicação RS-485. A figura 14 mostrada abaixo detalha a configuração do referido módulo fotovoltaico.

Figura 14- Módulo fotovoltaico

Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710).

Módulo de conversão CC/ CC(ED-9710-07) - (DC/DC converter module)

A função deste módulo é de converter uma tensão ou corrente contínua que tem uma determinada amplitude, em outra tensão ou corrente contínua com outra amplitude diferente. Além disso, este módulo proporciona tanto práticas separadas ou independentes, quanto com outros módulos. Abaixo é mostrado na figura 15 a constituição do módulo de conversão corrente contínua/ corrente contínua.

Figura 15- Módulo Corrente contínua / Corrente contínua

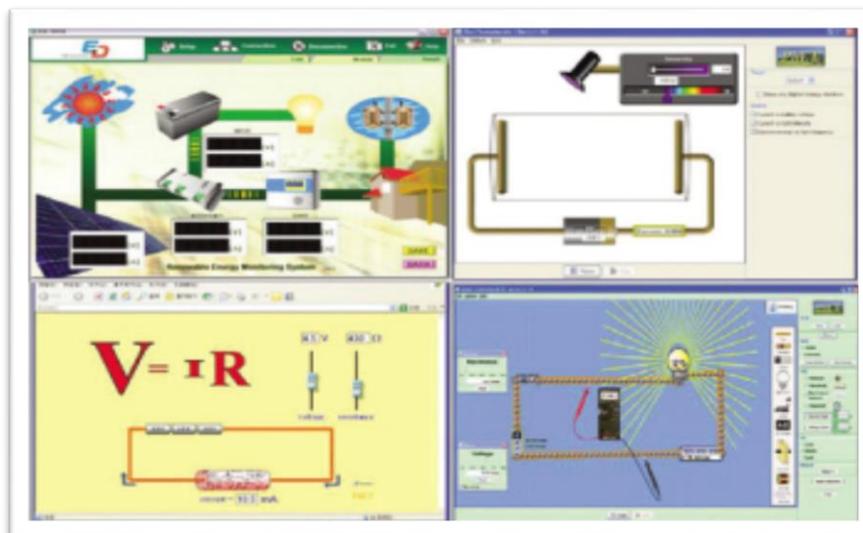
Fonte: Manual experimental de energias Renováveis (ED-9710)

3.1.2 Software de monitoramento de dados

Utilizou-se o *software* disponível nos kits didáticos solar e híbrido. A principal função do referido equipamento foi o monitoramento dos dados fornecidos pela central de comunicação, além de fazer o armazenamento de dados e gráficos. O *software* está disponível em formato CD e é de fácil instalação. O mesmo simula um ambiente didático, podendo ser observado as células fotovoltaicas e os aerogeradores, sendo possível a captura de tela. Além disso, também apresentam as curvas características

dos gráficos de saída para o módulo FV, para tensão e corrente, simulação da lei de ohm, práticas em voltímetro/amperímetro e circuitos básicos. A figura 16 mostra em detalhes a interface do *software*.

Figura 16- Interface do software ED-9710



Fonte: Minipa.com.br (2020).

3.2 Práticas propostas

Esta etapa consistiu na realização de vários experimentos laboratoriais, tendo-se como base o manual experimental disponível nas bancadas de cada kit didático. Para a realização das práticas, foi também necessário seguir os diagramas de instalação disponíveis em cada módulo.

A seguir são apresentadas de forma detalhada as práticas propostas para o kit didático, tanto para o sistema híbrido, quanto ao sistema de energia solar, com os respectivos objetivos.

3.2.1 Experimentos realizados e roteiros

Esta etapa consistiu na elaboração de 5 práticas que eventualmente poderão ser disponibilizadas para as aulas de laboratório de energias renováveis. Essas práticas são mencionadas a seguir. As práticas e os roteiros estão disponíveis no anexo 1 deste trabalho de conclusão do curso.

Experimentos realizados

Atividade Experimental I: Teste de produção de energia elétrica- Ensaio do aerogerador para medição da tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito.

Atividade Experimental II: Módulo controlador de Carregamento;

Atividade Experimental III: Módulo Inversor CC/CA e carga CA;

Atividade Experimental IV: Módulo fotovoltaico-Parte 1:Alimentação de carga CC por módulos fotovoltaicos. Parte 2: Carregamento de bateria pelo módulo controle de carregamento;

Atividade Experimental V: Módulo de armazenamento de energia alimentando carga CC.;

Atividade Experimental VI: Teste de conversão de energia-Usó do sistema híbrido solar-eólico para medição de corrente de curto-circuito e tensão de circuito aberto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões obtidos nesse capítulo são oriundos das práticas experimentais e dos relatos fornecidos pelos alunos de engenharia de energias da UNILAB, feita por meio do aplicativo *online Socrative* e de uma proposta metodológica de ensino para os atuais e futuros docentes do laboratório de energias renováveis.

4.1 Plano de ensino

De acordo com Antunes (2001 apud PAINES, 2014), o plano de ensino facilita o acompanhamento, supervisão e controle do planejamento pedagógico, possibilitando alterações e atualizações, além de incentivar a interdisciplinaridade, permitindo aos professores a elaboração destes em conjunto.

4.1.1 Atividade Experimental I: Teste de produção de energia elétrica- Ensaio do aerogerador para medição da tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito.

4.1.1.1 Plano de ensino

Um aerogerador é um equipamento desenvolvido para a conversão da energia cinética disponível nos ventos em energia elétrica. Basicamente um aerogerador tem como partes constituintes principais: rotor (pás e cubo), Nacele; caixa multiplicadora de velocidade, gerador e torre. Outros fatores que serão abordados na aula estão relacionados a corrente de curto-circuito e tensão de circuito aberto, a saber:

Corrente de Curto-Circuito: é o valor máximo de corrente que os terminais do aerogerador conseguem oferecer. A sua medida ocorre quando a tensão elétrica nos terminais da célula é igual a zero. Este valor é fornecido pelo fabricante sob condição padrão, pode ser medida com um amperímetro curto-circuitando os terminais do módulo (TIGGEMANN,2015 apud MARTINS,2019, p. 23).

Tensão de circuito aberto: é a tensão medida entre os terminais do aerogerador quando não há corrente elétrica circulando e é a máxima tensão que uma célula solar consegue produzir, pode ser medida diretamente nos terminais da célula utilizando um voltímetro. A Voc depende da corrente de saturação I_0 , da corrente elétrica fotogerada IL e da temperatura, como mostra a Equação a seguir (PINHO e GALDINO, 2014; TIGGEMANN, 2015 apud MAERTINS, 2019, p.23).

$$V_{oc} = k T q \ln (I_L I_0 + 1)$$

4.1.1.2 Objetivos

- Medir a tensão terminal sem carga;
- Medir a Corrente de curto-circuito e tensão de circuito aberto.

4.1.1.3 Duração: 2horas/ Aula em laboratório.

4.1.1.4 Guia do professor

Em primeira instância, deverá ser realizada uma revisão bibliográfica em relação aos principais conceitos de geração de energia elétrica por meio de aerogeradores e posteriormente a apresentação do aerogerador e sua fundamentação teórica. O planejamento das atividades práticas com os estudantes poderá ser realizado em sala de aula para a abordagem geral do assunto.

A utilização do *kit* didático de energia eólica assim como os conceitos estudados e considerados importantes, é de grande importância para auxiliar o entendimento dos textos preparados e atividades para serem discutidas em grupo.

4.1.1.5 Procedimento Experimental

Observação: Pelo menos um membro do grupo deve levar um notebook. Os módulos a serem utilizados nesse experimento serão o módulo fotovoltaico da bancada didática ED-9720 e o módulo eólico ED-9732. Esse ensaio deve ser feito sem carga.

1. Instale o *software* do painel eólico/híbrido disponível no laboratório.
2. Configure a instalação como na figura 17 abaixo. Altere a distância entre o emulador, como fonte de energia eólica, e a lâmpada, como fonte de energia solar, a fim de observar a mudança de saída de acordo com a mudança de distância da fonte de energia com base nos valores de retorno.
3. Para cada medição feita em função da distância adotada, anote os valores de tensão de circuito-aberto e de corrente de curto-circuito.
4. Faça captura de tela dos gráficos gerados pelo *software*.

Observação: Na ausência de emulador para o aerogerador, deverá variar a velocidade do aerogerador com as mãos alternando a distância.

Figura 17- Esquema de Instalação



Fonte: Autor (2021).

5. Complete a tabela com os valores do item anterior

Tabela 1- Parâmetros a serem medidos

Medida	Tensão	Corrente	Potência
30 cm			
50 cm			
70 cm			

Fonte: Autor (2020).

4.1.1.6 Pós laboratório

1. Discuta sobre os resultados dos gráficos obtidos.
2. Comente sobre a influência da variação da distância (intensidade da velocidade do vento) com os parâmetros medidos.
3. Construa o gráfico da curva característica de potência em função dos dados de tensão e corrente medidos.

4. Calcule a potência média do circuito.

4.1.1.7 Resultados Esperados

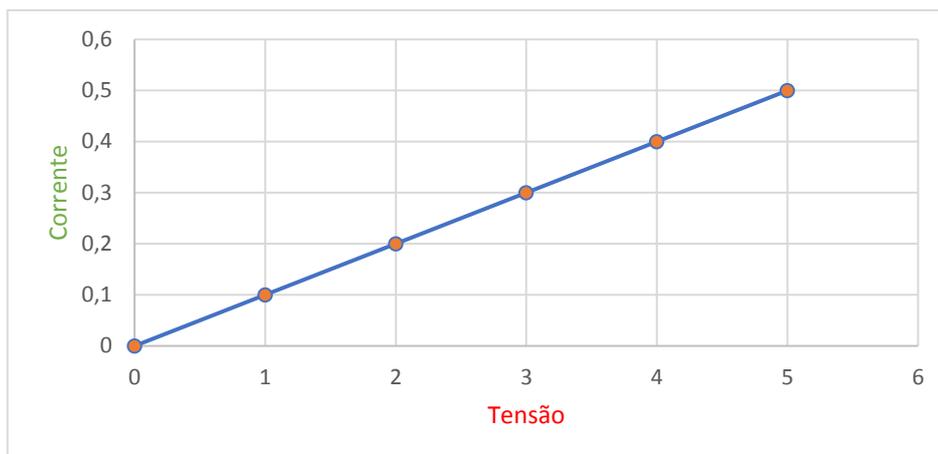
Espera-se que depois de medidos os parâmetros como especificados no roteiro, tenha-se como resultado o gráfico que apresenta as curvas características de corrente e tensão conforme o comportamento mostrado na figura 18. Percebe-se pela figura que à medida em que o aerogerador vai operando, tanto a tensão quanto a corrente crescem ao longo do tempo, até que o aerogerador é desconectado, mostrando assim os valores de tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito.

Outro dado a se observar é que, a máquina em curto-circuito está frenada eletromagneticamente, ou seja parada, o que permite obter os dados para a elaboração da curva característica de potência do aerogerador em tempo real numa planilha de Excel, conforme mostrado abaixo, onde, para medição da corrente de Curto-Circuito a tensão de circuito-aberto deverá ter valor nulo e para medição de tensão de circuito aberto, a corrente de Curto-Circuito deverá ter valor nulo.

Figura 18- Teste de geração de energia eólica



Fonte: Autores (2020).

Gráfico 1- Curva Característica de potência

Fonte: Autores (2020).

4.1.2 Atividade Experimental II: Módulo controlador de Carregamento de bateria.

4.1.2.1 Plano de ensino

O controlador de carga, conforme mostrado na Figura 19, é um dispositivo que faz a conexão entre o painel FV, o banco de baterias ou a carga de forma correta. As principais funções do controlador de carga são impedir que a bateria seja sobrecarregada ou descarregada excessivamente e controlar as tensões e correntes da bateria e da carga (REGES, PLATINI, 2007, p. 38).

As funções de um controlador podem ser definidas como:

- Proteção de sobrecarga;
- Proteção de descarga excessiva;
- Gerenciamento da carga da bateria;
- Estágio de carregamento pesado;
- Estágio de absorção;
- Estágio de flutuação.

4.1.2.2 Objetivos

- Testar operacionalmente um controlador de carregamento;
- Configurar um sistema usando um controlador de carregamento;
- Apresentar a importância do módulo para o correto carregamento da bateria.

4.1.2.3 Duração: 2horas/ Aula em laboratório.

4.1.2.4 Guia do professor

A atividade prática tem por objetivo mostrar a importância do módulo controlador de carregamento da bateria e de realizar o monitoramento da mesma enquanto carrega, de modo a verificar o comportamento da tensão e corrente do módulo fotovoltaico e da bateria em tempo real.

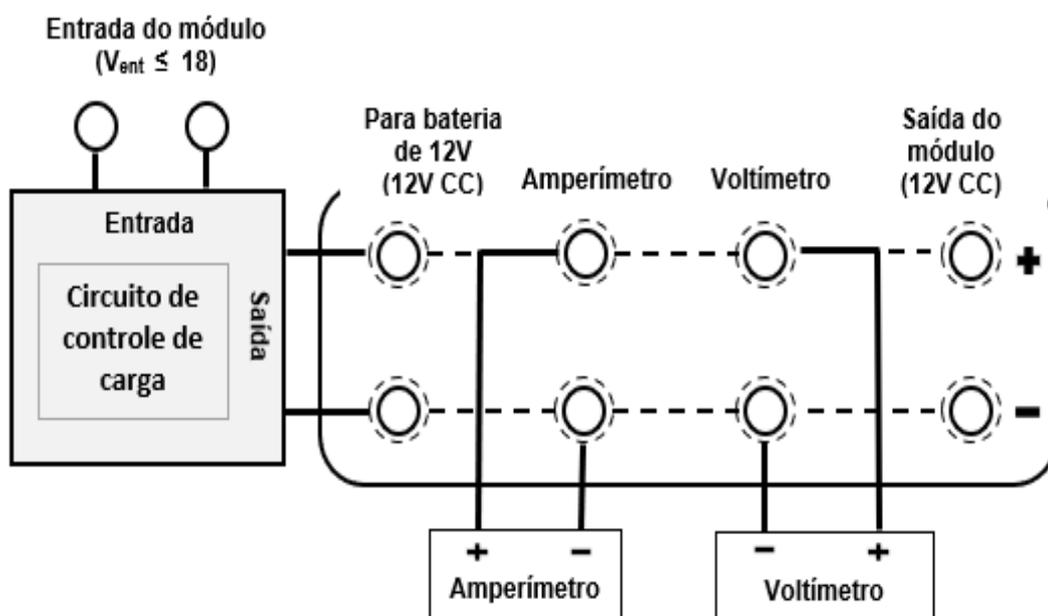
Além disso, é importante deixar claro que os módulos FV nunca devem ser conectados diretamente às baterias, pois é preciso ser verificado o nível de carga das baterias, com a finalidade em evitar sobrecargas.

4.1.2.5 Procedimento Experimental

Observação: Pelo menos um membro de cada equipe deve levar um notebook. O módulo a ser usado nesse procedimento experimental serão os módulos da banca didática solar ED-9710, nomeadamente o módulo fotovoltaico, o módulo carregamento de bateria, a bateria e o módulo de carga CC ou carga CA.

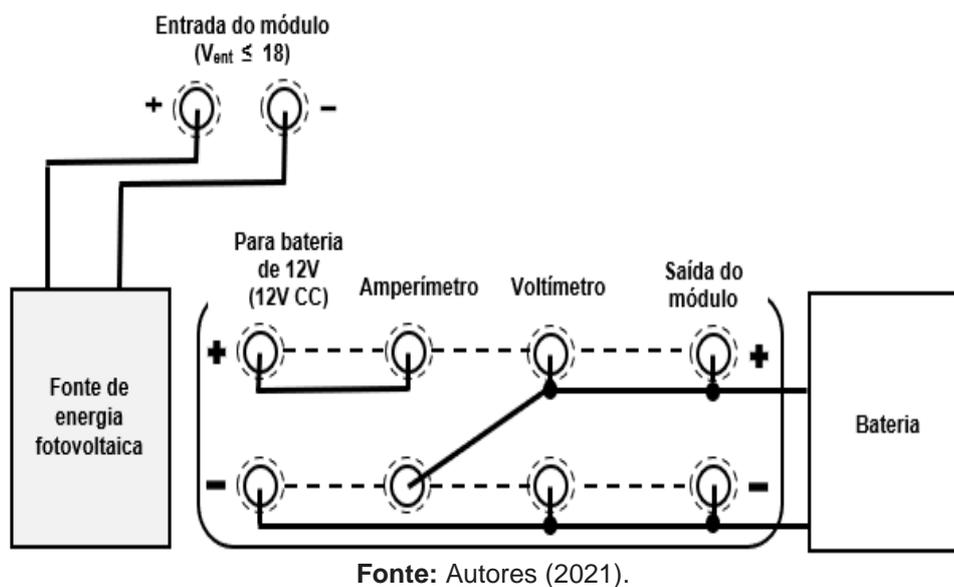
1. Faça a instalação do *Software* disponível no laboratório em seu notebook.
2. Observe o esquema de instalação interna e externa do módulo controlador de carregamento como mostradas nas figuras abaixo:

Figura 19- Instalação interna do módulo de controle de carregamento



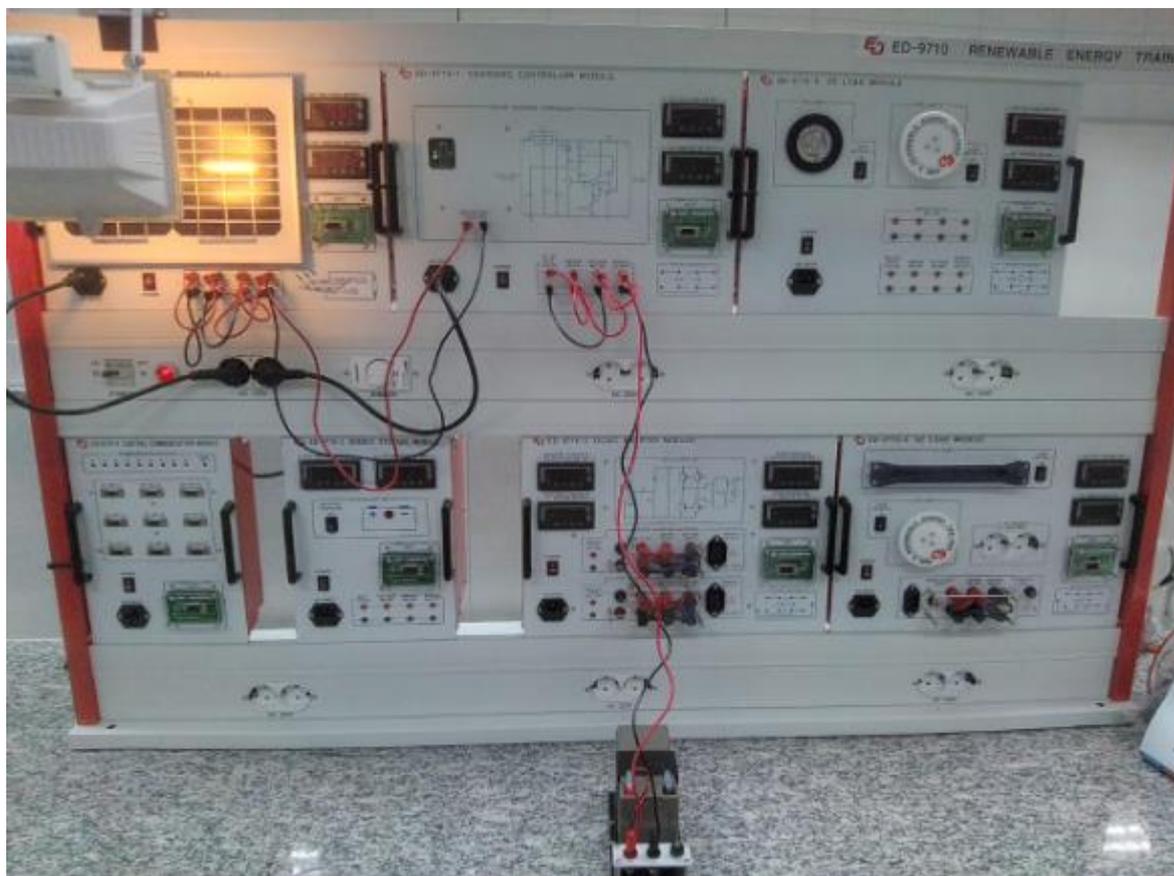
Fonte: Autores (2021).

Figura 20- Instalação externa do módulo de controle de carregamento



3. Faça a instalação como mostrado na figura abaixo:

Figura 21- Módulo controle de carregamento



4 Meça a Tensão e a Corrente produzida pelo módulo fotovoltaico, pelo

controlador de carga e pelo módulo da bateria.

Observação: Faça captura de tela dos dados obtidos e salve em seu notebook

Tabela 2- Parâmetros a serem medidos

Medidas	Célula FV		Módulo controlador de carregamento		Módulo da Bateria	
	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente
Intervalo Entre o Ventilador						
50 cm						
70 cm						

Fonte: Autores (2020).

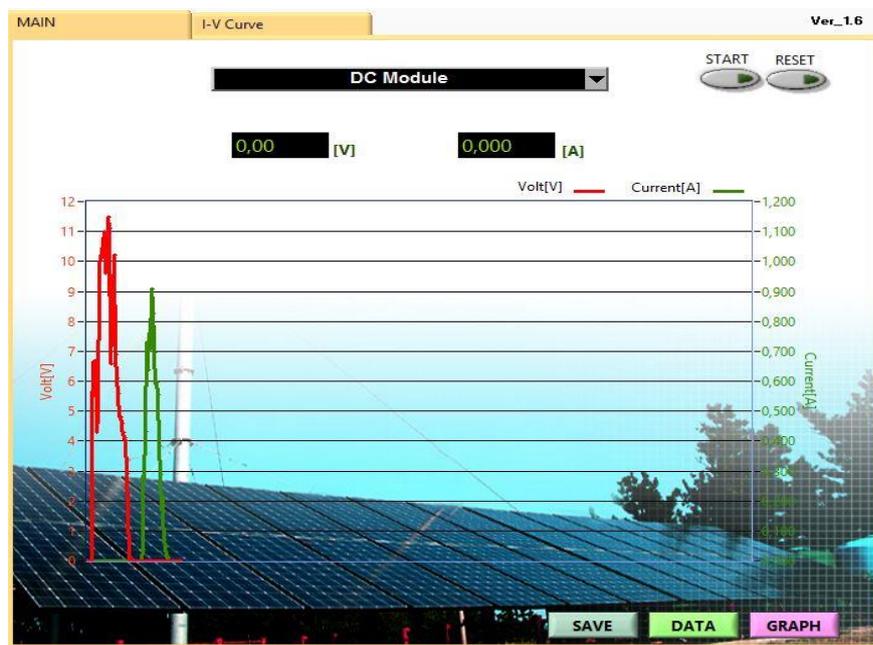
4.1.2.6 Pós-laboratório

1. Comente sobre a influência da intensidade de variação de giro, com os parâmetros medidos.
2. Discuta e interprete os gráficos obtidos nos experimentos com a literatura.
3. Qual é a finalidade do módulo controlador de carga?

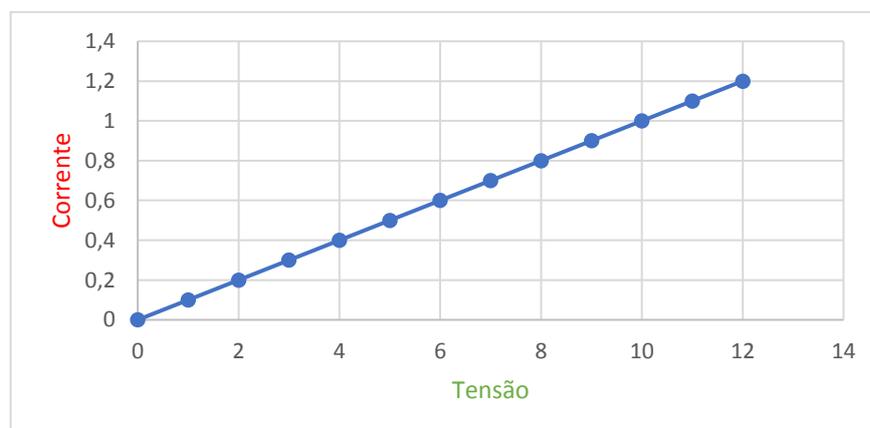
4.1.2.7 Resultados Esperados

Espera-se que depois de medidos os parâmetros como especificados no roteiro em tempo real, o gráfico apresente os dados de corrente e tensão conforme o comportamento mostrado na figura 22. Para este caso, espera-se um comportamento fiel de tensão e corrente que devem crescer linearmente, porque a bateria está sendo carregada não diretamente da fonte fotovoltaica, mas por meio do sistema de monitoramento, porém com valores mais altos de tensão de circuito aberto que de corrente de curto-circuito.

Quando a bateria é desconectada, pode-se obter os dados de tensão de circuito aberto e de corrente de curto-circuito e por meio desses dados pode-se obter a curva característica de potência por meio de uma planilha de Excel conforme mostrado abaixo.

Figura 22- Controle de Carregamento

Fonte: Autores (2020).

Gráfico 2- Curva característica de potência

Fonte: Autores (2020).

4.1.3 Atividade Experimental III: Módulo Inversor CC/CA e carga CA

4.1.3.1 Plano de ensino

O inversor de frequência FV, conforme mostrado na Figura 23, é um equipamento, cuja sua principal função é converter corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), sendo esta a forma de corrente mais utilizada nos eletrodomésticos e pelas concessionárias de energia elétrica. Este equipamento é conectado, normalmente, na saída do banco de baterias quando se trata de um sistema FV autônomo para realizar a conversão de energia (SAHA, 2015 apud REGES, 2017, p. 39).

4.1.3.2 *Objetivos*

- Entender o conceito de inversor e características de acionamento por tensão de entrada;
- Compreender a diferença entre uma onda senoidal e um inversor de onda quadrada.

4.1.3.3 *Duração: 2horas/ Aula em laboratório.*

4.1.3.4 *Guia do professor*

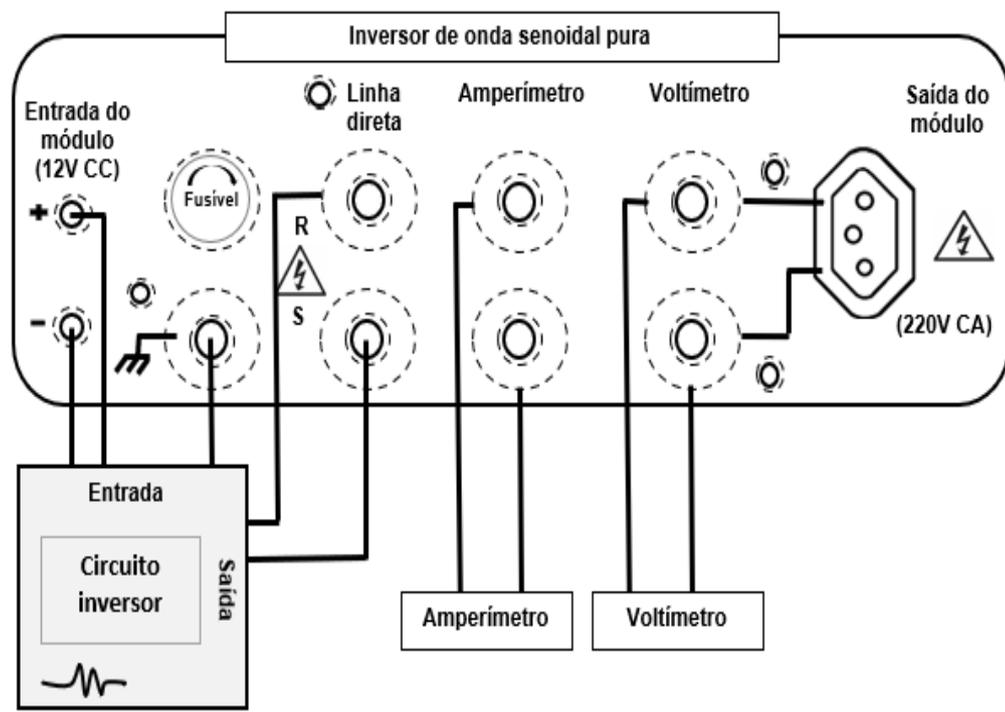
Inicialmente deverá ser ministrada uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos de inversores e sobre comportamentos característicos de ondas senoidais. Posteriormente deverá ser feito uma apresentação do módulo conversor CC/CA e carga CA. Esta prática pode ser feita tanto pelo kit didático de energia solar, quanto pelo sistema híbrido renovável de forma integrada. O planejamento das atividades práticas com os estudantes poderá ser realizado em sala de aula para a abordagem geral do assunto. A utilização do *kit* didático de energia solar assim como os conceitos estudados e considerados importantes, é de grande importância para auxiliar o entendimento dos textos preparados e atividades para serem discutidas em grupo.

4.1.3.4 *Procedimento Experimental*

Observação: Pelo menos um membro de cada grupo deve levar um notebook. Os módulos que serão utilizados serão da bancada didática ED-9710, que são respectivamente: módulo fotovoltaico, módulo controlador de carregamento, módulo inversor CC/CA, bateria e o módulo de carga CA.

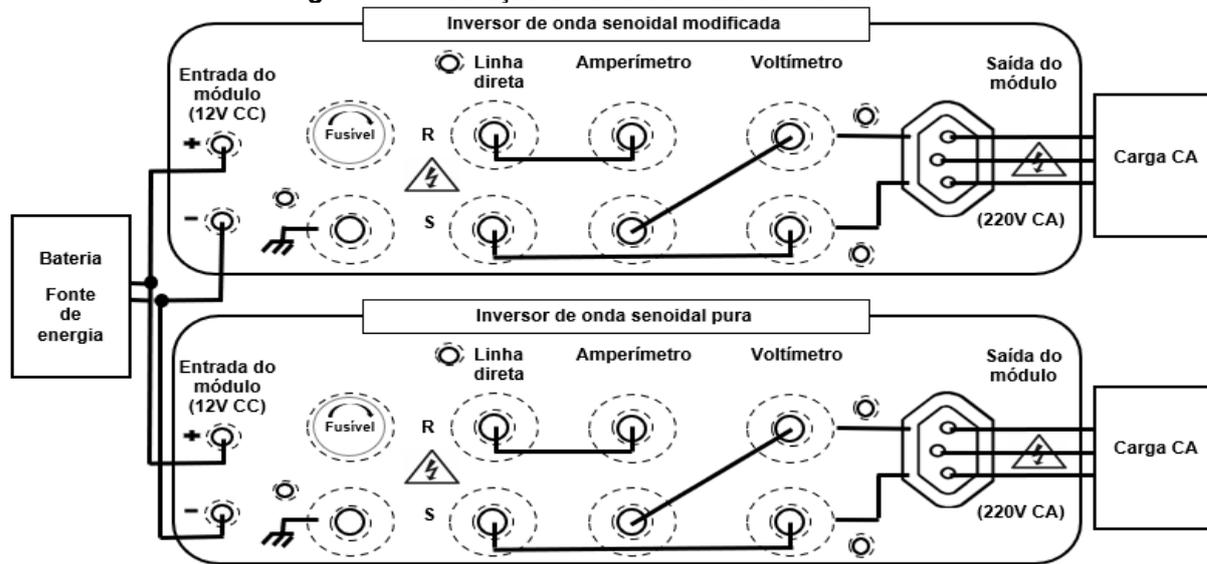
1. Faça a instalação do *Software* disponível no laboratório em seu *notebook*.
2. Observe o esquema de instalação interna e externa do módulo inversor CC/CA como mostradas nas figuras abaixo:

Figura 23- Instalação interna do módulo CC/CA



Fonte: Autores (2021).

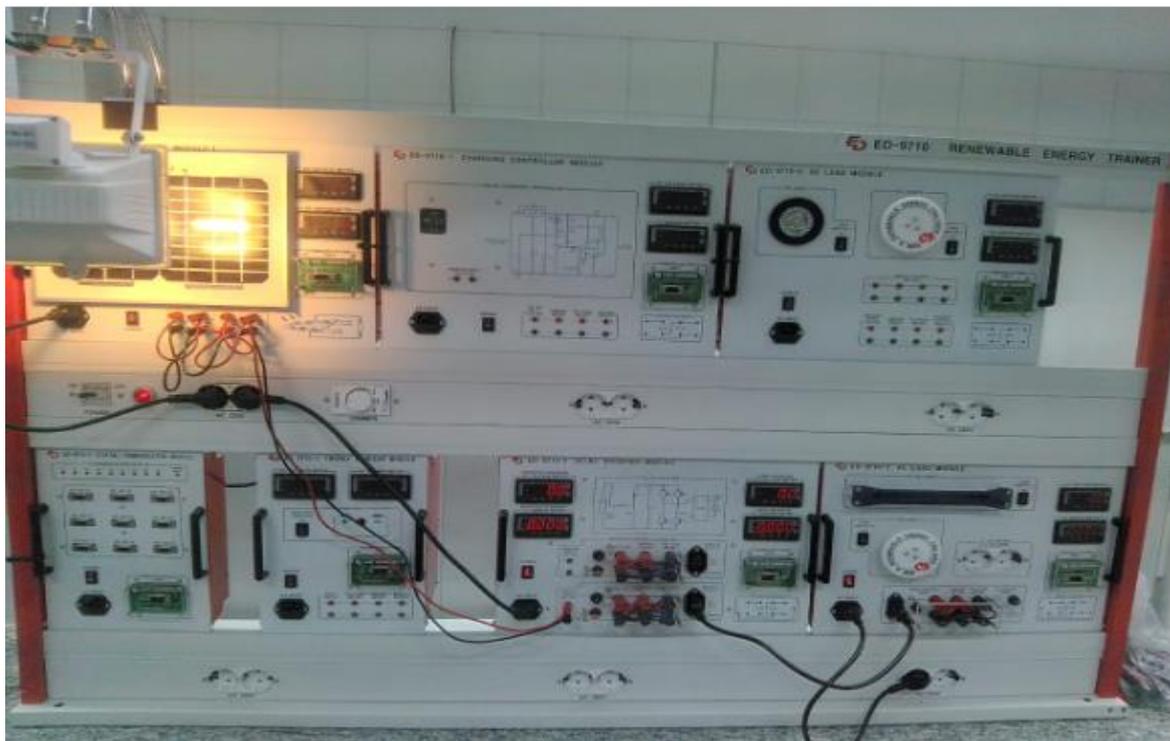
Figura 24- Instalação externa do módulo inversor dc/ca



Fonte: Autores (2021).

3 Faça a instalação como mostrado na figura abaixo:

Figura 25- Módulo Inversor CC/CA com carga



Fonte: Autores (2021).

- 4 Meça a tensão e a corrente produzida pelo módulo fotovoltaico, pelo controlador de carga e pelo módulo da bateria. Para o procedimento com a carga CA, conecte a carga CA de forma que a energia elétrica aplicada seja suficiente para acionar um inversor.
- 5 Monitore a variação de saída do inversor de acordo com a operação da carga CA. Além disso, observe os fenômenos decorrentes da carga CA quando o inversor for alterado para um tipo de inversor diferente.

Observação: Faça captura de tela dos dados obtidos e salve em seu notebook

Tabela 3- Parâmetros a serem medidos

	Bateria		CC/CA Inverter	
Medidas	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente
Medição 1				

Medição 2

Medição 3

Medição 4

Medição 5

Fonte: Autores (2020).

4.1.3.5 Pós-laboratório

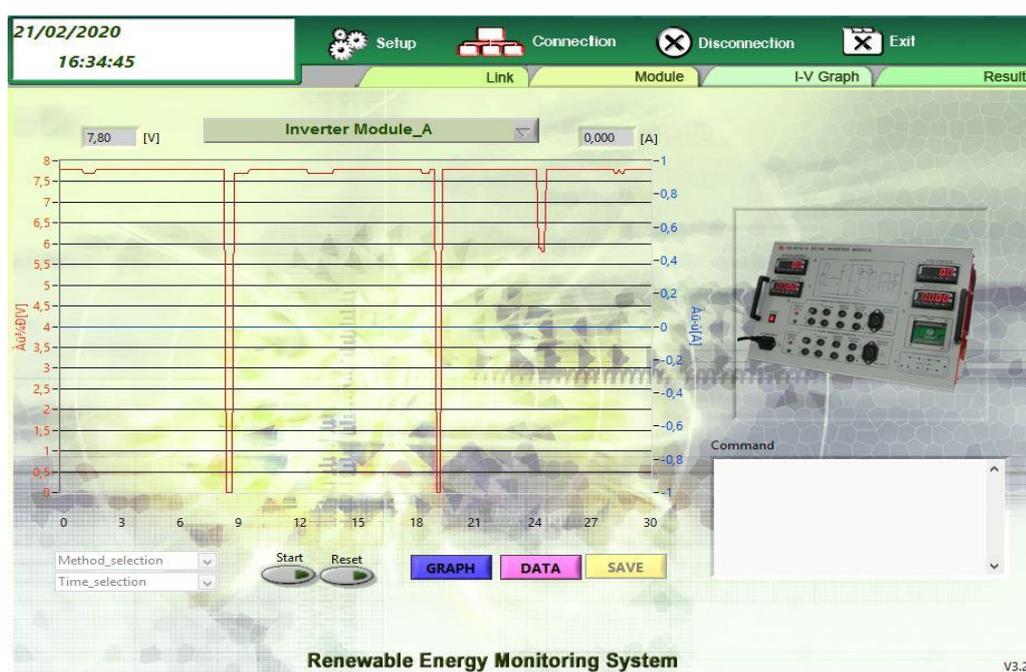
Comente sobre a influência da intensidade de variação de giro nos parâmetros medidos.

1. O que aconteceu com a carga CA em função da influência da regulação de tensão? Comente.
2. Discuta e interprete os gráficos obtidos nos experimentos.
3. Elabore a curva característica de potência e comente sobre.

4.1.3.6 Resultados Esperados

Espera-se que depois de medidos os parâmetros como especificados no roteiro, o gráfico apresente os dados de corrente de curto-circuito e tensão de circuito aberto conforme o comportamento mostrado na figura 26. Além disso, espera-se ainda que a corrente de saída seja alternada, por ser a principal função do inversor, com altos valores de tensões em comparação a corrente.

Figura 26- Módulo Inversor CC/CA e carga CA



Fonte: Autores (2020).

Como a carga está sendo alimentada pelo módulo fotovoltaico, espera-se que a medida em que a corrente estiver sendo convertida, a tensão apresente comportamento oscilatórios no gráfico, se registrando maiores valores de tensão que de corrente.

4.1.4 Atividade Experimental IV: Módulo Fotovoltaico

Alimentação de carga CC por Células fotovoltaicas a partir do módulo controlador de carregamento de bateria.

4.1.4.1 *Plano de Ensino*

As estruturas fotovoltaicas são influenciadas principalmente por dois processos climáticos, são eles: intensidade da radiação solar e temperatura ambiente. É importante considerar tais fatores ao simular ferramentas que descrevam a curva de um módulo fotovoltaico, isto é, deve-se observar o comportamento de cada variável sob condições de temperatura e radiação distintas das encontradas comumente em padrão de teste – geralmente usa-se 1000 W/m² para radiação solar, temperatura de 25°C e AM 1.5 (TIGGEMANN, 2015, apud MARTINS, 2019, p. 23).

Módulo fotovoltaico é termo técnico para placa solar ou painel solar. O módulo fotovoltaico é composto por 36 a 72 células solares produzidas normalmente por silício e é utilizado para a captação da luz do sol, com a função de converter a luz solar em energia elétrica fotovoltaica. Às células do módulo fotovoltaico são responsáveis pela geração da energia solar, já que causam o efeito fotovoltaico que absorve a energia da luz solar para que a corrente elétrica percorra o caminho necessário entre duas camadas em um direção oposta.

4.1.4.2 *Objetivos*

- Realizar experimentos da carga CC usando a célula fotovoltaica.
- Alimentar uma carga CC através da bateria.

4.1.4.3 *Duração*: 2horas/ Aula em laboratório.

4.1.4.5 Guia do professor

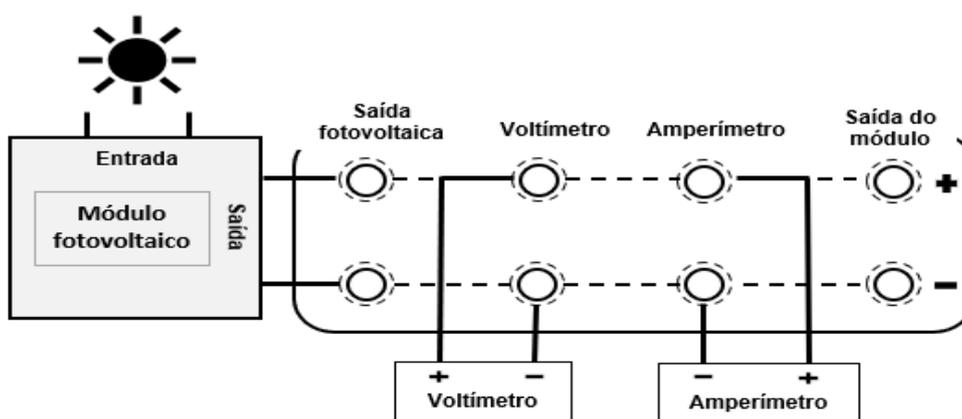
A atividade prática tem por objetivo apresentar a importância do módulo fotovoltaico para alimentação de cargas CC. Para isso, deverá ser dada uma abordagem teórica sobre a integração de cada um dos módulos do kit didático (fotovoltaico, controle de carregamento de bateria e carga CC) para o resultado final. Este experimento é para resposta operacional e consumo de energia da carga CC a partir dos dados de tensão e corrente, de acordo com as características da célula fotovoltaica que opera de maneira regular.

4.1.4.6 Procedimento Experimental

Observação: Para esta prática serão utilizados os módulos fotovoltaicos, o módulo controle de carregamento, bateria, módulo inversor CC/ CA e o módulo de carga CA da bancada didática ED-9710.

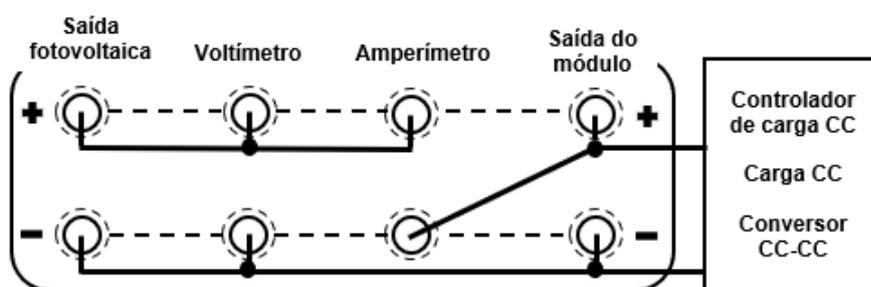
1. Faça a instalação do software disponível no seu notebook;
2. Observe o esquema de instalação interna e externa do módulo fotovoltaico, como mostrado na figura abaixo.

Figura 27- Instalação interna do módulo fotovoltaico



Fonte: Autores (2021).

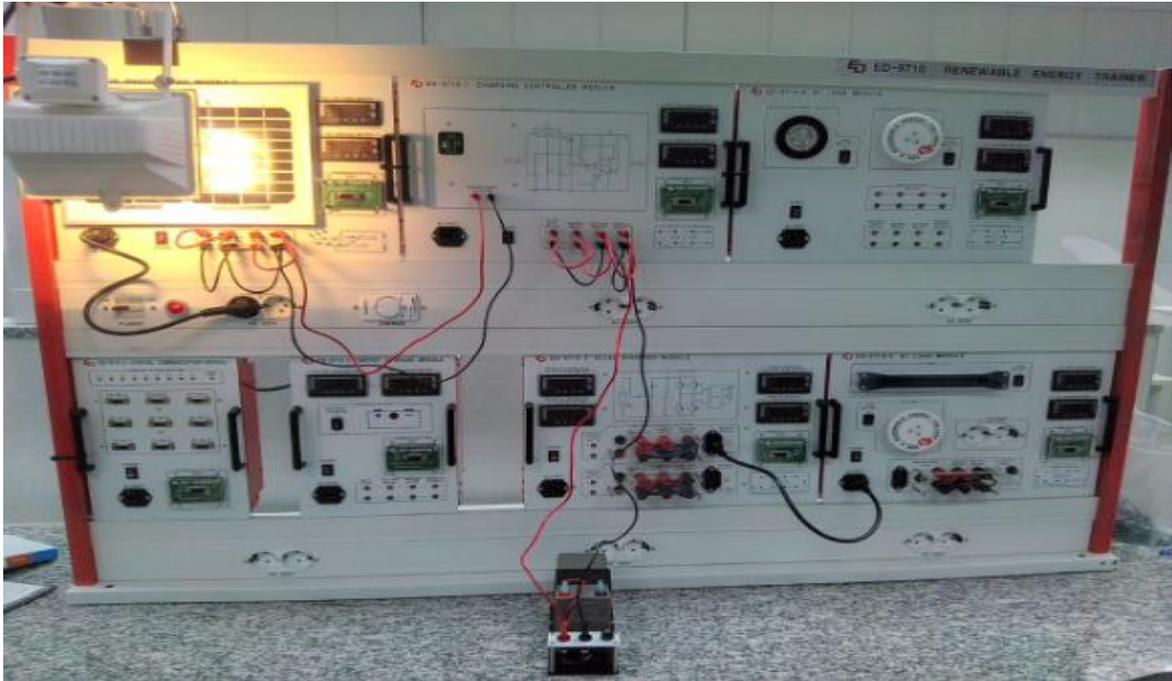
Figura 28- Instalação externa do módulo fotovoltaico



Fonte: Autores (2021).

- 3 Faça a instalação como mostrado abaixo e aplique uma tensão variando o Dimmer.

Figura 29- Módulo fotovoltaico carregando uma bateria e alimentando uma carga CC



Fonte: Autores (2021).

Observação: Faça print dos dados obtidos e salve em seu notebook.

4.1.4.7 Pós-laboratório

- Compare e discuta os valores de tensão e corrente nos painéis (módulo fotovoltaico) e na carga (módulo carga CC).
- Explique o motivo pelo qual o gráfico apresentou o comportamento obtido.

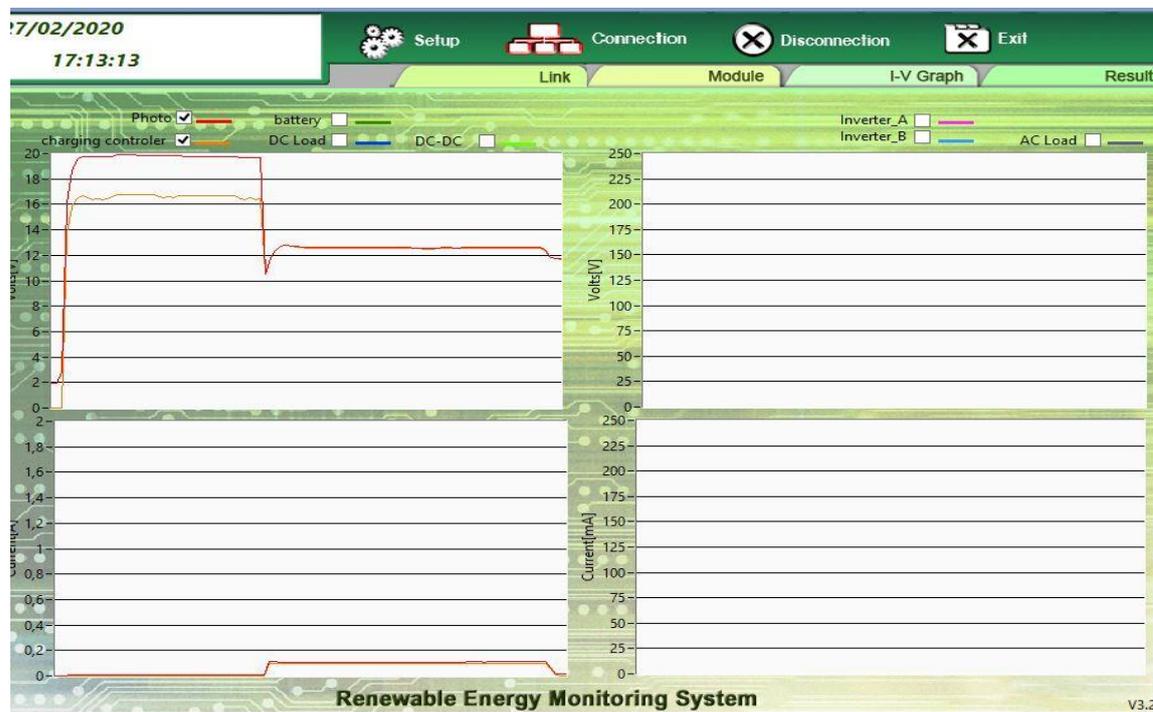
Observação: Faça print dos dados obtidos e salve em seu notebook.

4.1.4.8 Resultados Esperados

Espera-se que depois de medidos os parâmetros como especificados no roteiro, o gráfico apresente os dados de corrente de curto circuito e tensão de circuito aberto conforme o comportamento da figura 30. Como se percebe na figura, enquanto a bateria é alimentada pelo módulo fotovoltaico, a corrente se manteve constante, devido ao fato de a carga ainda não estar sendo alimentada pela bateria.

À medida que a bateria estiver sendo carregada, a carga vai ser alimentada pela tensão da bateria e para garantir o correto funcionamento, a tensão que carrega a bateria deverá ser sempre maior ou igual a tensão que passa pela bateria.

Figura 30- Módulo fotovoltaico carregando uma bateria



Fonte: Autores (2020).

4.1.5 Atividade Experimental V: Módulo de armazenamento de Energia alimentando uma carga CC (motor ligado e lâmpada desligada/motor desligado e lâmpada ligada ou lâmpada desligada e motor ligado).

4.1.5.1 Plano de Ensino

O módulo de armazenamento de energia (bateria) é usado para armazenar ou fornecer energia ao sistema para o kit didático (ED-9710). Este módulo pode trabalhar garantindo o fornecimento de energia para o sistema quando houver pouca ou não houver energia solar. Com este módulo, experimentos para carregar as características do módulo de armazenamento de energia de acordo com a tensão de entrada podem ser feitos.

As características do módulo de armazenamento de energia são exibidas em um voltímetro e um amperímetro conectado ao módulo e podem ser transmitidos a um

sistema de monitoramento incorporado ou um PC de usuário usando o módulo de comunicação com fio RS-485 ou o módulo de comunicação sem fio *zigBee*.

4.1.5.2 *Objetivo*

- Realizar experimentos sobre alimentação de uma carga de corrente contínua aplicando diretamente a tensão contínua de uma bateria ou alimentar uma carga de corrente alternada aplicando tensão alternada convertida da tensão contínua.
- Executar experimentos para variar as características de uma bateria de acordo com a operação de carga.

Observação: Pelo menos um membro de cada equipe deverá levar um notebook.

4.1.5.3 *Duração: 2 horas/Aula em laboratório.*

4.1.5.4 *Guia do professor*

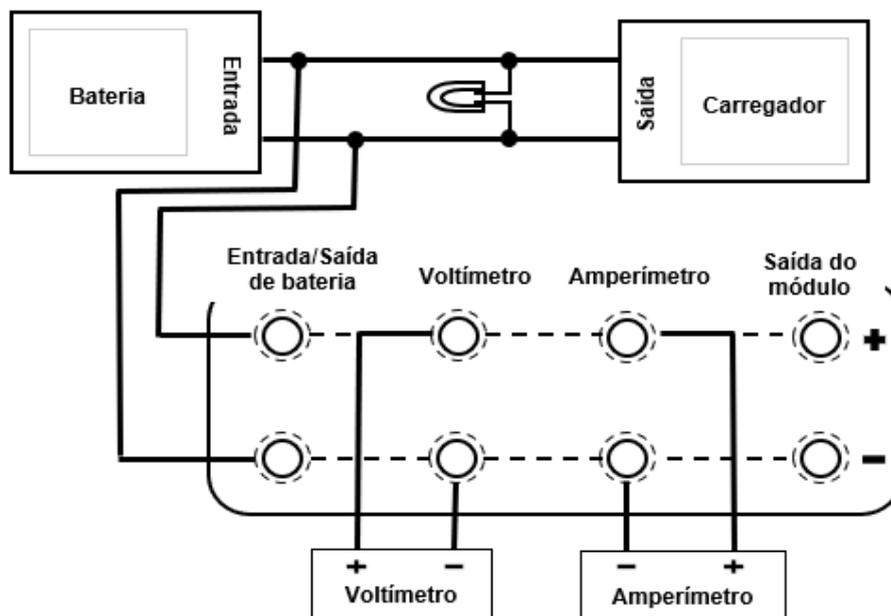
Com o auxílio dos módulos do kit didático para energia solar, primeiro realizar os esquemas externos para o módulo de armazenamento de energia alimentando uma carga CC. No primeiro experimento, poderá testar o comportamento dos parâmetros de tensão e corrente com o motor ligado e lâmpada desligada. No segundo experimento, poderá testar os parâmetros com o motor desligado e lâmpada ligada e posteriormente com os dois ligados, para se obter as curvas características de tensão e corrente.

4.1.5.5 *Procedimento Experimental*

Observação: Para esta prática os materiais utilizados serão os módulos fotovoltaicos, o módulo controle de carregamento, o módulo de armazenamento de energia, o módulo inversor CC/CA e o módulo de carga CA.

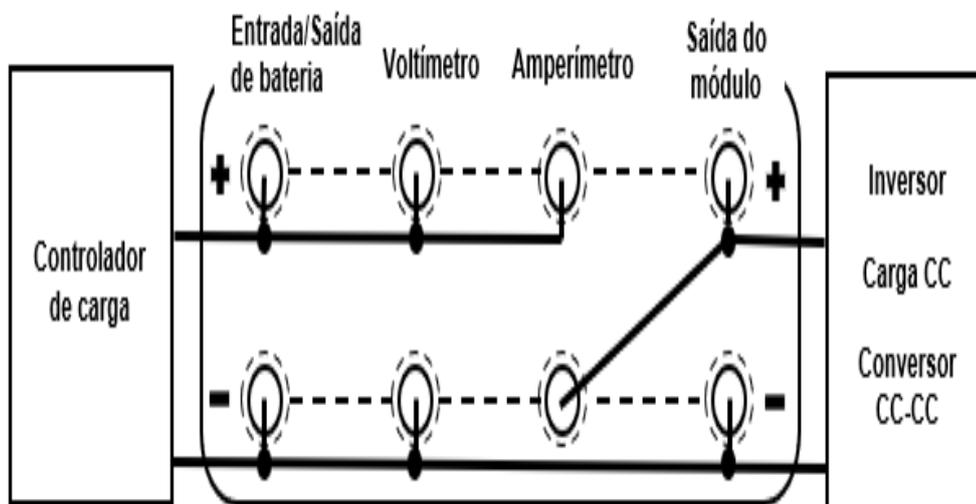
1. Faça a instalação do software disponível no laboratório, em seu notebook;
2. Observe a instalação interna e externa do módulo de armazenamento de energia, como mostrado nas figuras abaixo.

Figura 31- Instalação interna do módulo de armazenamento de energia



Fonte: Autores (2021).

Figura 32- Instalação externa do módulo de armazenamento de energia



Fonte: Autores (2021).

- 3 Conecte o módulo fotovoltaico ao módulo controlador de carregamento (módulo *input*).
- 4 Posteriormente, alimente o módulo de armazenamento de energia e faça os devidos esquemas de ligação externa, como mostrada na figura 33. Feito isso, alimente o módulo de carga CC.

Figura 33- Módulo armazenamento de energia alimentando uma carga cc/ca



Fonte: Autores (2021).

5. Aplique uma tensão (variando o Dimmer).
6. Ligue uma carga(lâmpada) e observe os resultados.
7. Ligue outra carga (motor) com a lâmpada desligada e observe os resultados
8. Ligue as duas cargas e observe os resultados.
9. Desligue as duas cargas e observe os resultados.

Observação: Faça captura de tela dos dados obtidos e salve em seu notebook.

4.1.5.6 Pós-laboratório

1. Comente os efeitos apresentados pelas cargas na presença de variação da tensão.
2. Comente todos os gráficos gerados.
3. O que acontece com as cargas, tensão e corrente, se forem desligados as células fotovoltaicas e o módulo de controle de carregamento?
4. O módulo de armazenamento pode alimentar as cargas mesmo com o painel desligado? Justifique.

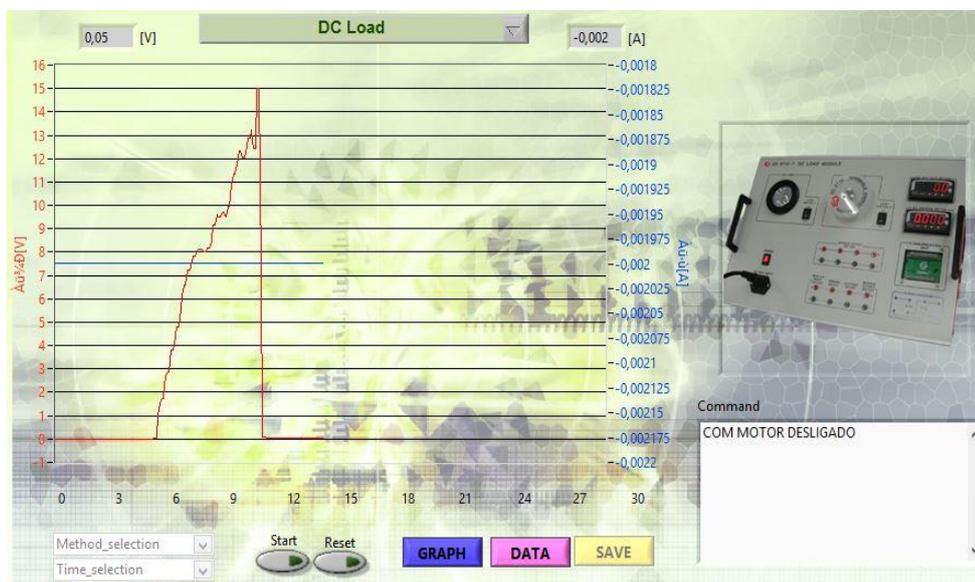
5. O que acontece com a tensão e a corrente quando:
 - a) Somente uma carga é ligada
 - b) Duas cargas são ligadas
 - c) Sem nenhuma carga
6. Elabore a curva característica de potência e dê uma explicação.

4.1.5.7 Resultados Esperados

Espera-se que depois de medidos os parâmetros como especificados no roteiro, o gráfico apresente os dados de corrente e tensão conforme o comportamento mostrado nas figuras 34 e 35. No primeiro caso relativo à figura 34, espera-se que ao longo do tempo a bateria tenha tensão suficiente para ligar a lâmpada. Como a tensão que a lâmpada precisa para funcionar é inferior a tensão fornecida pela bateria, a bateria carregará perfeitamente sem se desligar enquanto estiver sendo alimentada pelo módulo fotovoltaico.

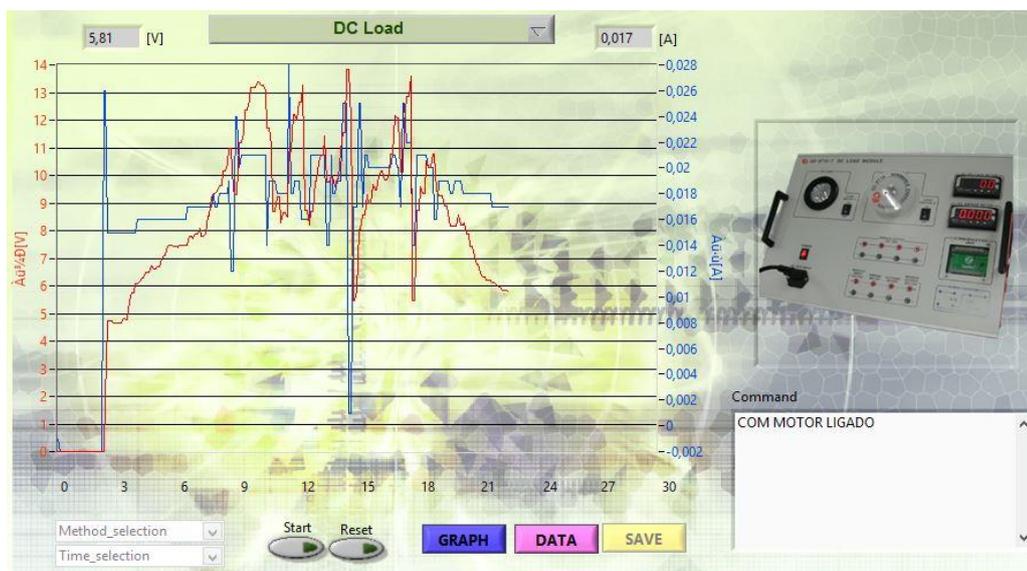
No segundo caso relativo à figura 35 onde temos a alimentação do motor pela bateria, espera-se que se a bateria estiver carregada com tensão suficiente, o motor estará funcionando perfeitamente sem interrupção. Mas se a bateria estiver descarregando ou não tiver tensão/carga suficiente, ela estará entregando toda tensão e corrente que estiver recebendo do módulo fotovoltaico para alimentar o motor, o que ocasionaria um comportamento igual a de uma sobrecarga, conforme pode ser observado no gráfico.

Figura 34- Módulo de armazenamento de energia- Motor desligado e lâmpada ligada



Fonte: Autores (2020).

Figura 35- Módulo de armazenamento de energia- Motor ligado



Fonte: Autores (2020).

4.1.6 Atividade Experimental VI: Teste de produção de energia elétrica usando sistemas híbridos- Ensaio do aerogerador e do módulo fotovoltaico para medição da tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito.

4.1.6.1 Plano de ensino

Os sistemas híbridos de energia elétrica são definidos como sendo aqueles que utilizam mais de uma fonte de geração de energia que, dependendo da disponibilidade dos recursos, devem gerar e distribuir energia elétrica, de forma otimizada e com custos mínimos, a uma determinada carga ou a uma rede elétrica, isolada ou conectada a outras redes.

4.1.6.2 Objetivos

- Medir a tensão terminal sem carga;
- Medir a Corrente de curto-circuito e tensão de circuito aberto.

4.1.6.3 Duração: 2horas/ Aula em laboratório.

4.1.6.4 Guia do professor

Em primeira instância, deverá ser realizada uma revisão bibliográfica em relação aos principais conceitos de geração de energia elétrica por meio de

aerogeradores e posteriormente a apresentação do aerogerador e sua fundamentação teórica. O planejamento das atividades práticas com os estudantes poderá ser realizado em sala de aula para a abordagem geral do assunto.

A utilização do *kit* didático de energia eólica assim como os conceitos estudados e considerados importantes, é de grande importância para auxiliar o entendimento dos textos preparados e atividades para serem discutidas em grupo.

4.1.6.5 Procedimento Experimental

Observação: Pelo menos um membro do grupo deve levar um notebook. Os módulos a serem utilizados nesse experimento serão o módulo fotovoltaico da bancada didática ED-9720 e o módulo eólico ED-9732. Esse ensaio deve ser feito sem carga. Na ausência de emulador para o aerogerador, deverá variar a velocidade do aerogerador com as mãos alternando a distância.

6. Instale o *software* do painel eólico/híbrido disponível no laboratório.
7. Configure a instalação como na figura 36. Altere a distância entre o emulador, como fonte de energia eólica e varie intensidade de radiação da lâmpada, a fim de observar a mudança de saída de acordo com a mudança de distância da fonte de energia com base nos valores de retorno.
8. Para cada medição feita em função da distância adotada, anote os valores de tensão de circuito-aberto e de corrente de curto-circuito.
9. Faça captura de tela dos gráficos gerados pelo *software*.

Figura 36- Esquema de Instalação



Fonte: Autores (2021).

10. Complete a tabela com os valores do item anterior

Tabela 3- Parâmetros a serem medidos

Medida	Tensão	Corrente	Potência
30 cm			
50 cm			
70 cm			

Fonte: Autores (2020).

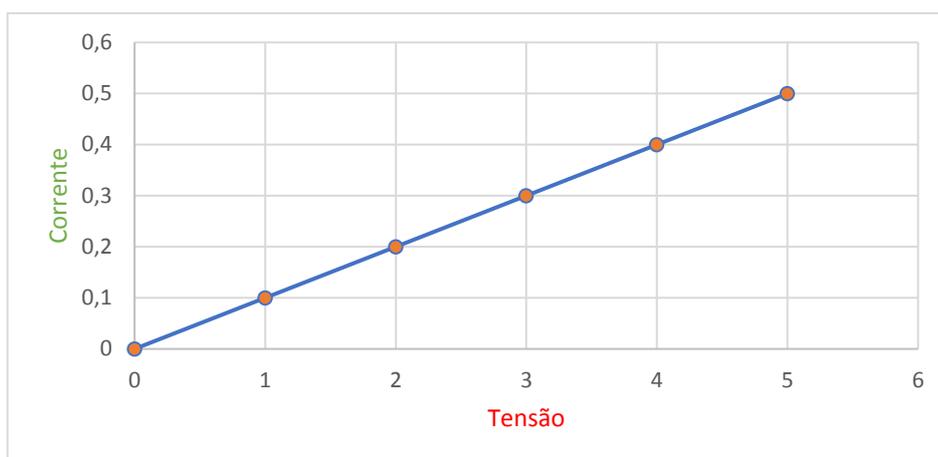
4.1.6.6 Pós laboratório

1. Discuta sobre os resultados dos gráficos obtidos.
2. Comente sobre a influência da variação da distância (intensidade da velocidade do vento) com os parâmetros medidos.
3. Construa o gráfico da curva característica de potência em função dos dados de tensão e corrente medidos.
4. Calcule a potência média do circuito.

4.1.6.7 Resultados Esperados

Espera-se que depois de medidos os parâmetros como especificados no roteiro, tenha-se como resultado os dados de corrente de curto-circuito e tensão de circuito-aberto. Como a máquina está frenada eletromagneticamente e a medição é feita sem carga, ao medir os valores de tensão de circuito-aberto os dados de corrente de curto-circuito deverão ser nulos e de igual modo, ao medir os valores de corrente de curto-circuito, os dados de tensão de curto-circuito deverão ter valores nulo.

Para cada medição experimental, os valores obtidos de corrente de curto-circuito e de tensão de circuito-aberto podem ser usados no Excel para gerar a curva de potência em função da corrente e tensão, conforme pode ser visto no gráfico abaixo.

Gráfico 3- Curva Característica de potência

Fonte: Autores (2020).

Consideração final: De acordo com os dados obtidos, conseguiu-se perceber os aspectos envolvidos para a realização das práticas. Foi possível analisar que os kits didáticos são ferramentas que apresentam detalhes e metodologias práticas prontas para sua utilização, pois os mesmos são equipados com os diagramas de instalação interna e externa em cada módulo ou no próprio manual experimental, necessários para a realização de qualquer experimento.

Observou-se que estes permitem que o usuário obtenha os parâmetros mais importante das células fotovoltaicas, dados que apresentam o comportamento de tensão e corrente em formas de gráficos no computador do usuário, garantindo maior controle do experimento e compreensão do comportamento da corrente e tensão em tempo real.

No que tange a elaboração das práticas que envolvem o sistema híbrido, os mesmos conseguem apresentar o comportamento individual de cada fonte de energia e com isso, abre-se mãos para o entendimento do funcionamento de cada sistema de geração, bem como informações sobre o potencial individual de cada um deles.

Assim, os kits didáticos mostraram-se ser ótimas ferramentas para análise e compreensão dos fundamentos das energias renováveis e potenciais auxiliares na formação dos estudantes do curso de engenharia de energias.

4.2 Avaliação da aprendizagem por meio do aplicativo *socrative*

É inegável que o uso das tecnologias pode servir como base para auxiliar na avaliação e na aprendizagem, tanto para professores, quanto para alunos e que se forem bem aplicados, podem proporcionar satisfação e maiores interações professores- alunos, que um quadro branco numa sala de aula não proporcionaria. Atualmente as tecnologias têm sido usadas para auxiliar nas atividades dos professores, no sentido de torná-las mais interessantes e dinâmicas para a aprendizagem e isso pode ser constatado, quando se afirma que:

Está cada vez mais difícil para o professor manter o estudante interessado e motivado em uma aula extremamente teórica. O uso das novas tecnologias e as mais diversas formas de metodologias ativas vem ajudando o professor a deixar suas aulas dinâmicas, interessantes e atrativas, colocando o estudante no centro no processo de ensino e aprendizagem. Verificar e avaliar a aprendizagem do discente pode ser considerado atualmente o grande desafio do professor e o uso das novas tecnologias, mais especificamente o uso de aplicativos educacionais, podem facilitar o processo de avaliação (VARGAS e AHLERT, 2017, p. 1).

Na visão de Bezerra, Júnior e Santos (2016), o uso do aplicativo *Socrative*, tem carácter educacional e pode ser uma ótima forma de comunicação professor-estudante, que pode ser vista como uma ferramenta para o ensino e aprendizagem. O autor acredita que o *Socrative* é:

Uma plataforma social educacional gratuita que permite a comunicação entre estudantes e professores em um ambiente fechado, como uma ferramenta para a criação de ambientes interativos em sala de aula, que exige um contexto de ensino-aprendizagem preferencialmente criativo, aberto e dinâmico, disponibilizando múltiplas conexões e permitindo que o estudante tenha um papel interativo e responsável na sua formação.

4.3 Questionário *online* investigativo sobre os conceitos pré-laboratório aos alunos

O questionário investigativo sobre os conceitos pré-laboratório foi aplicado a um grupo de 60 alunos do curso de engenharia de energias da UNILAB. O mesmo abordou 10 questões de múltipla escolha, sobre temas relacionados à energia solar e eólica, bem como a importância dos laboratórios para a formação do engenheiro e sobre os sistemas híbridos de energias renováveis.

O resultado da análise do questionário, serviu para identificar o que os alunos pensam sobre as aulas de laboratório e para ter uma noção da quantidade de alunos que já tiveram algum contacto ou não com os kits didáticos do laboratório de energias renováveis. Além disso, o mesmo serviu ainda, para direccionar o professor sobre conceitos que devem ser previamente abordados na área de energia solar e eólica; como as formas de armazenamento de energias, os pré-requisitos para cursar a disciplina de laboratório de energias renováveis, conceitos básicos de energia solar e eólica, bem como os tipos de aproveitamentos da energia solar.

A tabela a seguir, apresenta de forma resumida o relatório gerado pelo aplicativo *socrative*, em resposta as questões levantadas anteriormente. Percebe-se que ela é composta por 10 questões, julgadas como certas, erradas, mais ou menos e não sei ou não, para a questão levantada sobre o estudante já ter tido contato com o laboratório de energias renováveis. O questionário se encontra no apêndice A da presente pesquisa.

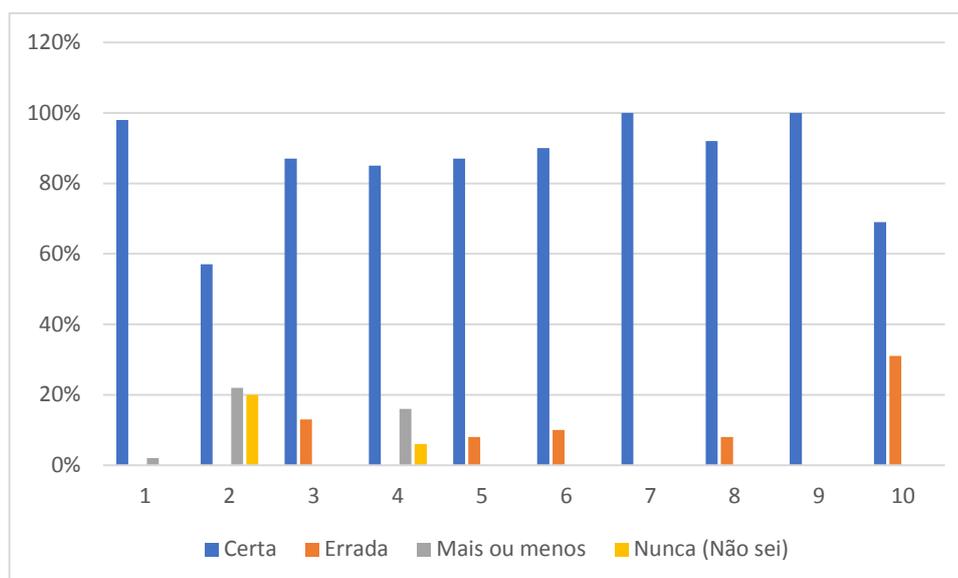
Tabela 4- Resultados do questionário obtidos pelo *Socrative*

Questões	Certa	Errada	Mais ou menos	Nunca (Não sei)
1	98%	0%	2%	0%
2	57%	0%	22%	20%
3	87%	13%	0%	0%
4	85%	0%	16%	6%
5	87%	8%	0%	0%
6	90%	10%	0%	0%
7	100%	0%	0%	0%
8	92%	8%	0%	0%
9	100%	0%	0%	0%
10	69%	31%	0%	0%

Fonte: Autores (2020).

4.4 Análise qualitativa sobre as concepções pré-laboratório dos alunos

O gráfico mostrado abaixo apresentou os dados obtidos por meio da ferramenta *socrative* e serviu de base para se estabelecer a análise qualificativa sobre as concepções iniciais dos alunos, antes das aulas práticas.

Gráfico 4- Resultado qualitativo-Socrative

Fonte: Autores (2020).

Por meio da pesquisa realizada através do questionário investigativo sobre as concepções pré-laboratório dos alunos, foi possível identificar que, a maioria dos alunos concorda que o laboratório de energias renováveis se posiciona como sendo importante nos planos de ensino para o desenvolvimento dos estudantes do curso de engenharia e que é uma ferramenta que prepara melhor o aluno para o mercado de trabalho. Percebeu-se também que metade dos estudantes entrevistados já tiveram contato com o laboratório de energias renováveis e a outra parte quase ou nunca tiveram contato.

Por outro lado, verificou-se ainda que a maioria dos estudantes já conhecem os conceitos iniciais de energias renováveis, sendo que todos os alunos sabem as formas de aproveitamento da energia solar e o conceito de energia eólica. A maior preocupação se notou no conhecimento das formas de armazenamento de energia. Apesar de a maioria ter respondido de forma correta, isso abriu uma margem de preocupação, no sentido de que será função do professor do laboratório, esclarecer melhor os assuntos relativos as formas de armazenamento de energias, conceitos de sistemas híbridos de energias renováveis, conceitos de energias renováveis, antes de entrar nos módulos dos kits didáticos.

5 CONCLUSÃO

Quando se iniciou o trabalho de pesquisa, constatou-se que a realização de aulas experimentais pode ser classificada como uma forma de aprendizagem ativa e que os laboratórios devem estar voltados para a aplicação didática nas disciplinas as quais estão ligadas, podendo ainda servir de apoio para pesquisas e possibilitar a realização de Trabalhos de Conclusão de Curso.

Além do mais, a motivação para realização deste trabalho foi a necessidade de preencher as lacunas oriundas da falta ou deficiência de laboratórios de energias renováveis na graduação, apresentando propostas do que o graduando em energias precisa saber ao se deparar com o mercado.

Com o desenvolvimento deste trabalho, foi possível verificar que os kits didáticos do laboratório de energias renováveis desempenham um papel fundamental na preparação dos estudantes para o mercado de trabalho e que são excelentes ferramentas que auxiliam a preencher as lacunas que são oriundas pela falta ou deficiência de laboratórios na graduação, que não abordam determinados temas.

Além disso, por serem ferramentas que visam colocar o estudante em contacto com as práticas de energias renováveis e quando aliadas a teoria, podem tornar a Universidade diferenciada em termos de capacitação em energias renováveis.

A quando da elaboração da pesquisa verificou-se alguns fatores que tonaram essa pesquisa inacabada ou com possibilidades de serem melhoradas. Alguns desses fatores imprevisíveis surgiram devido ao pouco tempo para a realização de outros experimentos que ainda se encontravam disponíveis, por questão da paralisação das aulas devido a pandemia.

Era pretensão dessa pesquisa a aplicação de algumas práticas realizadas no ato da experimentação a alunos interessados ou que cursariam a disciplina de laboratório de energias renováveis e receber dos mesmo um *feedback* quanto ao conteúdo do roteiro e dos questionários elaborados.

Por isso, acredita-se que essa pesquisa ainda possa ser estendida para estudos posteriores e que muitas considerações e discussões ainda podem ser analisada. Contudo isso, foi elaborada uma proposta ou recomendação de experimentos futuros, tanto para as práticas que já foram realizadas, quanto as que não foram terminadas ou iniciadas, mas que eventualmente acrescentariam mais capacitação prática aos estudantes, professores e futuros pesquisadores.

A etapa de trabalhos futuros tem por intuito de melhorar essa pesquisa ou torná-la como base para futuros trabalhos, por meio da proposição de outras práticas que podem ser realizados no laboratório de energias renováveis. No ato da atividade experimental, foram realizadas diversas práticas, sendo que somente cinco delas foram selecionadas para serem implementadas nas aulas práticas de laboratório com os respectivos roteiros.

Essa proposta, visa principalmente fornecer capacitação adicional, tanto para alunos, quanto para professores e pesquisadores interessados em desenvolver experimentos relativos à eficiência energética seguido da conversão e produção de energia, experimentos com intensidade e sombra das fontes de luz, simulação de foto eletricidade, etc.

A seguir são apresentados os possíveis experimentos que ficaram como trabalhos futuros.

- Experimentos de conversão em produção de energia (produção/processamento);
- Experimentos de eficiência da energia seguido da conversão e produção de energia;
- Simulação de foto eletricidade;
- Características das células solares (I_{sc} , V_{oc} , I_m , V_m , Fill Factor);
- Lei de Ohm e Voltímetro/Amperímetro;
- Curvas características de tensão e corrente;
- Experimentos com intensidade e sombra das fontes de luz;
- Carregamento de carga contínua usando células fotovoltaicas;
- Carregamento de carga contínua usando células fotovoltaicas e o conversor DC/DC;
- Operação de um controlador de carregamento;
- Carregamento de bateria, usando o controlador de carregamento;
- Operação de inversor DC/AC;
- Carregamento de carga alternada usando o inversor DC/AC;
- Medição do estado da Bateria;
- Acionamento de uma carga Alternada usando a bateria;
- Experimentos com Lei de Ohm, voltímetro e amperímetro; Características das células solares (I_{sc} e V_{oc}); Características de geração do vento pela carga; Características de geração eólica pela velocidade do vento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília – DF, 2008.
- AGUIAR, Ana Luiza S. et al. A importância das atividades práticas no ensino de
- ANEEL, **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, 2002.
- BARRETO, Eduardo José Fagundes et al. **Tecnologias de energias renováveis: sistemas híbridos, pequenos aproveitamentos hidroelétricos, combustão e gasificação de biomassa sólida, biodiesel e óleo vegetal in natura**. Ministério de Minas e Energia (MME), 2008.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. D. V. **Introdução á Engenharia: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos**. FLORIANÓPOLIS: UFSC, 2009.
- BENTO, Marco; RODRIGUES, Nuno Queirós; LENCASTRE, José Alberto. Socrative. **3º Encontro sobre jogos e mobile learning**. Coimbra, p. 678-689, 2016.
- BERNARDINO, Maria Cleide Rodrigues, et al. Os Cursos da UFCA e a importância das práticas em Laboratório: LACIM1. **Revista de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v.1, n. esp. p. 20-30, 2015.
- BEZERRA, Ada Augusta Celestino; SANTOS JUNIOR, Claudemir Alcantara; CASTRO, Rui MG; RENOVÁVEIS, Energias; DESCENTRALIZADA, Produção. Introdução à energia eólica. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada**, 2007.
- BRASIL. Considerando a Tabela de Títulos Profissionais do Sistema Confea/Crea, aprovada pela Resolução nº 473, de 26 de novembro de 2002.
- CAMPOS, Antonio Luiz PS et al. KIT EDUCACIONAL PARA ESTUDO DE GERAÇÃO ELÉTRICA A PARTIR DE ENERGIA EÓLICA. **HOLOS**, v. 3, p. 91-101, 2010.
- Catálogo educacional -**sistema de treinamento**. www.minipa.com.br. Acessado em : 23-06-2020.

CRESESB, CEPEL. Energia Solar Princípios e Aplicações. **Rio de Janeiro**, 2006.

DUPONT, Fabrício Hoff; GRASSI, Fernando; ROMITTI, Leonardo. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, p. 70-81, 2015.

Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional, v. 9, n. 1, 2016. Disponível em: <<https://eventos.set.edu.br/index.php/enfope/article/view/2428/866>>. Acesso em: 26 jul. 2020.

ENERGÉTICA, EPE EMPRESA DE PESQUISA. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: Relatório síntese, ano base 2018. **Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia**, 2019.

Experimental manual-**photovoltaic and wind generator trainer**.

FONSECA, Arthur, Correa, et al. Utilização de kit didático de sistema fotovoltaico para bombeamento na divulgação do uso da energia solar. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar** – Gramado, 17 a 20 de abril de 2018

HATAKAYEMA, k.In: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL-O DESAFIO PARA A PROFISSÃO DE ENGENHARIA,39,2011, Santa Catarina. congresso brasileiro de educação em engenharia: COBENGE,2011.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; DOS REIS, Lineu Belico. **Energia e Meio Ambiente**. Tradução técnica: Lineu Belico dos Reis, Flávio Maron Vichi, Leonardo Freire Mello. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 06.06.2020

<https://news.un.org/en/story/2017/04/554642-renewable-energy-sources-could-be-cheaper-fossil-fuels-within-10-years-un#.WOO0wkUrKM8>

<https://www.portaldoagronegocio.com.br/artigo/nordeste-gera-85-da-energia-eolica-do-brasil-3710>. Acesso em: 06.06.2020

IMPORTANCIA DE AULAS PRATICAS PARA OS-CURSOS DE ENGENHARIA—CONSOLIDACAO DE CONHECIMENTO E MOTIVACAO>. Acesso em: 21/05/2020 16:35.

Instalações elétricas prediais – um estudo de caso. **Cobenge 2016**xliv congresso brasileiro de educação em engenharia 27 a 30 de setembro de 2016 Ufrn / abenge.

JEREMIAS, P. **Quem é o profissional de engenharia de energias?**.2017.Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/quem-%C3%A9-o-profissional-de-engenharia-energia-paulo-jeremias>. Acesso em: 21 maio 2020.

JUNIOR, Julio Cesar Gomes Ferreira; RODRIGUES, Manoel Gonçalves. Um estudo sobre a energia eólica no Brasil. **Ciência Atual–Revista Científica Multidisciplinar das Faculdades São José**, v. 5, n. 1, 2015.

LAGE, Elisa Salomão; PROCESSI, Lucas Duarte. Panorama do setor de energia eólica. 2013.

LAVADO, Ana Luísa Catarré. **Os actuais desafios da energia: implementação e utilização de energias renováveis**. 2009. Tese de Doutorado.

MARTINS, Joice Machado et al. Sistema de monitoramento de dados provenientes da energia fotovoltaica através de uma plataforma IOT de aquisição e controle. 2019.

MATAVELLI, AUGUSTO CESAR. Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas. **Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo]. Lorena: EEL USP, 2013.**

PAINES, Patrícia de Andrade et al. Desenvolvimento de Kit Didático de Geração de Energia Solar. 2014.

REGES,Jonas Platini et al. Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados para sistemas fotovoltaicos. 2017.

RÜNCOS, Fredemar et al. **Geração de energia eólica–tecnologias atuais e futuras**. WEG Maquinas–GRUCAD-EEL-TET-UFSC, 2000.

SANTOS, Paula Regina dos. A importância da experimentação na formação inicial e suas implicações no processo de ensino e na práxis dos professores de ciências. 2013.

SANTOS, Shirley Conceição Soares. SOCRATIVE: O AMIGO DO PROFESSOR.

SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional.** Rio de Janeiro: Puc-Rio, 2005.

SOARES, Darlene Freitas, et al. Importância de aulas práticas para os cursos de Engenharia: consolidação de conhecimento e motivação. **VI Mostra de Pesquisa em Ciências e Tecnologia**, 2016.

VARGAS, Daiana de. **O processo de aprendizagem e avaliação através de QUIZ.** 2018.

VIEIRA, João Pedro Costeira. **Desenvolvimento de um kit didático de energia solar fotovoltaica.** 2017. Tese de Doutorado.

PEREIRA, Pedro Tiago Sousa et al. **Energia solar térmica: perspectivas do presente e do futuro.** 2010.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Questionário avaliativo da aprendizagem

Figura 36- Questionário *socrative*



Questionário-Tcc Lourenço Lopes

10
Questions

1. O Laboratório de Energias Renováveis é importante nos planos de ensino para o desenvolvimento dos estudantes do curso de engenharia de Energias?

53/54 A Sim

0/54 B Não

1/54 C Talvez

0/54 D Um pouco

2. Já teve contacto com algum Kit didático de Energias Renováveis?

31/54 A Sim

12/54 B Nunca

11/54 C Mais ou menos

3. Que disciplinas você acha que devem ser pré-requisitos para o Laboratório de Energias Renováveis?

45/52 A Circuitos, Energia Eólica, Energia Solar e Eletrônica de Potência

3/52 B Conversão eletromecânica, Física e Instalações Elétricas

4/52 C Planejamento energético e Eficiência Energética

0/52 D Transmissão de Energias, Hidrologia e Hidráulica

4. O laboratório é uma ferramenta que prepara melhor o engenheiro para o mercado de trabalho?

44/52 A Sim

6/52 B Nem tanto

2/52 C Mais ou menos

0/52 D Não

5. Na sua opinião, o que seria um sistema Híbrido de Energias Renováveis?

45/52 A Sistema alimentado por mais de uma fonte de energia renovável

4/52 B Sistema que não pode ser alimentado por mais de uma fonte de energia renovável

3/52 C Não sei

0/52 D Outro

6. O que você entende por Energias Renováveis?

- 5/52 **A** É aquela que vem de recursos fósseis que são naturalmente reabastecidos
- 17/52 **B** É aquela que vem de recursos naturais e que são naturalmente reabastecidos
- 0/52 **C** Não sei
- 0/52 **D** Outro

7. Quais são os tipos de aproveitamento da Energia Solar?

- 0/51 **A** Produção de medicamentos
- 51/51 **B** Geração de eletricidade e calor
- 0/51 **C** Geração de Combustão
- 0/51 **D** Produção de energia Química

8. O que é Energia solar Fotovoltaica?

- 4/51 **A** Conversão da radiação solar em calor
- 17/51 **B** Conversão da radiação solar em eletricidade
- 0/51 **C** Conversão da radiação solar em combustível fósseis
- 0/51 **D** Conversão da radiação solar em combustão

9. O que é Energia Eólica?

- 0/51 **A** Energia gerada pela água dos rios e oceanos
- 0/51 **B** Energia gerada pelos combustíveis fósseis
- 51/51 **C** Energia gerada pela força do vento
- 0/51 **D** Outro

10. Quais são as formas de armazenamento de Energia?

- 35/51 **A** volantes de inércia, baterias, ar congelado, hidrogênio.
- 0/51 **B** Pelos Cabos elétricos
- 16/51 **C** Pelo capacitor
- 0/51 **D** Não sei

Fonte: Autores (2020).