



Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 2

Henrique Ajuz Holzmann
Micheli Kuckla
(Organizadores)

Atena
Editora

Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Micheli Kuckla
(Organizadores)

Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P856 Possibilidades e enfoques para o ensino das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Micheli Kuckla. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-273-9

DOI 10.22533/at.ed.739192204

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 3. Prática de ensino. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Kuckla, Micheli.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias Volume 1 e Volume 2 abordam os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação ensino-aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações.

O Volume 1 está disposto em 26 capítulos, com assuntos voltados a relações ensino-aprendizado, envolvendo temas atuais com ampla discussão nas áreas de Ensino de Ciência e Tecnologia, buscando apresentar os assuntos de maneira simples e de fácil compreensão.

Já o Volume 2 apresenta uma vertente mais prática, sendo organizado em 24 capítulos, nos quais são apresentadas propostas, projetos e bancadas, que visam melhorar o aprendizado dos alunos através de métodos práticos e aplicados as áreas de tecnologias e engenharias.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

Micheli Kuchla

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO NO ENSINO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO	
Daniel Antonio Kapper Fabricio	
Lisiane Trevisan	
DOI 10.22533/at.ed.7391922041	
CAPÍTULO 2	10
CULTURA DE SEGURANÇA – FATOR DETERMINANTE PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	
Lucass Melo	
Renata Evangelista	
Alexandre Bueno	
Débora Vasconcelos	
Carla Souza	
André Souza	
DOI 10.22533/at.ed.7391922042	
CAPÍTULO 3	23
ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS BRASILEIROS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Gabriella Cavalcante de Souza	
Isadora Cristina Mendes Gomes	
Gustavo Fernandes Rosado Coêlho	
Ciliana Regina Colombo	
DOI 10.22533/at.ed.7391922043	
CAPÍTULO 4	35
ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NUMA EMPRESA RECUPERADA POR TRABALHADORES: UMA EXPERIÊNCIA PARA O EXERCÍCIO DA INDISSOCIABILIDADE ENSINO-PESQUISA-EXTENSÃO	
Beatriz Mota Castro de Abreu	
Alice Oliveira Fernandes	
Tarcila Mantovan Atolini	
DOI 10.22533/at.ed.7391922044	
CAPÍTULO 5	47
PROTÓTIPO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE BUSCA E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS PARA FINS DIDÁTICOS	
Walber Márcio Araújo Moraes	
Wesley de Almeida Souto	
DOI 10.22533/at.ed.7391922045	

CAPÍTULO 6 58

LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DE ROBÓTICA BÁSICA APLICADA NO ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Márcio Mendonça
Lucas Botoni de Souza
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Paulo Henrique Arizono Lima
Marília Gabriela de Souza Fabri
José Augusto Fabri

DOI 10.22533/at.ed.7391922046

CAPÍTULO 7 71

ROBÓTICA EDUCACIONAL NA ENGENHARIA – SUMÔ DE ROBÔS

Alessandro Bogila
Denis Borg
Fernando Deluno Garcia
Ivan Luiz de Camargo Barros Moreira
Joel Rocha Pinto
Thales Prini Franchi
Thiago Prini Franchi

DOI 10.22533/at.ed.7391922047

CAPÍTULO 8 84

BR.INO: UMA FERRAMENTA PARA ENSINO DE PROGRAMAÇÃO EM ARDUINO PARA APLICAÇÕES EM ROBÓTICA USANDO LINGUAGEM NATIVA

Gabriel Rodrigues Pacheco
Mateus Berardo de Souza Terra
Rafael Mascarenhas Dal Moro
Víctor Rodrigues Pacheco
Carlos Humberto Llanos

DOI 10.22533/at.ed.7391922048

CAPÍTULO 9 94

RELATO DE EXPERIÊNCIA: USO DE TÉCNICAS GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS

Caio Sanches Bentes
Ronaldo de Freitas Zampolo

DOI 10.22533/at.ed.7391922049

CAPÍTULO 10 105

LABORATÓRIO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS APLICADO À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE ENERGIA – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CONTROLE DE SISTEMAS DINÂMICOS

Kariston Dias Alves
Rudi Henri Van Els

DOI 10.22533/at.ed.73919220410

CAPÍTULO 11 117

A IMPORTÂNCIA DO LABORATÓRIO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS E FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

Francisco Jeandson Rodrigues da Silva
Douglas Aurélio Carvalho Costa
Obed Leite Vieira
Fellipe Souto Soares
Paulo Cesar Marques de Carvalho
Magna Livia Neco Rabelo
Pollyana Rodrigues de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.73919220411

CAPÍTULO 12 129

AValiação DO USO DA TECNOLOGIA SOFTPLC PARA APRENDIZAGEM DE TÉCNICAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Deliene Costa Guimarães
Reberth Carolino de Oliveira
Renata Umbelino Rêgo

DOI 10.22533/at.ed.73919220412

CAPÍTULO 13 140

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE BAIXO CUSTO PARA ENSINO DE SISTEMAS DE CONTROLE

Everton Machado
Alexsandro dos Santos Silveira
João Artur de Souza

DOI 10.22533/at.ed.73919220413

CAPÍTULO 14 152

PAINEL DIDÁTICO PARA ENSINO-APRENDIZAGEM DE INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA APLICADA À MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Priscila Ribeiro Amorim de Almeida
Pablo Rodrigues Muniz

DOI 10.22533/at.ed.73919220414

CAPÍTULO 15 165

PROPOSTA DE KIT DIDÁTICO PARA ESTUDO DE INTEGRIDADE DE SINAL EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Pablo Dutra da Silva
Giovane Rodrigues de Oliveira
Gustavo Melsi Floriani

DOI 10.22533/at.ed.73919220415

CAPÍTULO 16 177

ANÁLISE E ATENUAÇÃO DE RISCOS DE INCÊNDIOS E CHOQUE ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MORÁDIAS DE BAIXA RENDA

Márcio Mendonça
Lucas Botoni de Souza
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Giovanni Bruno Marquini Ribeiro
Marco Antônio Ferreira Finocchio
José Augusto Fabri

DOI 10.22533/at.ed.73919220416

CAPÍTULO 17	190
SIMULADOR COMPUTACIONAL PARA ENSINO DE PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA	
Luiz Guilherme Riva Tonini Oureste Elias Batista Augusto César Rueda Medina Andrei Carlos Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.73919220417	
CAPÍTULO 18	203
CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA CARACTERIZAÇÃO DE COMPRESSORES	
Alexsandro dos Santos Silveira João Artur de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73919220418	
CAPÍTULO 19	215
DESENVOLVIMENTO DE UM PÓRTICO INSTRUMENTADO DIDÁTICO	
Matheus Berghetti Albino Moura Guterres Alexsander Furtado Carneiro	
DOI 10.22533/at.ed.73919220419	
CAPÍTULO 20	226
AUTOMAÇÃO DOS PROCESSOS DE VERIFICAÇÃO DE PERFIS DE AÇO LAMINADO SOLICITADOS À FLEXÃO NORMAL SIMPLES E AXIALMENTE CONFORME CRITÉRIOS DA ABNT NBR 8800:2008	
Lucas Tarlau Balieiro Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro Roberto Racanicchi	
DOI 10.22533/at.ed.73919220420	
CAPÍTULO 21	241
ENSAIO DE FLEXÃO DE UMA VIGA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE TRANSFORMAÇÕES DE TENSÕES	
Bruno Eizo Higaki Fernando Cesar Dias Ribeiro Marcello Cherem	
DOI 10.22533/at.ed.73919220421	
CAPÍTULO 22	251
UTILIZAÇÃO DE PROJETOS DE DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS E CANAIS NA DISCIPLINA HIDRÁULICA DO CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL	
Kelliany Medeiros Costa José Leandro da Silva Duarte Maria Leandra Madeiro de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73919220422	
CAPÍTULO 23	259
MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DA INOVADORA METODOLOGIA SIX SIGMA: UM ESTUDO EMPÍRICO	
André Luis Martins de Souza Pedro de Freitas Silva	
DOI 10.22533/at.ed.73919220423	

CAPÍTULO 24	287
UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DE DEFORMAÇÕES EM PAINÉIS DE MADEIRA DE <i>PINUS OCCARPA</i>	
Eduardo Hélio de Novais Miranda	
Rodrigo Allan Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.73919220424	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	295

LABORATÓRIO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS APLICADO À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE ENERGIA – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CONTROLE DE SISTEMAS DINÂMICOS

Kariston Dias Alves

Instituto Federal de Rondônia – IFRO,
Coordenação de Eletrotécnica
Porto Velho - RO

Rudi Henri Van Els

Universidade de Brasília – UnB, Faculdade do
Gama
Gama - DF

RESUMO: Sistemas hidrelétricos e fontes renováveis são temas atuais e de grande relevância em nosso país. Os estudantes de engenharia de energia, quanto futuros profissionais que atuarão no ramo, devem ser devidamente capacitados para lidar com o que lhes espera. Deste modo, é primordial que ao longo do curso de graduação tenha-se o correto nível de orientação teórica e prática no que diz respeito aos equipamentos que compõem um sistema hidrelétrico, bem como, seu funcionamento. Por isso, o presente artigo apresenta a bancada didática de sistemas hidrelétricos da Universidade de Brasília - UnB, campus Gama e aborda a implementação de novos equipamentos ao sistema. Como será apresentado, a bancada tem sido utilizada, com qualidade, no ensino para as turmas do curso de engenharia de energia, porém se fazia necessária a implementação de alguns equipamentos para agregar valor ao sistema

e expandir a capacidade de utilização da plataforma. Abordaremos as modificações realizadas e o efeito positivo no ensino, bem como, a reformulação da proposta metodológica subdivida em 4 níveis, que, propicia uma flexibilização no uso do equipamento de acordo com a disciplina e o conteúdo abordado.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Hidrelétricos, Bancada Didática, Engenharia de Energia.

ABSTRACT: Hydroelectric systems and renewable sources are current topics of great relevance in Brazil. The Energy engineering students as future professionals who will work in this field, must be properly trained to deal with what awaits them. In this way it is essential that they have during their under-graduate course, the correct level of theoretical and practical orientation in respect to the equipment that make up a hydroelectric system and its operation. Therefore, this article presents the didactic workbench of hydroelectric systems of the University of Brasília - UnB, Campus Gama and addresses the implementation of new equipment into the system. As will be presented, the workbench has been used, with quality, in classes of the energy engineering course, however it was necessary to implement some equipment to add value to the system and expand the using capacity of the platform. We will treat the modifications made and its

positive effect on teaching, as well as the reformulation of the methodological proposal subdivided into 4 levels, which allows a flexibilization in the use of the equipment according to the discipline and the subject studied.

KEYWORDS: Hydroelectric systems, Didactic Workbench, Energy Engineering.

1 | INTRODUÇÃO

A energia oriunda de sistemas hidrelétricos é tradicionalmente um setor importante na matriz energética brasileira. Aproximadamente, 65% da geração nacional de eletricidade provem de sistemas hidrelétricos. De acordo com (ANEEL, 2016), temos 4.660 projetos operacionais, de diversas fontes, totalizando 161.905.764 kW de capacidade instalada. Deste montante, temos o total de 1.264 unidades de fontes hidrelétricas, totalizando 106.660.763 kW distribuídos entre: Centrais Geradoras Hidrelétricas (CHGs), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Usinas Hidrelétricas (UHEs).

Diante de tal cenário, é inegável a importância de se trabalhar os conceitos teóricos e aplicações práticas de geração de energia elétrica, para os cursos de engenharia (SILVA et al., 2013), pois é primordial que tenhamos profissionais bem preparados para lidar com situações reais em um cenário produtivo. Para isso, é necessário um acompanhamento ao longo de todo o curso para garantir a devida integração entre os conteúdos, sendo estes indissociáveis.

De acordo com (SIMOES; SIPLE; FIGUEIREDO, 2014), quanto a construção de conhecimento ao longo do curso, ele afirma que:

“Um currículo de um curso não pode ser definido somente por meio de disciplinas que possuem ementas e pré-requisitos, mas sim definido como uma série de conteúdos programáticos que possuem uma estrita relação ao longo do curso e propiciem, a cada assunto abordado, uma extensão dos assuntos anteriores, transformando esse currículo, não em uma “colcha de retalhos” de conhecimentos, mas sim em uma “teia” de conhecimentos interdependentes.”

É evidente que o ensino prático é ferramenta fundamental para a construção desse conhecimento, garantindo assim a indissociabilidade entre os conteúdos vistos ao longo do curso de engenharia. Porém, devem ser corretamente ponderadas as doses de teoria e prática, afim de se obter a melhor assimilação do conhecimento por parte dos alunos.

Como visto, a geração de energia por meio de sistemas hidrelétricos é de notória importância para o Brasil como um todo. Visando essa demanda, a bancada de ensaio de turbinas hidráulicas foi desenvolvida no Campus de engenharias da Faculdade UnB do Gama e objetiva promover a consolidação do conhecimento dos estudantes de engenharia de energia (SIQUEIRA; ELS, 2014).

Desde sua elaboração e a primeira formulação de propostas metodológicas, vide (SILVA et al., 2013), muito se avançou na melhoria da bancada e na metodologia como os conteúdos são trabalhados. Deste modo, o presente trabalho apresenta as

melhorias realizadas na plataforma didática e os benefícios que tais modificações apresentam no ensino, em especial, práticas relacionadas à sistemas de geração de energia elétrica e controle de sistemas dinâmicos.

A estrutura do trabalho está organizada da seguinte forma: A seção 2 apresenta a descrição da bancada didática, bem como, a proposta metodológica; na seção 3 são apresentadas a subdivisão entre os 4 níveis metodológicos e as atividades que são desenvolvidas com a bancada em cada um destes; e, por fim, a seção 4 conclui o artigo.

2 | BANCADA DIDÁTICA DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS & PROPOSTA METODOLÓGICA

De acordo com os dados apresentados, pode-se notar que é de extrema importância que os futuros engenheiros de energia conheçam em detalhes os componentes de um sistema hidrelétrico, bem como, o funcionamento de cada um deles. A bancada didática de sistemas hidrelétricos da UnB - Campus Gama teve sua concepção e elaboração por meio de projeto aprovado no edital MCT/CNPq FNDCT N° 05/2010, visando a capacitação Laboratorial e Formação de RH em Fontes Renováveis.

A bancada, figura 1(a), pode simular o funcionamento de uma Micro Central Hidrelétrica – MCH, a partir do ensaio com diferentes turbinas hidráulicas, o que possibilita aos alunos a aplicação de conceitos fundamentais em sua formação. Em sua concepção original a bancada visava a validação experimental com protótipo em escala reduzida, onde seria possível a avaliação técnica de máquinas hidráulicas, a pesquisa de dispositivos e sistemas de proteção e controle de baixo custo, além de, como já dito, servir durante as aulas do curso de engenharia. Atualmente dispõe-se de dois tipos de turbinas: Indalma e Kaplan, figura 1(b) e (c), respectivamente.

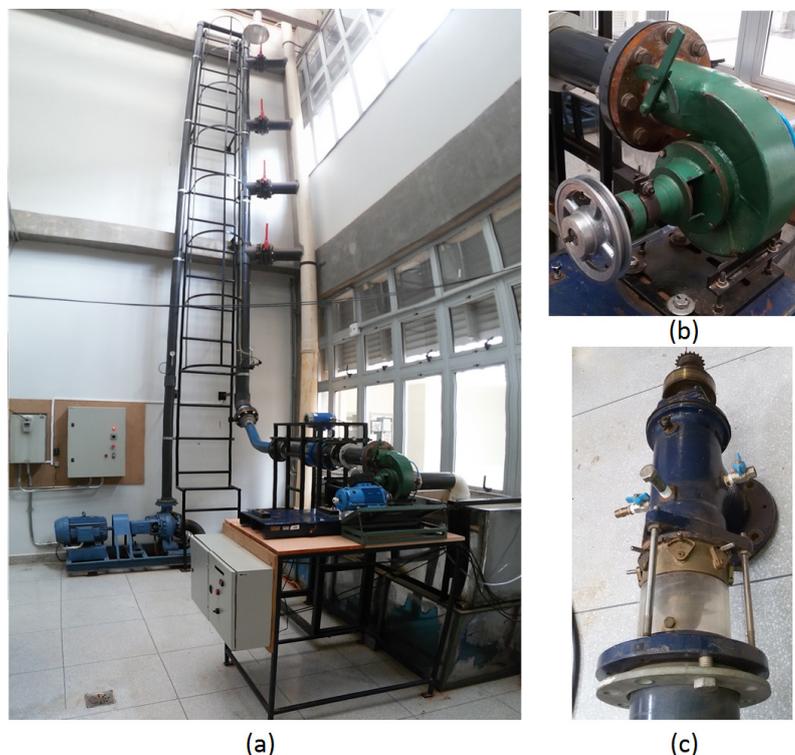


Figura 1 - (a) Bancada Didática de sistemas hidrelétricos, (b) Turbina Indalma e (c) Turbina Kaplan.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seu trabalho, (SILVA et al., 2013) apresenta uma proposta metodológica que leva em conta níveis de complexidade na utilização dos equipamentos que compõem a bancada, onde a proposta é trabalhar em diferentes níveis, de acordo com a disciplina. Segue-se tal metodologia, que está subdividida em 4 níveis, onde varia-se a proposta de utilização da bancada de acordo com a disciplina e o conteúdo abordado. Dessa forma, abaixo temos uma adaptação da proposta original com o incremento de novas funções devido as melhorias implementadas no equipamento. São estes:

1º nível: operação manual demonstrativa com instrumentação analógica;

2º nível: avaliação do comportamento hidrodinâmico da turbina e circuito de bombeamento;

3º nível: geração de energia elétrica e sua interligação com a rede de distribuição - barramento infinito;

4º nível: controle de processos e sistemas dinâmicos.

Ao longo dos anos que está em operação, a bancada tem funcionado com eficiência nos dois primeiros níveis. Porém, para a plena utilização nos níveis 3 e 4 se fazia necessária a adequação do equipamento. Desta forma, a seção 3 abordará as atividades executadas em cada um dos níveis, as adequações já realizadas na bancada, bem como a proposta de implementação a ser realizada.

3 | ATIVIDADES PRÁTICAS DESENVOLVIDAS

3.1 Nível 1 - Operação Manual Demonstrativa com Instrumentação Analógica (Disciplinas: introdução a engenharia e disciplinas de física)

Como já abordado na proposta original, neste nível podem ser trabalhados os conhecimentos gerais dos equipamentos, utilização do vertedouro triangular para o cálculo da vazão, cálculo da perda de carga na tubulação e medição de pressão, utilizando manômetro de coluna d'água. A figura 2 apresenta as atividades desenvolvidas no 1º nível. Desta maneira, propicia-se um contato inicial do aluno com a atividade prática, estimulando-o nas fases iniciais do curso.

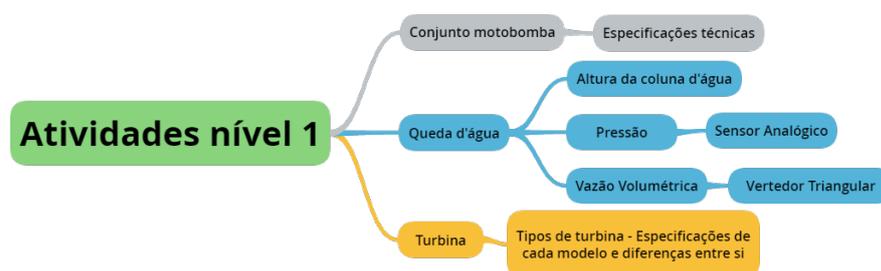


Figura 2 - Atividades desenvolvidas no nível 1.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Nível 2 - Avaliação do Comportamento Hidrodinâmico da Turbina e Circuito de Bombeamento. (Disciplinas: fenômenos de transporte, dinâmica dos fluidos, máquinas de fluxo)

No segundo nível temos um enfoque no comportamento hidrodinâmico do conduto e da turbina. Para isso os alunos contam com sensores mais adequados para a monitoração em tempo real do processo. As atividades são: Análise do conjunto motobomba, operação do inversor de frequência (relação rotação x vazão), medição da vazão através da utilização da placa de orifício, aferição de pressão com sensores analógico e digital, medição do torque e cálculo da potência da turbina através do freio de Prony e plotagem da curva de desempenho (velocidade x rendimento). A figura 3 apresenta as atividades desenvolvidas.

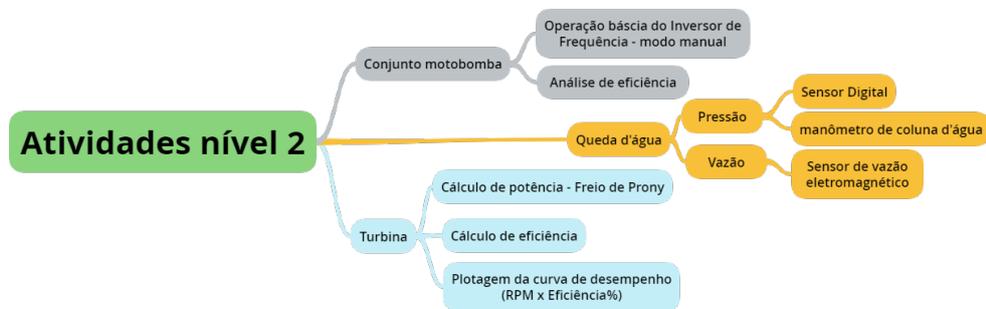


Figura 3 - Atividades desenvolvidas no nível 2.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Nível 3 - Geração de Energia Elétrica e sua Interligação com a Rede de Distribuição - Barramento Infinito (Disciplinas: Circuitos elétricos, conversão eletromecânica de energia, máquinas elétricas, transmissão de energia)

Podem ser abordados conceitos de conversão eletromecânica de energia elétrica, geração por máquina síncrona e assíncrona, uso da eletricidade gerada, correção de fator de potência, métodos de sincronismo, conforme apresentado na figura 4.

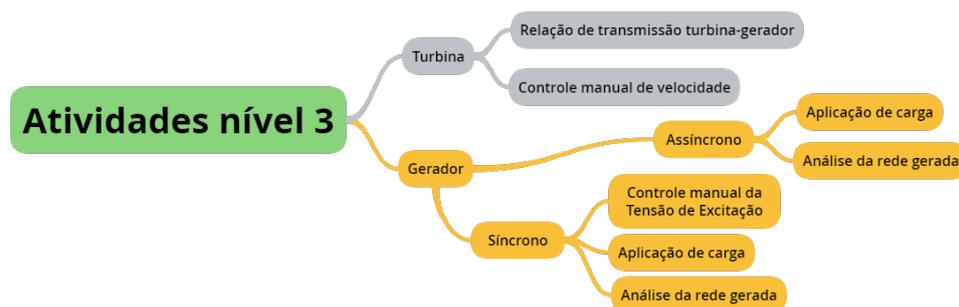


Figura 4 - Atividades desenvolvidas no nível 3.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém, como dito na seção 2, adequações eram necessárias ao equipamento, para a plena utilização dos níveis 3 e 4. Desta maneira, foram acoplados um gerador síncrono ao equipamento, e colocadas cargas resistivas para dissipação da potência elétrica gerada. Uma fonte de tensão DC variável também foi disposta na bancada servindo de fonte de excitação. A figura 5 mostra um diagrama dos equipamentos de geração e a figura 6 mostra a disposição do sistema de geração.

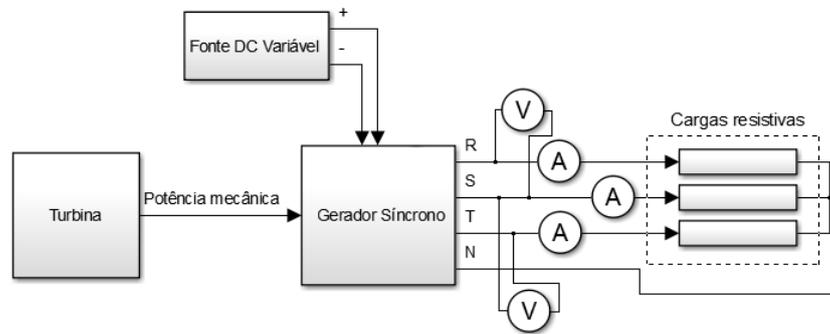


Figura 5 - Diagrama dos equipamentos de geração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Isto porque verificou-se que os alunos não tinham a exata compreensão do funcionamento de um sistema de geração. Com estes equipamentos adicionais é possível realizar testes onde varia-se os valores de velocidade da turbina e tensão de excitação afim de se verificar a resposta na energia gerada, garantindo o conhecimento básico para se compreender o funcionamento do controle de excitação e controle de velocidade de um sistema hidrelétrico convencional. Os estudantes monitoram a velocidade da turbina-gerador, levando em conta a relação de transmissão; monitoram a excitação do gerador; monitoram a quantidade de carga aplicada em cada fase gerada; bem como, a tensão e a corrente geradas. Ainda é necessária a integração de sincronoscópios ao sistema para a correta abordagem a respeito de sincronismo.

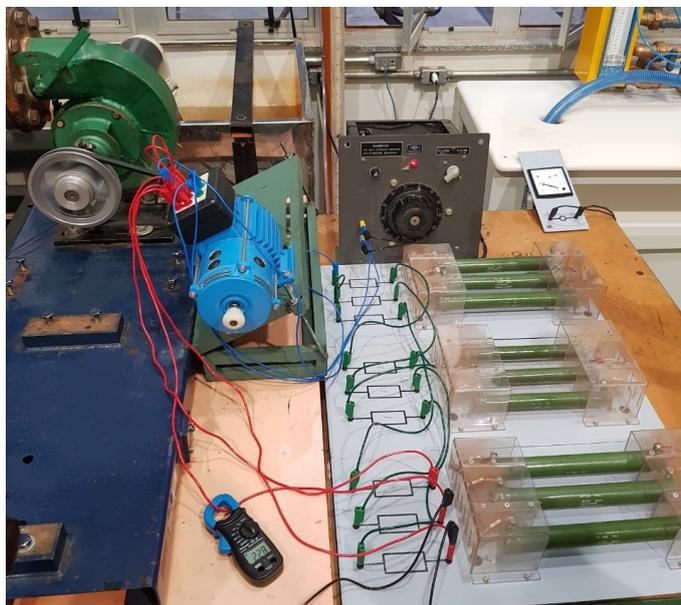


Figura 6 - Sistema de geração da bancada didática.

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4 Nível 4 - Controle de Processos e Sistemas Dinâmicos (Disciplinas: instrumentação e controle de sistemas dinâmicos)

No nível 4 pode-se trabalhar a modelagem matemática dos componentes da bancada, a identificação do sistema da turbina, tipos de controladores para o controle de velocidade e excitação, envio e recebimento de dados da instrumentação e protocolos de comunicação. A figura 7 ilustra as atividades desenvolvidas no nível 4.

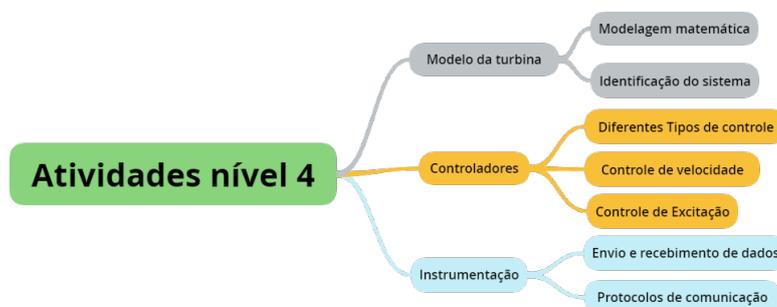


Figura 7 - Atividades desenvolvidas no nível 4.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que diz respeito ao controle de processo e instrumentação, houve uma melhora significativa na aquisição de sinais de instrumentação e comunicação destes valores. Foi implementado junto a bancada um inversor de frequência, figura 8(b), onde têm-se um controle PID, afim de se manter a pressão de água na tubulação constante, variando-se a rotação do sistema de bombeamento de água (SANTOS, 2016). Também foi implementado um sistema supervisório, figura 8(a), visando a integração entre todos os dispositivos da bancada. Tal supervisório foi desenvolvido através do software SCADABR (CALIXTO, 2015).

Por fim, foram implementados sensor de vazão eletromagnético, figura 9(a), para monitoração da vazão através do sinótico e células de carga, figura 9(b). Tais células de carga são utilizadas apenas quando se quer estudar o comportamento da turbina, medindo a potência no eixo e gerando informações dinâmicas de resposta.

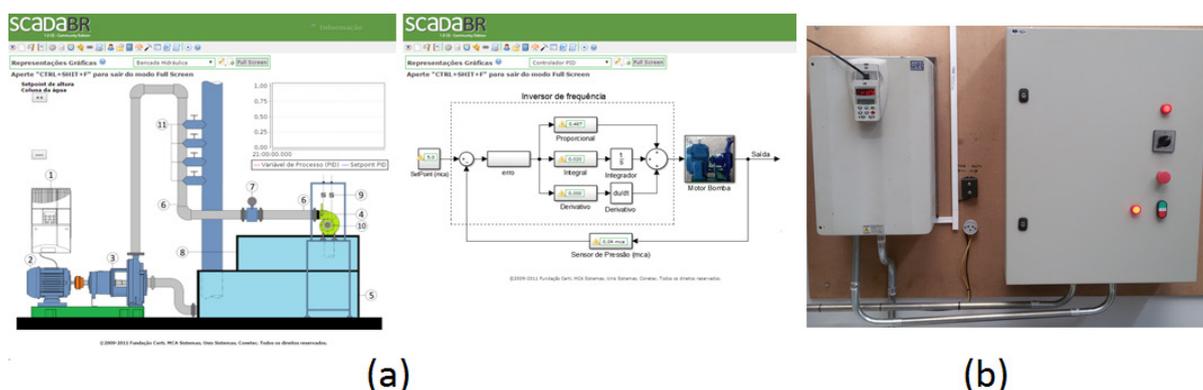


Figura 8 (a) Telas 1 e 2 do Sinótico supervisório. (b) Inversor de Frequência CFW09.

Fonte: Elaborado pelo autor

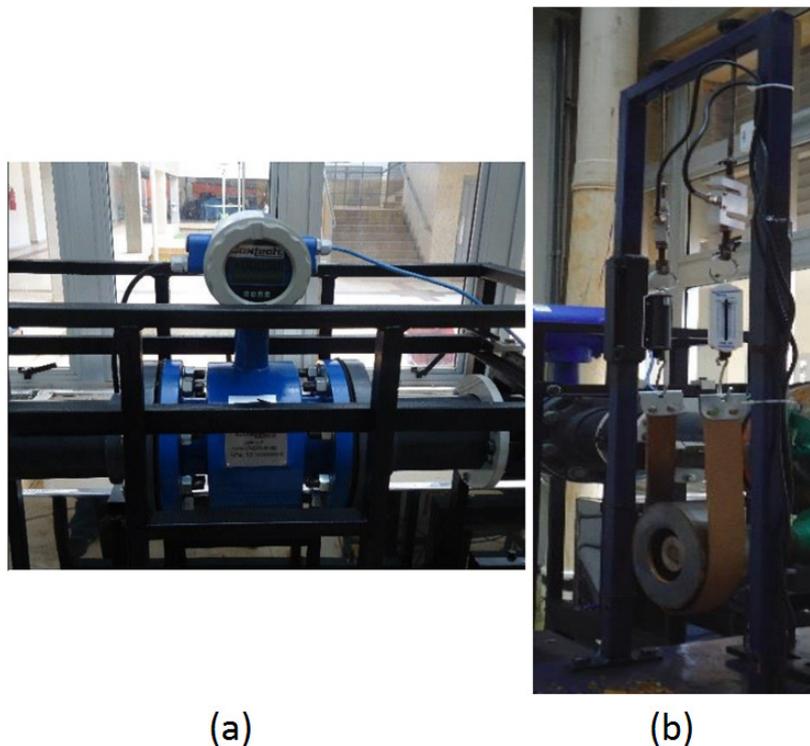


Figura 9 – (a) Sensor de vazão eletromagnético e (b) Freio de Prony com as células de carga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para garantir a comunicação de todos os equipamentos ao supervisório, foi implementado um sistema de aquisição de dados e comunicação com o computador por meio de protocolo Modbus. A figura 10(a) mostra a representação da ligação dos dispositivos da planta e a figura 10(b) mostra o quadro com a montagem da placa. Esse sistema projetado tem um diferencial por utilizar a plataforma arduino como processador de dados e, por isso, se torna uma solução muito mais barata que as soluções comerciais. Com essa plataforma, podemos ter a aquisição de dados de sensores analógicos (sinal 4-20mA), sensores com sinal de tensão (sinal 0-10V), sensores de pulso (frequência), saída para acionamento discreto 5Vdc e 12Vdc, acionamento através das portas PWM do arduino, bem como, comunicação RS 232 e RS 485.

Por fim, se faz necessária a implementação do sistema de controle automático da abertura/fechado da válvula de entrada de água da turbina Indalma. Para essa implementação foi projetado o sistema apresentado na figura 11, onde temos o sistema de atuação, bem como, a realimentação de posição da válvula, representando assim um controlador de velocidade comumente encontrado nas unidades hidrelétricas atuais.

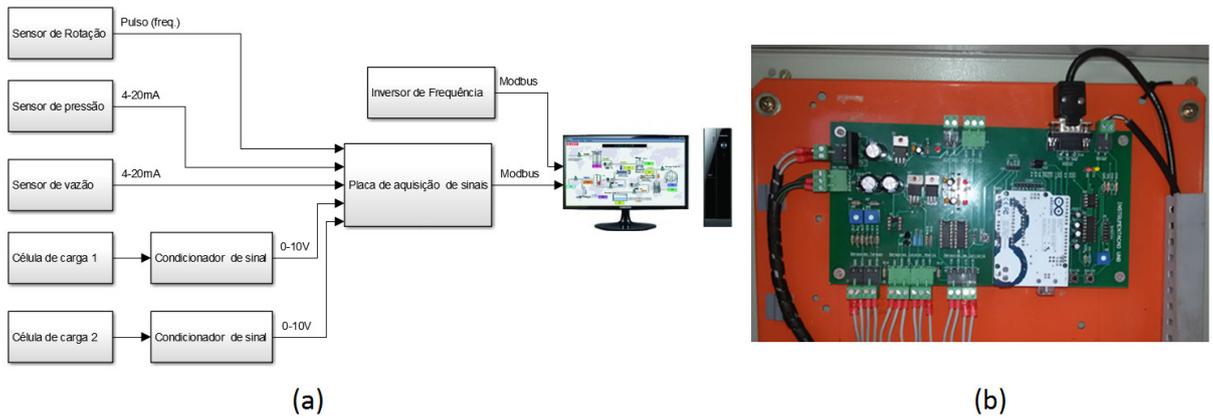


Figura 10 – (a) Diagrama do sistema de aquisição de dados. (b) Quadro com a placa de aquisição dos sinais dos sensores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

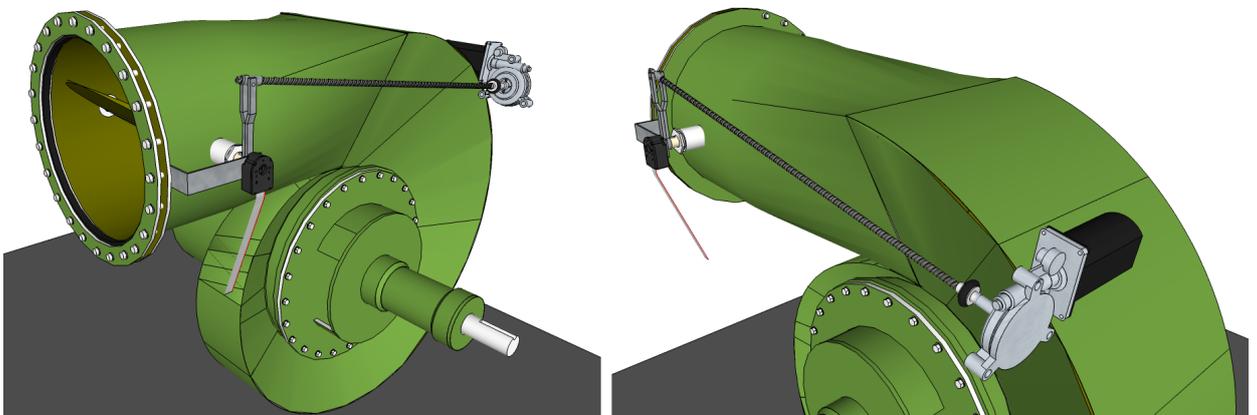


Figura 11 – Proposta do controlador de velocidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Também é esperada a implementação do controle automático de excitação por meio de um controlador estático SCR, atrelado ao controle manual de excitação e as cargas de dissipação da energia gerada, figura 12. O fato de ter o controle manual e automático do mesmo sistema propicia maior diversidade de maneiras a se trabalhar o mesmo assunto. Uma vez que o aluno continuará tendo a aplicação manual de excitação no gerador, e poderá visualizar a resposta do sistema. Com estas modificações, o sistema será plenamente capaz de representar com fidedignidade uma planta hidrelétrica real.

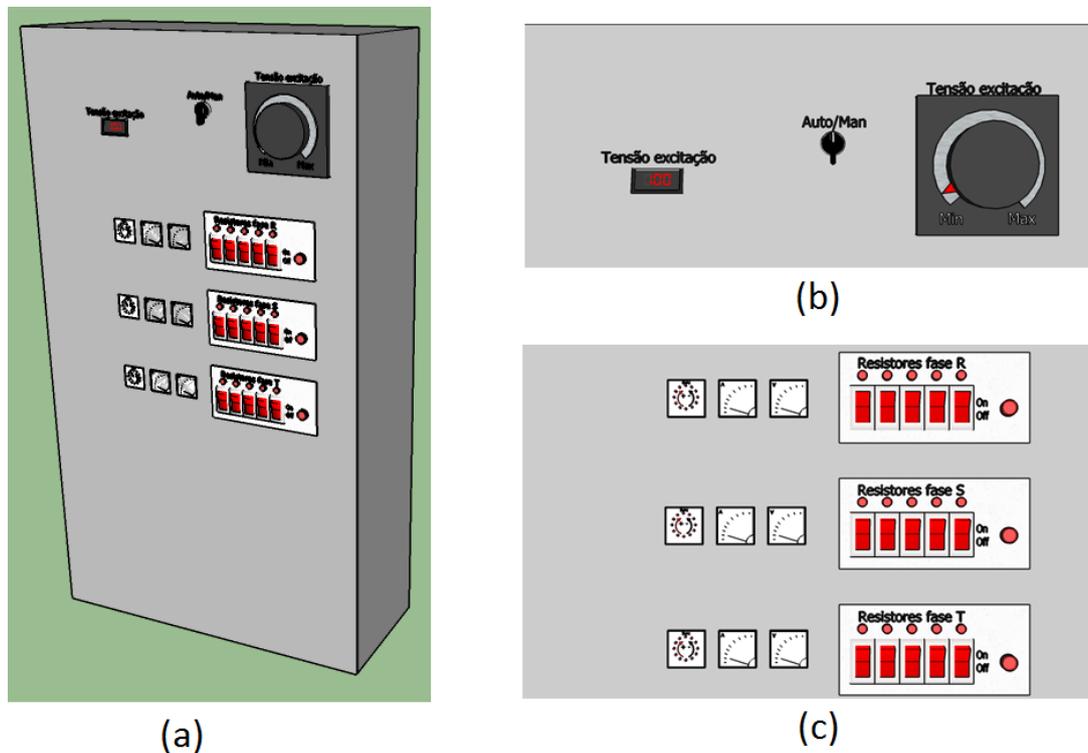


Figura 12 – (a) Proposta do quadro para controle de excitação e consumo da carga gerada. (b) Controle manual e automático de excitação. (c) comutação de acionamento das cargas nas 3 fases e instrumentação de análise.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 | CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou a implementação de novos equipamentos a bancada didática de sistemas hidrelétricos da Universidade de Brasília - UnB, campus Gama. Como apresentado, a bancada tem sido utilizada, com qualidade, no ensino para as turmas do curso de engenharia da energia, porém se fazia necessário a implementação de alguns equipamentos para agregar valor ao sistema e expandir a capacidade de utilização da plataforma. Como visto, segue-se a subdivisão de 4 níveis na metodologia de utilização da bancada, porém o controle de velocidade automático da turbina ainda está em fase de implementação, bem como quadro para controle de excitação e consumo da carga gerada. Com estes equipamentos será possível ter um sistema compacto, de fácil entendimento e manuseio, que viabilizará melhor compreensão aos estudantes.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Rondônia - FAPERÓ, e ao Instituto Federal de Rondônia - IFRO, pelo apoio.

REFERENCIAS

ANEEL. **Big - banco de informações de geração (capacidade de geração do brasil)**. 2016. Acesso em: 10 de maio de 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfmi>>.

CALIXTO, R. de O. **Sistema supervisorío para bancada de ensaio de pico turbina hidráulica Indalma**. Biblioteca Digital de monografias - BDM-UnB, 2015. Acesso em: 2 de maio de 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/3tvypBi>>.

SANTOS, M. E. C. M. d. **Controle da pressão de operação da bancada de testes para turbinas hidráulicas**. Biblioteca Digital de monografias - BDM-UnB, 2016. Acesso em: 25 de abril de 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/ws5qJfi>>.

SILVA, J. d. et al. **Laboratório real de geração hidrelétrica – proposta metodológica de utilização de bancada de ensaio de turbina hidráulica no curso de engenharia de energia**. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. [S.l.: s.n.], 2013. p. 36.

SIMOES, R.; SIPLE, I. Z.; FIGUEIREDO, E. B. de. **Aplicação da integral na determinação de características geométricas de seções planas de estruturas em barras**. In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. [S.l.: s.n.], 2014.

SIQUEIRA, M. d.; ELS, R. V. **Uso de bancada de ensaio de turbina hidráulica em laboratório na formação do engenheiro de energia a partir da disciplina fontes de energia e tecnologias de conversão**. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. [S.l.: s.n.], 2014. p. 36.

SOBE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

MICHELI KUCKLA Professora de Química na Rede Estadual do Paraná - Secretaria de Estado de Segurança do Paraná. Graduada em Licenciatura Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Especialista em Educação do Campo pela Faculdades Integradas do Vale do Ivaí. Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Doutoranda em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Trabalha com os temas relacionados ao Ensino de Ciência e Tecnologia e Sociedade.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-273-9

