

CONFEÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS COM PERSPECTIVA À INTEGRAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Gustavo C. Balbinot – gu.academico@gmail.com

Artur V. A. Santos – artur.santos@ifro.edu.br

Kariston D. Alves – kariston.alves@ifro.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – Campus Calama

Av. Calama, 4985 – Flodoaldo Pontes Pinto

76820-441 – Porto Velho – Rondônia

Resumo: A maior porcentagem de geração de energia elétrica por fontes renováveis no Brasil é proveniente de sistemas hidrelétricos. Os estudantes de engenharia, quanto futuros profissionais, poderão atuar neste setor, e por isso, devem ser devidamente capacitados para enfrentar os desafios do setor energético. Desta forma, é de extrema importância o conhecimento dos assuntos tangentes a estes sistemas, tanto teórico como prático no que diz respeito aos equipamentos e procedimentos. Neste sentido, o artigo apresenta uma proposta de bancada didática para sistemas hidrelétricos com a perspectiva de integração de equipamentos de indústria 4.0 para que os estudantes do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Rondônia tenham a devida formação e estejam capacitados atuar com os novos conceitos da área. Não somente dada a relevância do setor para o país, como também, dada a notoriedade que o estado de Rondônia alcançou por seu parque de geração hidrelétrica. O artigo apresentará as abordagens metodológicas possíveis para a bancada, e estão subdivididas em 5 níveis, que, propiciará uma flexibilidade no uso para cada conteúdo ministrado.

Palavras-chave: Bancada Didática, Sistemas Hidrelétricos, Indústria 4.0.

1 INTRODUÇÃO

É imprescindível que na atualidade procurem-se meios de obter energia por fontes renováveis de modo a minimizar os impactos no ecossistema. Dentre as diversas formas de produção de energia renovável (eólica, solar, hidrelétrica e maré) a que mais se destaca no Brasil é a produção de energia através de hidrelétricas (BIG, 2019). De acordo com os dados fornecidos pelo Banco de Informações de Geração (BIG) pertencente à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) existem 1341 empreendimentos de fonte hidrelétrica com uma potência associada de 104.589.321 kW sendo esses empreendimentos subdivididos em 3 (três) categorias: CGHs, UHEs e PCHs¹, representando assim 60,73% da matriz energética do Brasil.

Ainda de acordo com o BIG existem 34 empreendimentos localizados em Rondônia em operação, que será demonstrado detalhadamente na tabela 1. Pode-se notar que o mercado estadual conta com um número expressivo de empreendimentos hidrelétricos, sendo eles em sua maioria PCHs, com isso se faz necessário engenheiros capacitados para atuar com sistemas hidrelétricos

¹CGH - Central Geradora Hidrelétrica, UHE - Usina Hidrelétrica e PCH - Pequena Central Hidrelétrica

Tabela 1 – Empreendimentos de geração de energia hídrica no estado de Rondônia

Categoria do Empreendimento	Nome da usina	Potência Fiscalizada (kW)	Município - RO
CGH	Altoé I	2.062,50	Alto Alegre dos Parecis
	Altoé II	1.000	Alto Alegre dos Parecis
	Cachoeira do Cambara	2.160	Vilhena
	Castaman II	950	Colorado do Oeste
	Espigão	2.300	Espigão d'Oeste
	Fazenda Figueirão	40	Alta Floresta d'Oeste
	Marcol	2.500,20	Vilhena
	Margarida Ltda	1.480	Colorado do Oeste
	Martinuv	1.840	Vilhena
	Poço	720	Vilhena
	Rio Enganado	2.000	Colorado do Oeste
	Rio Vermelho	2.560	Vilhena
	São João PA	3.804,42	Pimenteiras do Oeste
PCH	Alta Floresta	5.000	Alta Floresta d'Oeste
	Ângelo Cassol	3.600	Alta Floresta d'Oeste
	Cabixi	2.700	Vilhena
	Cachoeira	11.120	Vilhena
	Cachoeira Cachimbo Alto	9.801	Alta Floresta d'Oeste
	Canaã	17.000	Ariquemes
	Cascata Chupinguaia	9.600	Chupinguaia/Corumbiara
	Cesar Filho	7.000	Chupinguaia/Parecis
	Chupinguaia	1.270	Vilhena
	Figueira	1.400	Alta Floresta d'Oeste
	Jamari	20.000	Ariquemes
	Monte Belo	4.800	Alta Floresta d'Oeste
	Primavera	25.700	Pimenta Bueno/Primavera de Rondônia
	Rio Branco	7.140	Alta Floresta d'Oeste
	Saldanha	5.280	Alta Floresta d'Oeste
	Santa Cruz de Monte Negro	17.010	Monte Negro
	Santa Luiza D'Oeste	3.000	Alto Alegre dos Parecis
UHE	Samuel	216.750	Porto Velho
	Rondon II	73.500	Pimenta Bueno
	Santo Antônio	3.586.000	Porto Velho
	Jirau	3.750.000	Porto Velho
TOTAL	34	7.801.088,12	

Fonte: BIG (2019) adaptado.

De acordo com a ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) e com o extinto MDIC (Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços), atualmente incorporada pelo Ministério da Economia, um dos principais fatores que impulsionam a indústria 4.0 é um conjunto de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico, acarretando o crescimento tecnológico em diversas áreas sendo elas: IA (Inteligência Artificial), impressão 3D, IoT (Internet das Coisas), CPS (Sistemas Ciber-Físicos) e entre outras, fazendo assim com que todos os equipamentos troquem informações entre si, fazendo com que o processo se adapte e fique mais autônomo.

Ao que tudo indica novas competências surgirão para os engenheiros, fazendo com que o ensino deva se adaptar a essa realidade, um exemplo que pode ser citado é a indústria 4.0. A ABDI (2019) demonstra que entre os anos de 1969-2000 no Brasil, os engenheiros não tinham a competência necessária à nova fase da industrialização, sendo fator mandatório para que as instituições de ensino se adaptem, fazendo com que os futuros engenheiros possam assim ter a competência requerida para o mercado de trabalho.

De acordo com Villas Boas et. al, (2019), há um destaque especial para a mudança de concepção na formação baseada em conteúdos para a formação por competências, acarretando a necessidade de um replanejamento na atuação docente. Por sua vez, Alves (2017, apud SIMÕES; SIMPLE; FIGUEIREDO, 2014), mostra uma preocupação na formação dos engenheiros, afirmando:

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.

Desta forma, é de extrema importância possibilitar uma formação profissional diferenciada com a correta interdisciplinaridade entre as disciplinas. Com isso o uso das aulas práticas possibilita uma maior interação entre os conceitos ministrados.

De posse destas informações foram analisadas formas de capacitar os alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação, para que possa haver uma capacitação alinhada às necessidades locais. Deste modo, almeja-se a elaboração de uma bancada didática de sistemas hidrelétricos que subsidie os discentes à correta compreensão de um sistema hidrelétrico, de modo que estes futuros profissionais possam propor aprimoramentos, seja na eficiência dos sistemas ou mesmo a modernização com vistas às tecnologias da indústria 4.0.

Alinhado ao projeto pedagógico do curso, a bancada é projetada para que disciplinas, como: Modelagem de Sistemas Dinâmicos, Controle de Processo e Laboratório de Controle possam contar com o equipamento para ilustrações e contextualizando com a realidade local.

O artigo está estruturado da seguinte forma: A seção 2 denominada “Proposta da bancada didática e metodologias” apresentará quais metas e processos serão cumpridos para a confecção da bancada bem como as propostas metodológicas referentes ao uso da bancada como ferramenta didática para o aprimoramento do ensino-aprendizagem no curso; na seção 3 intitulada como “Descrição dos níveis” demonstrará de forma detalhada cada nível metodológico; seguindo na seção 4 “Perspectiva de resultados” a partir do uso da bancada; e por fim na seção 5 “Considerações finais” finalizando assim com as devidas considerações.

2 PROPOSTA DA BANCADA DIDÁTICA E METODOLOGIAS

Este projeto teve início no ano de 2019/1, desta forma, exhibe-se de forma detalhada cada meta ou etapa a ser concluída até a confecção final, onde os alunos poderão ter contato

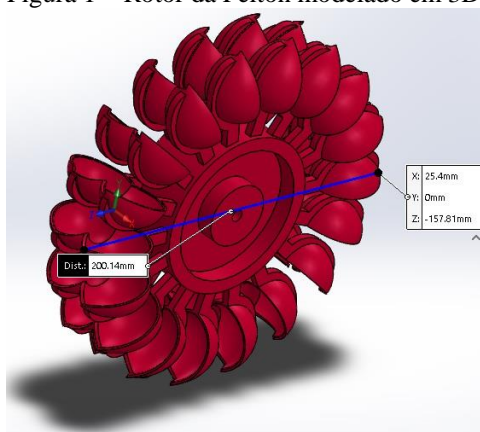
com a bancada didática. A proposta apresentada baseia-se na bancada didática de sistemas hidrelétricos da UnB – Campus Gama que teve sua concepção e elaboração por meio de projeto aprovado no edital MCT/CNPq Nº 05/2010, apresentado por Alves (2017) visando a capacitação laboratorial e formação de em fontes renováveis.

Em nosso caso, é esperado que o equipamento atenda a interesses particulares do curso, como também da região. Como já mencionado, o estado de Rondônia tem um forte mercado em sistemas hidrelétricos. Não obstante, o equipamento visa auxiliar na formação dos alunos de engenharia de controle e automação. Deste modo, por meio de projeto aprovado na chamada universal FAPERO 04/2018, iniciaram-se os estudos para elaboração da plataforma, que deve integrar os conceitos básicos de um sistema hidrelétrico aos conceitos das técnicas de controle e instrumentação.

2.1 Modelagem em 3D dos rotores das turbinas

Realizou-se a modelagem em 3D dos rotores das turbinas Pelton e Vortex, sendo a turbina Pelton consolidada no mercado interno e a Vortex como evidência internacional, tendo forte empregabilidade nos empreendimentos PCHs. Desta forma procura-se seguir fielmente as características delas para que o sistema em escala reduzida (bancada) se comporte o mais parecido possível com os modelos empregados em escala real. Sendo assim a figura 1, demonstrará o rotor da Pelton desenhado para a impressão 3D.

Figura 1 – Rotor da Pelton modelado em 3D.

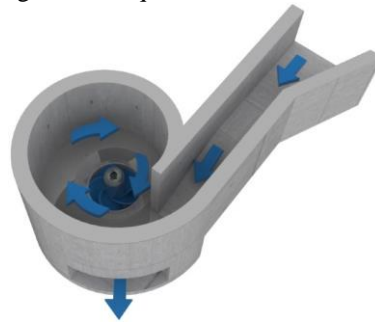


Fonte: Elaborado pelo autor.

O rotor da Pelton projetado tem um diâmetro (de pá a pá) de 200 mm, com uma espessura (copo a copo na mesma pá) 59,57 mm, o rotor conta com 18 pás e um furo central passante para o eixo de 6 mm de diâmetro.

Após a conclusão da modelagem do rotor da turbina Pelton deu-se início a modelagem da turbina Vortex, entretanto por ser uma turbina relativamente nova não se tem muitas informações ou pesquisas relacionadas a ela. Desenvolvida por uma equipe belga, este modelo destina-se ao uso em países em desenvolvimento. De acordo com a TURBULENT (2018), há apenas três (3) dessas turbinas instaladas pela referida empresa, se mostrando como uma alternativa viável. Desta forma, pretende-se iniciar uma investigação deste modelo, com a perspectiva de fomentar seu uso na região norte, dada as características do modelo: necessidade de baixa queda e alta vazão, o que está em sintonia com as características geográficas da região.

Figura 2 - Esquemático da Turbina Vortex.



Fonte: Turbulent (2018)

2.2 Perspectiva da bancada

Baseando-se em modelos utilizados em outras instituições de ensino, conforme a figura 3, foi idealizada uma bancada que atendesse as duas formas de rotores que serão impressas em 3D e afixados nas bases projetadas para a bancada. Desta forma, há a necessidade de flexibilidade no encapsulamento onde os rotores ficarão, ou seja, a parte onde os rotores ficarão será intercambiáveis, a fim de atender a especificidade de cada um.

Figura 3 - Bancada Pelton utilizadas em instituições parceiras.



Fonte: IFAM (2014)

Acrescido ao escopo inicial, a bancada projetada prevê espaço para a fixação do sistema embarcado e a passagem dos cabos. Com isso faz-se necessário a escolha de sistema embarcado e sensores que serão empregados, possibilitando assim a comunicação via IoT e outros conceitos da indústria 4.0, sabe-se que há vários sistemas embarcados com módulos Wi-Fi, alguns que já integradas à placa, como o *NodeMCU* e outros que requerem a *shield* de integração no caso das placas Arduino.

3 USO DA BANCADA COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA

Para o uso da bancada como ferramenta metodológica baseou-se no trabalho de Silva *et al.* (2013) que apresenta uma proposta metodológica que é dividida em níveis de complexidade dos equipamentos que compõem a bancada, desta forma cada nível será trabalhado de acordo com a disciplina. Desta forma com as adaptações da proposta original devido às funções desta bancada, têm-se que os níveis serão:

- **1º nível: Conhecimento do sistema e verificação de conceitos básicos;**

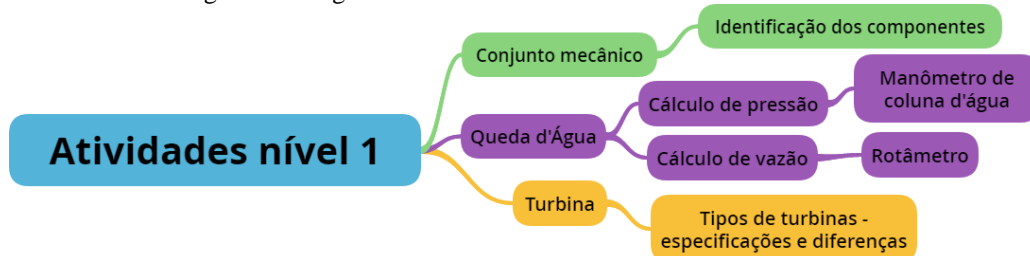
- 2º nível: Comportamento hidrodinâmico e avaliação do sistema mecânico;
- 3º nível: Geração de energia elétrica;
- 4º nível: Controle de processo e comportamento como sistema dinâmico;
- 5º nível: Manipulação e supervisão através dos conceitos de indústria 4.0.

3.1 Nível 1: Conhecimento do sistema e verificação de conceitos básicos

(Disciplinas: Introdução à engenharia e disciplinas de física)

Como descrito na proposta original, neste nível propõem a serem trabalhados conceitos básicos, como conhecimento geral dos equipamentos existentes no conjunto que compõem a bancada, a utilização do rotâmetro junto ao uso de sensores para validação dos cálculos de pressão e vazão. A figura 4 demonstrará as atividades a serem desenvolvidas neste nível. Desta maneira, proporciona-se um estímulo maior para os alunos, pois já haverá um contato inicial com a prática.

Figura 4 - Diagrama de atividades a serem realizadas no nível 1.



Fonte: Próprio

3.2 Nível 2: Comportamento hidrodinâmico e avaliação do sistema mecânico

(Disciplinas: Elementos de máquinas, fenômenos de transportes e máquinas térmicas e hidráulicas)

Neste nível serão apresentados aos alunos conceitos sobre hidrodinâmica e avaliarão o sistema mecânico que compõe a bancada. Para esse nível os alunos vão dispor de sensores mais adequados para a monitoração do sistema em funcionamento. As atividades propostas são: identificação dos elementos de máquinas, análise mecânica, análise de eficiência e tópicos transversais à mecânica, aferição de pressão e vazão através de sensores, cálculo de eficiência da turbina e característica como máquina de fluxo, conforme demonstrado na figura 5.

Figura 5 - Diagrama de atividades a serem realizadas no nível 2.



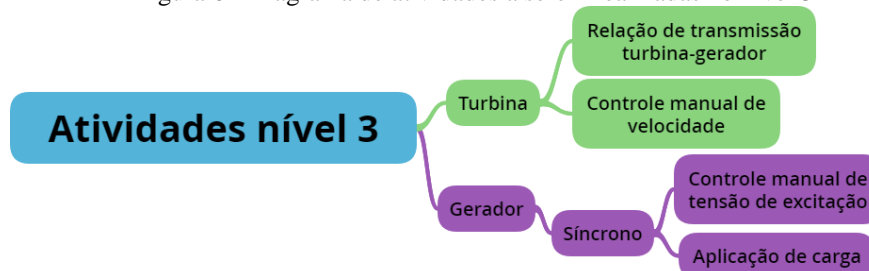
Fonte: Próprio

3.3 Nível 3: Geração de energia elétrica

(Disciplinas: Máquinas elétricas e conversão de energia)

Neste nível pretende-se abordar conceitos de máquinas elétricas e de conversão de energia pertinentes a formação dos graduandos, para que tenham um maior conhecimento na prática, como por exemplo, gerador síncrono, a relação turbina-gerador e seus temas transversais. A figura 6 demonstrará a abordagem pretendida.

Figura 6 - Diagrama de atividades a serem realizadas no nível 3



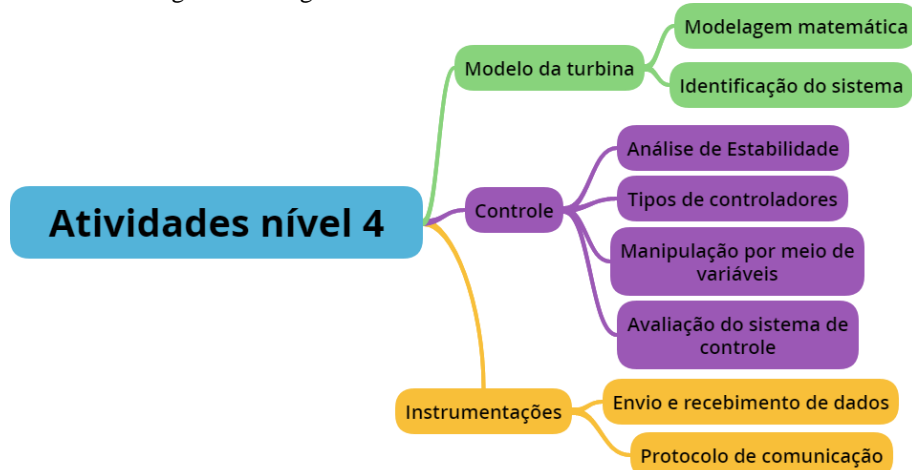
Fonte: Próprio

3.4 Nível 4: Controle de processo e comportamento como sistema dinâmico

(Disciplinas: Modelagem de sistemas dinâmicos, teoria de controle, laboratório de controle, controle de processo, instrumentação industrial)

Neste nível o enfoque será inteiramente à métodos de controle para uma melhor eficiência dessa turbina, sendo os assuntos abordados como: Análise de estabilidade, tipos de controladores, protocolo de comunicação entre a planta e os controladores, representação matemática do sistema, identificação do sistema, entre outros assuntos tangíveis a este nível, conforme a figura 7 mostrará.

Figura 7 - Diagrama de atividades a serem realizadas no nível 4.



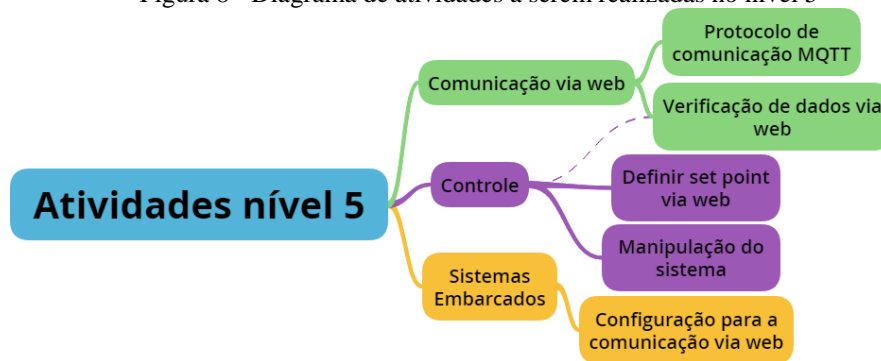
Fonte: Próprio

3.5 Nível 5: Manipulação e supervisão através dos conceitos de indústria 4.0

(Disciplinas: Sistema embarcados, Sistemas supervisórios, redes industriais)

Por fim o nível 5 será para as atividades correspondentes a indústria 4.0, com codificação do sistema embarcado para o protocolo MQTT para interação dos objetos com a internet, assim podendo supervisionar e configurar os *SetPoints* da planta, entre outras atividades. A figura 8 demonstrará o diagrama de atividades.

Figura 8 - Diagrama de atividades a serem realizadas no nível 5

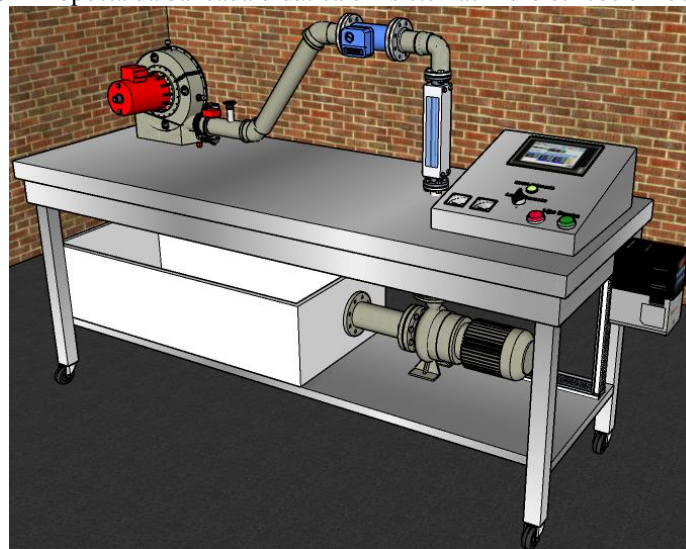


Fonte: Próprio

4 PERSPECTIVA DE RESULTADOS

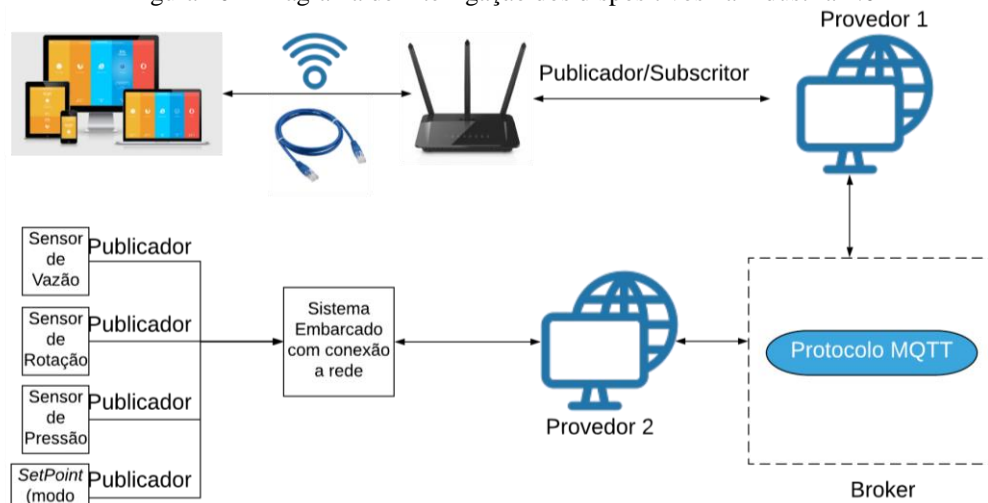
Espera-se que com o desenvolvimento desta bancada as aulas referentes aos determinados assuntos que foram expostos, possam ser devidamente subsidiadas. Por meio desta ferramenta consiga-se uma construção de conhecimento feito por “teias”, ou seja, por um melhor entrelaçamento de todos os conteúdos que abrangem a área de controle e automação. A figura 9 apresenta a bancada projetada com todos os equipamentos mecânicos, hidráulicos e elétricos necessários. Por sua vez, a figura 10 apresenta o diagrama de interligação dos dispositivos que compõem a bancada e que serão apresentados ao aluno os conceitos de indústria 4.0.

Figura 9 - Proposta da bancada didática em sistemas hidrelétricos e indústria 4.0.



Fonte: Próprio.

Figura 10 – Diagrama de interligação dos dispositivos na indústria 4.0



Fonte: Próprio.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante tudo que foi exposto neste trabalho, com a conclusão desta bancada, poderá ser utilizada em matérias importantes do núcleo específico como Modelagem de Sistemas Dinâmicos, Controle de Processo e Laboratório de Controle, bem como as matérias do núcleo básico e profissionalizante, Fenômenos de Transporte e Teoria de Controle.

Desta forma o valor agregado em forma de conhecimento prático para o curso e para os alunos será de extrema importância, tendo em vista que, cada vez mais se necessita de profissionais altamente qualificados para execução de trabalhos mais complexos. Almejando que esses profissionais estejam aptos a não trabalhar somente no mercado estadual e sim em âmbito nacional.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Rondônia - FAPERO, e ao Instituto Federal de Rondônia - IFRO, pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ALVES, Kariston D. Laboratório de sistemas hidrelétricos aplicados a formação do engenheiro de energia – geração de energia elétrica e controle de sistemas dinâmicos. In: XLV Congresso Brasileiro De Educação em Engenharia, 2017, Florianópolis. **Anais**. Joinville, 2017.

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: XLI Congresso Brasileiro De Educação em Engenharia, 2013, Rio Grande do Sul. **Anais**. Gramado, 2013.

ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 19 abr. 2019.

ABDI. **Indústria 4.0**. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br/>. Acesso em: 19 abr. 2019.

TURBULENT. **PROJECTS**. Disponível em: <https://www.turbulent.be/projects>. Acesso em: 24 abr. 2019

VILLAS-BOAS ET. AL., **Uma nova sala de aula é possível: Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia**. 1º ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2019.

CONSUP., Resolução nº 3, de 17 de janeiro de 2017. **Projeto Pedagógico Do Curso De Engenharia De Controle E Automação Do Campus Porto Velho Calama**. Porto Velho: IFRO, 2017.

CONFECTION OF DIDACTIC BANK FOR SIMULATION OF HYDROELECTRIC SYSTEMS WITH A VIEW TO THE INTEGRATION OF THE INDUSTRY 4.0

Abstract: *The highest percentage of electricity generation by renewable sources in Brazil through hydroelectric systems. Engineering students, as well as future professionals, will be able to work in this sector, and therefore must be properly trained to face the challenges of the energy sector. In this way, it is extremely important to know the issues of these systems, both theoretical and practical with regard to equipment and procedures. The article presents a didactic workbench proposal for hydroelectric systems with the perspective of integration of 4.0-industry equipment so that students of the Control Engineering and Automation course of the Federal Institute of Rondônia would have the appropriate training and are able to work with the new concepts of the area. Not only given the sector's relevance to the country, in general, but also, given the state of Rondônia's notoriety for its hydroelectric generation park. The article will present possible methodological approaches to the workbench, and are subdivided into 5 levels, which will provide flexibility in use for each content.*

Keywords: *Didactic WorkBench, Hydropower System. Industry 4.0.*