

## O USO DE LABORATÓRIOS REMOTOS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE SISTEMAS DE CONVERSÃO DE ENERGIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4255

Alberto Hernandez Neto - ahneto@usp.br  
Universidade de São Paulo

Marcelo Augusto Leal Alves - malalves@usp.br  
Universidade de São Paulo

SILVIO CARLOS ANIBAL DE ALMEIDA - silvioa@poli.ufrj.br  
UFRJ

**Resumo:** *O presente trabalho descreve o desenvolvimento de laboratórios remotos para o ensino de cursos de energia renovável. Este artigo apresenta as principais características dos cursos a distância e o cenário internacional do e-learning. Com base nos conceitos apresentados, analisa-se a utilização de laboratórios didáticos remotos no contexto do Learnify que é uma plataforma de aprendizagem online. Essa plataforma funciona como um repositório de livros didáticos, lições e módulos para fornecer aos alunos assistência no estudo e educação baseada em problemas em todo o mundo. Dentro da plataforma Learnify são descritos e analisados dois laboratórios remotos: célula de combustível e sistemas de refrigeração/ar condicionado. A descrição fornecerá as características técnicas de cada equipamento utilizado no laboratório e o resultado de aprendizagem pretendido em conhecimentos, habilidades e responsabilidade/autonomia que devem ser alcançados pelos alunos com base na taxonomia de Bloom.*

**Palavras-chave:** *Taxonomia de Bloom, aprendizagem remota, objetivos pretendidos de aprendizagem*

## O USO DE LABORATÓRIOS REMOTOS PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE SISTEMAS DE CONVERSÃO DE ENERGIA

### 1 INTRODUÇÃO

As plataformas de *e-learning* testemunharam uma aceitação exponencial pelos setores educacional e corporativo nos últimos anos. Escolas e empresas estão adotando ferramentas de aprendizado on-line para melhorar o envolvimento de alunos e funcionários e a experiência de aprendizado.

A pandemia do COVID-19 transformou ainda mais o mercado de *e-learning* com o fechamento de escolas e universidades ao redor do mundo. Segundo a UNESCO (UNESCO,2021), em março de 2020, mais de 1,2 bilhão de estudantes em 186 países foram afetados pelo fechamento de escolas devido à pandemia. Os países mais atingidos pela pandemia de coronavírus tiveram um crescimento sem precedentes nas matrículas no ensino a distância. Escolas e empresas estão adotando soluções de *e-learning* para atrair alunos e se manterem competitivas no mercado.

As universidades de educação a distância competem abertamente com universidades convencionais e outros atores educacionais. Numa época de contínua redução da despesa pública no ensino superior, tem surgido um debate sobre a sustentabilidade destas instituições, sobretudo na Europa (Teixeira et al., 2019).

Além disso, as partes interessadas pressionam fortemente para inovar as práticas educacionais para torná-las mais flexíveis e ajustáveis ao contexto com uma experiência de aprendizagem mais personalizada. Além disso, os processos educacionais precisam ser abertos e ampliados para reduzir custos e se tornar mais sustentáveis, envolvendo e alcançando mais alunos (Teixeira et al., 2019).

Esses fatores definem um cenário para a expansão da educação digital em instituições de ensino superior em todo o mundo (Bates, 2021).

Este artigo analisou a utilização de laboratórios remotos no contexto de uma plataforma de *e-learning* (*Learnify*- ver Seção 4) com base na taxonomia de Bloom (ver Seção 3). Tal taxonomia é um conjunto de três modelos hierárquicos usados para classificar os objetivos educacionais de aprendizagem em níveis de complexidade e especificidade que abrangem os objetivos de aprendizagem nos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor. Esses domínios são divididos em vários níveis, avaliando minuciosamente as estratégias de aprendizagem utilizadas nas atividades dos laboratórios remotos. Dois módulos no *Learnify* são apresentados neste documento: sistema de célula de combustível e sistema de refrigeração e ar-condicionado (consulte a Seção 4). Esses módulos foram concebidos com base na taxonomia de Bloom para avaliar a eficácia das estratégias de ensino no processo de aprendizagem dos alunos.

### 2 SITUAÇÃO ATUAL, DESAFIOS E TENDÊNCIAS DA EDUCAÇÃO ON-LINE

Uma avaliação das tendências que impulsionam a ascensão da educação on-line pode ser apresentada como (Radianti, 2019; Higher Ed Partners, 2021):

- Tecnologia educacional: o aumento da dependência do aprendizado digital acelerou o uso do *e-learning* no ensino superior com valor de mercado esperado de US\$ 377,85 bilhões em 2028;
- Gamificação: esta estratégia tem sido utilizada por formas mais eficazes de incentivar a participação dos alunos;
- Virtual (VR) e realidade aumentada (AR): essas tecnologias permitem que os alunos explorem os conteúdos do curso de forma mais imersiva e interativa;
- Análise de aprendizagem: o uso de big data e aprendizado de máquina está aumentando para ajudar a adequar o desempenho do aluno e avaliar no *e-learning*;
- Ensino híbrido e currículo híbrido: este tipo de currículo procura misturar as estratégias de ensino presencial e a distância para proporcionar aos alunos uma maior apropriação do processo de aprendizagem;
- Aprendizagem móvel: especialmente em países de baixa renda, o acesso à Internet é muito mais baseado em dispositivos móveis (principalmente smartphones) do que em computadores.

O status, desafios e tendências na arena da educação on-line em seis regiões do mundo – América do Norte, Europa, América do Sul, Ásia, Ásia-Pacífico e África são apresentados e analisados (Palvia, 2018). Os autores descrevem que as universidades americanas enfrentam um declínio contínuo de matrículas em seus programas de educação no campus e um aumento nos cursos on-line. A Índia iniciou a educação on-line apenas em 2008, mas os fatores nacionais da Índia estão proporcionando crescimento na educação on-line. Os países do Oriente Médio começaram um pouco tarde a educação on-line devido à baixa penetração da Internet, baixa estima do público pela aprendizagem on-line e falta de repositórios educacionais on-line na língua árabe. A Austrália e a Nova Zelândia também têm um potencial crescente para programas de educação on-line. Gana, África do Sul e Malawi, países africanos, lideram o movimento de educação on-line no continente com o apoio do governo. Os autores também apontaram alguns fatores para a melhoria/aumento da educação on-line:

- Melhorias na infraestrutura de telecomunicações com foco em conectividade de banda larga
- A qualidade da educação on-line deve ser melhorada e percebida como igual à tradicional presencial (*face to face*)
- Educação em sala de aula (*face to face*)
- Aumentar a educação continuada para funcionários em organizações de todos os tipos
- A forma de educação on-line deve ser melhor compreendida para haver um equilíbrio entre educação on-line e educação tradicional
- Globalização da educação on-line com o estabelecimento de padrões significativos no currículo, certificações, triagem de alunos, seleção de professores,
- O “modelo único” não funcionou, e o desafio é como lidar com as diferenças tecnológicas e socioculturais nas diversas regiões do mundo.

Existe uma grande necessidade de educação aberta em todo o mundo que conduza a qualificações reconhecidas, especialmente quando imigrantes, pessoas mais velhas, mas experientes e grupos desfavorecidos não se enquadram nas regras e regulamentos de admissão típicos das instituições de educação formal.

Além disso, a aprendizagem ao longo da vida pode apoiar muitos departamentos acadêmicos no futuro. No entanto, as instituições devem estar adequadamente preparadas e organizadas para administrar essas mudanças, que se voltam para a liderança e gestão institucional.

Os estudantes que trabalham representam o principal grupo-alvo das universidades abertas hoje, pelo menos na Europa. Por exemplo, os estudantes trabalhadores representam mais de 90% do número total de inscritos em programas formais na Universidade Aberta de Portugal. Além disso, muitos alunos não formais também aproveitam as oportunidades de aprendizado oferecidas pelas universidades abertas, o que representa um foco completamente diferente de outras instituições de ensino superior.

O mercado de universidades de educação on-line ainda é composto principalmente por aqueles que atualmente são marginalizados em nossa sociedade por sua condição ou por falta de oportunidades, a saber:

Aqueles que não possuem as qualificações acadêmicas nacionais ou locais exigidas para ingresso em programas em universidades tradicionais;

- Aqueles que possuem conhecimentos e habilidades de experiência de trabalho e outras formas de aprendizagem não tradicionais que não são aceitas para crédito prévio em instituições tradicionais;
- Portadores de necessidades especiais;
- Aqueles com um idioma principal diferente do idioma local;
- Aqueles com necessidades de programas, serviços e métodos de entrega que as instituições locais não podem ou não querem oferecer.

Devido à sua maior flexibilidade institucional e missão social, as universidades on-line se conectam mais estreitamente com a sociedade e são mais sensíveis às necessidades emergentes da sociedade. No futuro, no entanto, à medida que as instituições tradicionais de ensino superior se abrirem e começarem a fornecer educação digital flexível em larga escala, as universidades abertas terão que dar um passo adiante. Nesse contexto, as universidades abertas terão que introduzir extensivamente uma combinação de reconhecimento prévio da aprendizagem com novas formas modulares e baseadas em competências de avaliação da aprendizagem e certificação. Além disso, eles precisarão permitir que os alunos cocriem seus cursos cada vez mais. As universidades abertas terão de recorrer a uma abordagem de aprendizado em rede em uma sociedade em rede. Assim, será fundamental para eles aumentar sua flexibilidade institucional usando a inteligência coletiva. Tal como acontece com outros tipos de instituições, as universidades abertas terão de recorrer ao *crowdsourcing* para aumentar a sua capacidade, no sentido de um processo mais distribuído de ensino e aprendizagem, com a participação da comunidade (Moore et al.,2007; Cornier,2008; Downes,2021a).

As instituições de ensino superior devem lidar com o cenário em rápida mudança e fornecer formas adequadas de acesso, integração e inclusão. Por exemplo, a utilização de jogos ou estratégias de gamificação, ambientes imersivos ou simulações que permitem cenários de aprendizagem ou desempenho muito realistas (Moore et al.,2007; Daanen&Facer, 2021; Downes, 2021b; Anderson et al., 2001) sem os perigos inerentes a algumas circunstâncias. No entanto, adicionar tecnologias aos cursos não garante automaticamente a qualidade (Moore et al., 2007). Usar novas tecnologias para perseguir velhos métodos de ensino – geralmente a abordagem centrada no conteúdo e na transmissão do conhecimento que tem sido o paradigma nas universidades tradicionais – não traz ganhos substanciais. Há necessidade de mudanças na pedagogia, desenho do

curso, papel e ações dos professores, ou na preparação de recursos, para citar os mais relevantes (Cormier, 2008) Um retrato pouco otimista pode ser traçado sobre como as instituições reagem a essas mudanças e integram a tecnologia no processo de ensino e aprendizagem (Mota, 2021). O grau de inovação e reflexão necessário para alimentar as mudanças necessárias no uso de tecnologias é muito deficiente. Perpetuam-se os métodos que buscam preparar os indivíduos para uma sociedade industrial que se esvai rapidamente quando as necessidades atuais são muito diferentes.

No futuro, as universidades de educação on-line precisarão demonstrar maior flexibilidade em áreas críticas, como:

- Internacionalização e networking entre instituições pares, formando alianças e permitindo a interoperabilidade
- Separação de serviços universitários
- Reorganização da estrutura acadêmica, privilegiando a colaboração interdisciplinar
- Reorientar as operações da universidade em torno da pesquisa e inovação no ensino e aprendizagem
- Lançamento de laboratórios colaborativos para transferência de conhecimento para administração pública, empresas e organizações sem fins lucrativos (ONGs)
- Disseminação do uso e reuso de recursos educacionais abertos (OERs) e práticas educacionais abertas (OEPs)
- Envolvimento regular do pessoal em programas de formação contínua e mobilidade internacional
- Aumento do envolvimento dos alunos nos processos de *codesign* do curso; Implementação de infra-estruturas tecnológicas de enquadramento aberto.

As universidades devem apostar em estratégias de “especialização dinâmica”, apostando na eliminação de recursos e atividades que já não as diferenciam e concentrando-se em acelerar o crescimento naquilo que verdadeiramente as distingue na sociedade, para serem ou permanecerem bem-sucedidas (Wiley&Hilton, 2019). Nesse sentido, são identificadas cinco áreas funcionais críticas na organização universitária:

- Estruturação e disponibilização de acesso ao conteúdo
- Tutoria e serviços de apoio à aprendizagem
- Curadoria e acesso a materiais de pesquisa
- Atuando como um centro de atividades sociais
- Avaliar a aprendizagem e atribuir diplomas

### 3 TAXONOMIA DE BLOOM

Com um grupo de psicólogos educacionais, Benjamin Bloom propôs uma classificação dos níveis de comportamento intelectual que são relevantes para o processo de aprendizagem (Lorin et al., 2001). Bloom e seu grupo identificaram seis níveis dentro do domínio cognitivo que podem ser correlacionados com a seguinte lista de verbos:

- 1 Conhecimento: organizar, definir, duplicar, rotular, listar, memorizar, nomear, ordenar, reconhecer, relacionar, recordar, repetir, reproduzir estado.

- 2 Compreensão: classificar, descrever, discutir, explicar, expressar, identificar, indicar, localizar, reconhecer, relatar, reafirmar, revisar, selecionar, traduzir,
- 3 Aplicação: aplicar, escolher, demonstrar, dramatizar, empregar, ilustrar, interpretar, operar, praticar, programar, esboçar, resolver, usar, escrever.
- 4 Análise: analisar, avaliar, calcular, categorizar, comparar, contrastar, criticar, diferenciar, discriminar, distinguir, examinar, experimentar, questionar, testar.
- 5 Síntese: organizar, montar, coletar, compor, construir, criar, projetar, desenvolver, formular, gerenciar, organizar, planejar, preparar, propor, montar, escrever.
- 6 Avaliação: avaliar, argumentar, avaliar, anexar, escolher, comparar, defender, estimar, julgar, prever, avaliar, centralizar, selecionar, apoiar, valorizar, avaliar.

Essa taxonomia é um conjunto de três modelos hierárquicos para classificar os objetivos educacionais de aprendizagem em níveis de complexidade e especificidade que abrangem os objetivos de aprendizagem nos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor. Esses domínios são divididos em vários níveis, proporcionando uma avaliação criteriosa das estratégias de aprendizagem que podem ser utilizadas. Esta taxonomia pode definir a base para ajudar a desenvolver os objetivos de aprendizagem de uma aula ou curso para fornecer oportunidades para os alunos adquirirem conhecimentos e/ou habilidades específicas.

#### 4 LABORATÓRIOS DIDÁTICOS REMOTOS

Os laboratórios remotos para o ensino de um curso aqui descrito são desenvolvidos usando a plataforma on-line chamada Learnify (<http://www.learnfy.co/>) que funciona como um repositório de livros didáticos, lições e módulos para fornecer aos alunos assistência de estudo e educação baseada em problemas em todo o mundo. As atividades em cada laboratório são realizadas no módulo Learnify, integrado num curso sobre energias renováveis.

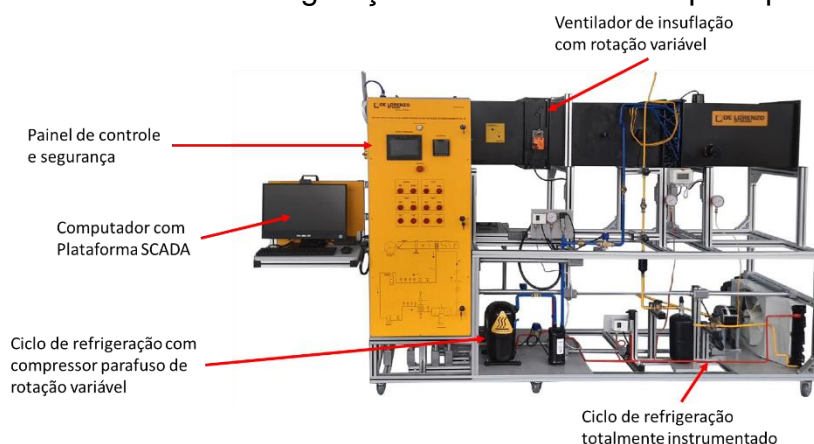
Nos itens a seguir, são descritos dois laboratórios remotos: célula a combustível e sistemas de refrigeração/ar-condicionado. A descrição fornecerá as características técnicas de cada equipamento utilizado no laboratório e o resultado de aprendizagem pretendido em conhecimentos, habilidades e responsabilidade/autonomia que os alunos devem alcançar.

##### 4.1. Laboratório remoto 01: refrigeração/ar-condicionado

Este laboratório utilizou uma bancada de testes com um ciclo de refrigeração com compressor de parafuso utilizado em um sistema de ar-condicionado (ver Fig. 1) que possui as seguintes características principais:

- Ciclo de refrigeração totalmente instrumentado com compressor de parafuso acoplado com controle de velocidade
- Ventilador de ar com controle de velocidade
- Utilização de plataforma SCADA para que os alunos tenham acesso direto ao painel de controle do sistema e, com auxílio de links específicos, possam alterar as condições de funcionamento da bancada de testes
- Controle e segurança do painel local

Figura 1 – Bancada de testes de refrigeração/ar-condicionado e principais características.



Os alunos que operarão a bancada de testes remotamente poderão avaliar diversos parâmetros referentes ao desempenho de um ciclo de refrigeração para realizar as seguintes análises:

- Determinação das principais condições de operação de um ciclo de refrigeração
- Comparação entre o ciclo de refrigeração ideal e real
- Impacto da velocidade do ventilador e do compressor no desempenho do ciclo de refrigeração e nas condições de insuflação de ar
- Determinação do coeficiente de desempenho (COP)
- Avaliação do desempenho do ciclo de refrigeração para diferentes níveis de circulação de ar

Foi recuperado um artigo que enfoca um ciclo de refrigeração para fins didáticos em relação a diferentes arquiteturas de controle em uma planta industrial com uma bancada de testes virtual (Kagami et al., 2019). Portanto, o laboratório remoto aqui apresentado pode ser classificado como inovador quanto à utilização de laboratórios remotos para análise de sistemas de refrigeração/ar-condicionado.

Em termos de estrutura para a utilização do banco de provas pelos alunos, será organizada uma grade de horários para que o aluno possa aceder ao banco de testes, permitindo que os alunos trabalhem localmente com os alunos do estrangeiro na mesma equipe. Os alunos terão acesso ao painel de controle através de um link onde poderão escolher o experimento que farão e coletar os dados do experimento. Os alunos também terão acesso a uma câmera posicionada dentro do laboratório para acompanhar visualmente o experimento.

#### 4.2. Laboratório remoto 02: sistema de célula de combustível

O hidrogênio pode ser produzido a partir de uma variedade de recursos domésticos, como gás natural, energia nuclear, biomassa e energia renovável, como solar e eólica. O De Lorenzo *Trainer Greenkit* foi projetado para o estudo de fontes de energia renováveis: energia solar, energia eólica e célula de combustível de hidrogênio. O *Trainer Greenkit* permite ao aluno compreender a produção de hidrogênio e a sua utilização numa célula de combustível (PEMFC). O equipamento inclui pilha de células de combustível PEM,

eletrolisador, tanque de armazenamento de hidrogênio, lâmpada, gerador eólico, módulo solar e software de monitoramento. A Fig. 2 mostra a bancada de teste da célula a combustível.

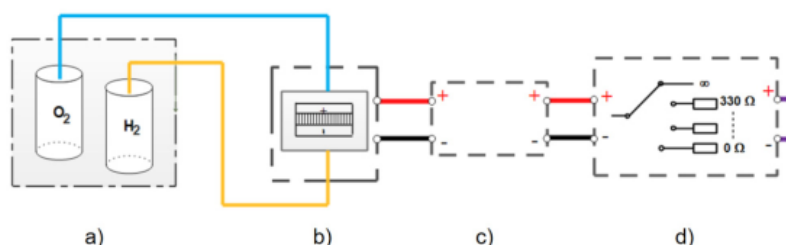
Figura 2 – Bancada de teste de célula de combustível: a- tanques de armazenamento de gases, b- célula de combustível PEM, c- dispositivo de medição (U, I, W), d carga.



O eletrolisador produz hidrogênio que é armazenado no tanque de armazenamento. A energia para eletrólise da água pode ser gerada pelo gerador eólico, ou pelo módulo solar ou pela energia fornecida pela rede. A célula de combustível é alimentada por esse hidrogênio gerado no eletrolisador, que se combina com o oxigênio do ar para formar água e gerar eletricidade.

A célula de combustível é conectada a um banco de resistores conforme mostrado na Fig. 3. Os resistores são trocados e os valores de corrente (I), tensão (U) e potência (W) são registrados no painel da bancada de testes. Essas medições são armazenadas no software de aquisição de dados que está instalado no computador conectado à bancada de teste. O software permite ao aluno traçar curvas de tensão e potência em função da corrente.

Figura 3 – Circuito da célula de combustível: a- tanques de armazenamento de gases, b- célula de combustível PEM, c- dispositivo de medição (U, I, W), d-carga.



Os alunos podem operar a bancada remotamente através de um link que será enviado após a reserva de horário para operar a bancada.



### 4.3. Métodos de ensino

Kolb (2015) fornece uma visão geral dos métodos de ensino onde se podem encontrar os seguintes métodos principais:

- Aprendizagem on-line: processo de educar outras pessoas usando a internet individualmente ou em grupos por meio de videochamadas, webinars ou plataformas on-line.
- Aprendizagem experiencial: neste método, a aprendizagem é um produto da experiência em que os alunos são estimulados a refletir e avaliar constantemente seus conteúdos de aprendizagem
- Diferenciação: aqui as instruções são adaptadas aos alunos dependendo de suas necessidades individuais usando uma variedade de formas, incluindo livros, filmes, imagens e apresentações verbais.
- Aprendizagem mista: é uma combinação de aprendizagem presencial tradicional e aprendizagem baseada em tecnologia, usando a tecnologia para manter o foco dos alunos, mas também oferecendo oportunidades de interações face a face entre alunos e professores.
- Aprendizagem baseada em jogos (gamificação): este método implementa elementos semelhantes a jogos em atividades de aprendizagem para aumentar a motivação dos alunos.
- Aprendizagem centrada no aluno: aqui os alunos podem escolher o que querem aprender em seu próprio ritmo, enquanto o professor atua mais como um guia de aprendizagem.

Pode-se destacar que, nos dois laboratórios, é utilizada uma mistura de métodos on-line e centrados no aluno, pois os alunos podem trabalhar em um horário que lhes convém e desenvolver as atividades em seu ritmo usando um equipamento on-line remoto.

### 4.4. Perspectiva da taxonomia de Bloom

A estrutura dos laboratórios remotos foi elaborada utilizando os níveis da taxonomia de Bloom para desenvolver as atividades de cada laboratório. Um exemplo da correlação entre as atividades de laboratório para a refrigeração/ar-condicionado e para a célula de combustível com os níveis de taxonomia é mostrado nas Tabelas. 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 - Atividades do laboratório de refrigeração/ar-condicionado e os níveis da taxonomia de Bloom

Atividade	Nível
Entender balanços de energia	Conhecimento
Descrever o comportamento de ciclos de refrigeração	Compreensão
Analisar o comportamento dos parâmetros principais	Análise
Escrever um relatório sobre a atividade realizada e seus principais resultados	Síntese
Avaliar o desempenho de sistemas de refrigeração e ar-condicionado	Avaliação

Tabela 2 - Atividades das atividades da célula de combustível e os níveis da taxonomia de Bloom

Atividade	Nível
Compreender o funcionamento do eletrolisador e da célula de combustível	Conhecimento
Descrever as reações na célula de combustível	Compreensão
Analisar o comportamento da célula de combustível em diferentes configurações	Análise
Escrever um relatório sobre a atividade realizada e seus principais resultados	Síntese
Avaliar o desempenho de célula combustível	Avaliação

Além dos objetivos de aprendizagem mostrados nas tabelas 1 e 2, também estão previstos outros objetivos a serem perseguidos nas atividades dos laboratórios remotos, tais como:

- Pensamento crítico
- Competência de Comunicação
- Alfabetização Científica
- Habilidades Quantitativas
- Trabalho em equipe
- Consciência Cultural e Social
- Raciocínio ético

## 5 CONCLUSÕES

As universidades dedicadas à educação a distância precisam se transformar e adotar uma nova abordagem organizacional. Aquele que é mais inovador e sensível a um contexto de mudança contígua, que tem sido usado como referência para a maioria das universidades abertas até agora. Uma abordagem de estrutura de rede aberta na qual as universidades operam como organizações de aprendizagem pode ser aplicada (Senge, 2000).

Este artigo apresentou duas bancadas de teste (refrigeração/ar-condicionado; sistemas de célula de combustível) que fornecem uma abordagem inovadora de uma mistura de métodos de ensino on-line e centrados no aluno. A definição dos objetivos de aprendizagem e atividades nos módulos do curso são baseadas na taxonomia de Bloom utilizando a plataforma *Learnify* como ferramenta de aprendizagem on-line. A organização dos laboratórios em tais métodos pode fornecer um ambiente adequado para os alunos exercerem sua autonomia e pensamento crítico, mas limita a interação professor-alunos, questão que deve ser abordada no futuro para melhorar a experiência de aprendizagem.

O futuro do *e-learning* deverá integrar propostas de reengenharia das instituições desagregando as suas funções e desagregando os seus processos e serviços aplicando o princípio da "especialização dinâmica" (Wiley&Hilton, 2019). A implementação de bolsas abertas e *crowdsourcing*, bem como o aumento da participação dos alunos no *codesign* e coavaliação de suas experiências de aprendizagem também é uma característica fundamental que incorpora uma abordagem mais holística e orgânica (Weller, 2011).

## 6 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio do projeto Erasmus+ Capacity Building in Higher Education EUBBC-Digital (project #618925-EPP-1-2020-1-BR-EPPKA2-CBHE-JP – E+ CBHE) para o desenvolvimento dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, Lorin et al. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Editors: ANDERSON, Lori et al. Addison Wesley Longman, Inc, ISBN 0-8013-1903-X, 336 pages, 2001.

BATES. Tony. Is there a future for distance education? E-learning and distance education resources: Tony's Blog. Disponível em: <https://www.tonybates.ca/2013/10/23/is-there-a-future-for-distance-education>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CORMIER, Dave. Rhizomatic education: Community as curriculum. Innovate. Vol. 4, nº 5, 2008.

DAANEN, Haas; FACER, Keri. 2020 and beyond: Future scenarios for education in the age of new technologies. Bristol: Futurelab. Disponível em: <https://www.nfer.ac.uk/publications/futl54/futl54.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021.

DOWNES, Stephen. The Future of Online Learning: Ten Years On. Half an Hour. Disponível em: [https://halfanhour.blogspot.com/2008/11/future-of-online-learning-ten-years-on\\_16.html](https://halfanhour.blogspot.com/2008/11/future-of-online-learning-ten-years-on_16.html). Acesso em: 15 nov. 2021a.

DOWNES, Stephen. Creating the Connectivist Course. Half an hour. Disponível em: [//halfanhour.blogspot.pt/2012/01/creating-connectivist-course.html](http://halfanhour.blogspot.pt/2012/01/creating-connectivist-course.html). Acesso em: 15 nov. 2021b.

HIGHER ED PARTNERS. Why online learning in higher education is here to stay: A trends assessment. Disponível em: <https://higheredpartners.co.uk/why-online-learning-in-higher-education-is-here-to-stay-a-trends-assessment/>. Acesso em: 18: nov. 2021.

KAGAMI, Ricardo Massao et al. Control of a Refrigeration System Benchmark Problem: An Approach based on COR Metaheuristic Algorithm and TOPSIS Method, IFAC-PapersOnLine, Volume 52, nº 11, Pages 85-90, ISSN 2405-8963, DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.09.122, 2019.

KOLB, David Allen. Experiential learning - Experience as the Source of Learning and Development. Pearson Education, 2ª edição, 2015.

MOTA, José Carlos. Da Web 2.0 ao e-Learning 2.0: Aprender na Rede, Dissertação de Mestrado. Disponível em:

[https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/104002/1381/1/web20\\_e-learning20\\_aprender\\_na\\_rede.pdf](https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/104002/1381/1/web20_e-learning20_aprender_na_rede.pdf). Acesso em: 15 nov. 2021.

MOORE, Michael Grahame. Web 2.0: Does it really matter? American Journal of Distance Education, 21(4), 177-183. 2007.

PALVIA, Shailendra et al. Online Education: Worldwide Status, Challenges, Trends, and Implications, Journal of Global Information Technology Management, 21:4, 233-241, DOI: 10.1080/1097198X.2018.1542262, 2018.

RADIANTI, Jaziar et al. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda, Computers & Education, Volume 147, 2020, 103778, ISSN 0360-1315, 2019.

SENGE, Peter. The Art and Practice of the Learning Organization, New York: Doubleday, 2000.

Moreira Teixeira, António; Bates, Tony; Mota, José

TEIXEIRA, Antonio Moreira; Bates, Tony; Mota, José. What future(s) for distance education universities? Towards an open networkbased approach. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, vol. 22, no. 1. Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia. Author, F.: Article title. Journal 2(5), 99–110, 2019.

UNESCO. Globe News Wire. Global E-Learning Markets, 2015-2020 & 2021-2026 - m-Learning is Expected to Show a Shift of \$60 Billion. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2021/08/13/2280334/28124/en/Global-E-Learning-Markets-2015-2020-2021-2026-m-Learning-is-Expected-to-Show-a-Shift-of-60-Billion.html>. Acesso em: 03 nov. 2021.

WELLER, Martin. The Digital Scholar: How Technology Is Transforming Scholarly Practice. Basingstoke: Bloomsbury Academic, 2011.

WILEY, David, HILTON III, John. Openness, Dynamic Specialization, and the Disaggregated Future of Higher Education. The International Review of Research in Open and Distance Learning, 10(5), 1-17, 2019.

## THE USE OF REMOTE LABORATORIES FOR TEACHING CONCEPTS OF ENERGY CONVERSION SYSTEMS

**Abstract:** *The present work describes the development of remote laboratories for teaching renewable energy courses. This paper presents the main characteristics of long-distance learning courses and the international scenario of e-learning. Based on the concepts presented, the use of remote didactical laboratories is analyzed in the context of Learnify which is an on-line learning platform. Such platform works as a repository of textbook, lessons, and modules to provide students with study assistance and problem-based education worldwide. Within the Learnify platform, two remote laboratories are described and analyzed: fuel cell and refrigeration /air conditioning systems. The description will provide the technical characteristics of each equipment used in the laboratory and the intended learning outcome in knowledge, skills and responsibility/autonomy that should be achieved by the students based on Bloom´s taxonomy.*

**Keywords:** *Bloom´s taxonomy, remote learning, intended learning objectives.*