

Tecnologias digitais e cursos de Engenharia no Brasil: desafios e aprendizados decorrentes da pandemia

Digital technologies and Engineering courses in Brazil: challenges and learnings arising from the pandemic

DOI:10.34117/bjdv8n11-003i

Recebimento dos originais: 24/10/2022

Aceitação para publicação: 22/11/2022

Betânia Mafra Kaizer

Doutora em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Federal de Itajubá

Endereço: Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá - MG

E-mail: betaniamafra@unifei.edu.br

Thaís Zerbini

Doutora em Psicologia

Instituição: Universidade de São Paulo – Campão Ribeirão Preto

Endereço: Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá - MG

E-mail: thaiszerbini@gmail.com

Anderson Paulo de Paiva

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal de Itajubá

Endereço: Av. BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá - MG

E-mail: andersonppaiva@unifei.edu.br

RESUMO

Este artigo consiste em uma revisão integrativa que visa descrever experiências nacionais e estrangeiras de cursos de graduação em Engenharia com relação ao formato de ensino remoto emergencial. O objetivo é apresentar os aportes teóricos e práticos que a área de Engenharia possui para conduzir futuras ofertas de disciplinas nas modalidades on-line. Centra-se na discussão sobre a formação de engenheiros, sobretudo, em instituições públicas federais no Brasil. Os resultados apontaram que a área de Educação em Engenharia, no cenário internacional, apresenta avanços, quando comparada com a brasileira. O uso de tecnologias digitais e a oferta de cursos e disciplinas remotas era uma prática comum em muitos países antes da deflagração da pandemia. Conclui-se que, no Brasil, a formação de engenheiros em universidades públicas federais, após a experiência da pandemia, requer a capacitação de docentes em relação ao uso de tecnologias digitais para o ensino. As equipes administrativas também necessitam estar preparadas para subsidiar decisões sobre o possível aumento da oferta de cursos e disciplinas remotas nessa área. Ao relatar quais foram os desafios e aprendizados decorrentes da pandemia, este artigo traz contribuições práticas para a melhoria do ensino de Engenharia no país.

Palavras-chave: ensino de engenharia, tecnologias digitais, ensino remoto emergencial, educação a distância.

ABSTRACT

This article is an integrative review that aims to describe domestic and foreign experiences of undergraduate engineering courses with respect to the emergent remote teaching format. The objective is to present the theoretical and practical contributions that the area of Engineering already has to conduct future course offerings in the online modalities. However, it focuses on the discussion about the formation of engineers, especially in federal public institutions in Brazil. The results pointed out that the Engineering Education area, in the international scenario, presents advances, when compared to the Brazilian one. The use of digital technologies and the offering of remote courses and subjects was a common practice in many countries before the pandemic broke out. We conclude that the training of engineers in federal public universities, after the experience of the pandemic, requires the training of teachers in the use of digital technologies for teaching. The administrative teams also need to be prepared to support decisions about the possible increase in the offer of remote courses and subjects in this area. By reporting on the challenges and lessons learned from the pandemic, this article makes practical contributions to the improvement of engineering education in the country.

Keywords: engineering education, digital technologies, emergency remote teaching, distance education.

1 INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias digitais e da internet como meios de entrega de ações educacionais frequentemente atrai um grande número de alunos, em diferentes contextos, dado que o ambiente de aprendizagem virtual é versátil, conveniente e favorável à interatividade (CASTRO & FERREIRA, 2006; CROXTON, 2014). Diante das inúmeras possibilidades da educação *on-line*, estudiosos têm destacado que, embora as tecnologias emergentes sejam bastante promissoras enquanto recursos instrucionais, não garantem por si só a aprendizagem (MARTINS & ZERBINI, 2016; SALAS *et al.*, 2012). Assim, aos cursos a distância em todo o mundo são postos alguns desafios: autores apontam a necessidade de investigar as formas de uso de recursos tecnológicos e a eficácia deles à aprendizagem (CARVALHO & ABBAD, 2006; CASTRO & FERREIRA, 2006); outros pesquisadores reforçam que a nova geração de indivíduos apresenta diferentes interesses em relação às preferências de aprendizagem e forte inclinação ao aprendizado mediado por tecnologias móveis (BAEHR, 2012; LEE, BARKER & KUMAR, 2016), o que sugere a forte tendência, cada vez mais, de ampliação do uso de ferramentas digitais de informação e comunicação em cursos presenciais ou a distância.

Essas discussões ganham relevo frente o recente cenário mundial de saúde e as abruptas mudanças por que ainda tem passado a educação superior em decorrência da deflagração da pandemia da COVID-19 (Novo Coronavírus), anunciada em 11 de março

de 2020 pela Organização Mundial de Saúde – OMS (WHO, 2022). Mais ainda se mostram importantes quando se tratam de ensino superior em Engenharias no Brasil. Estudos estrangeiros recentes sobre a aprendizagem na pandemia apontaram os cursos de Engenharia e os das áreas de Saúde como aqueles que mais sofreram restrições na oferta de disciplinas por causa das aulas práticas de laboratórios (BELFI, 2021; NUERE e MIGUEL, 2020).

Dado esse contexto e as implicações que ele apresenta aos cursos de graduação em Engenharias, o objetivo deste artigo é descrever experiências destes cursos com o ensino *on-line* antes e durante a pandemia tendo como foco, no Brasil, a formação de engenheiros em instituições públicas federais. Definiu-se esse recorte com base em algumas hipóteses já validadas pela literatura recente: a) cursos e áreas que tinham experiências prévias com educação a distância ou com uso de tecnologias digitais para ensino fizeram a transição para o formato emergencial com menos dificuldades (GIRAY *et al.*, 2021; NUERE e MIGUEL, 2020); b) a experiência da pandemia aponta perspectivas de ampliação da oferta de cursos ou disciplinas em modalidades a distância em diversas áreas e níveis de ensino; desse modo, as instituições precisam estar preparadas (LOTON *et al.*, 2020; ZAWACKI-RICHTER, 2020); c) universidades públicas federais no Brasil demonstraram forte resistência à adesão imediata ao ensino remoto assim que a pandemia se instaurou (CASTIONI *et al.*, 2021; GUSSO *et al.*, 2020).

O artigo, primeiramente, faz uma contextualização acerca das primeiras medidas implementadas pelas instituições de ensino superior na ocasião do anúncio da deflagração da pandemia de COVID-19. Posteriormente, relata algumas experiências nacionais e estrangeiras, em contexto de graduação em Engenharia, com destaque para as formas de usos de tecnologias digitais. Com esses dados, discute-se a posição em que a literatura da área de educação em Engenharia se encontra para, em um futuro próximo, subsidiar decisões sobre a possível continuidade ou aumento de ofertas de cursos e disciplinas a distância.

Quanto aos aspectos metodológicos, este artigo é teórico-descritivo, com abordagem qualitativa, utiliza fonte documental e ampla revisão da literatura nacional e estrangeira para suscitar discussões críticas e teóricas nos campos de pesquisa em Ensino e tecnologias digitais e em Educação em Engenharia. De forma aplicada, visa contribuir com a melhoria das práticas de ensino *on-line* em Engenharia no Brasil, principalmente nas universidades públicas federais.

2 PANDEMIA E INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: MEDIDAS INICIAIS DE ENFRENTAMENTO

O anúncio da pandemia associada à COVID-19 (Novo Coronavírus) veio acompanhado de diversas orientações a todos os países para supressão do contágio da doença, com destaque para o distanciamento social (ANDERSON *et al.*, 2020). Compreendeu, também, o fechamento dos comércios e serviços não-essenciais e das instituições de ensino em quaisquer níveis (PEERI *et al.*, 2020).

Estatísticas compiladas pela Unesco em julho de 2020 mostram que quase 1,6 bilhão de estudantes em mais de 190 países – 94% da população estudantil do mundo – foram afetados pelo fechamento das instituições de ensino desde o final de 2019, em cumprimento às medidas de distanciamento social exigidas para contenção da COVID-19 (UNESCO, 2022).

Nesse contexto, o formato improvisado de oferta de disciplinas curriculares no modelo denominado pela literatura como Ensino Remoto Emergencial (ERE) tornou-se um desafio. Professores, sem formação específica em docência na EaD e alunos – muitas vezes, sem acesso a tecnologias digitais (internet e dispositivos) – precisaram, de uma hora para outra, migrar do contexto de ensino presencial para o virtual (AMARAL e POLYDORO, 2020; RAPANTA *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2021).

No cenário internacional, diversas iniciativas de IES foram divulgadas amplamente: o governo de Portugal criou um *website* (<https://apoioescolas.dge.mec.pt/>) que oferece várias ferramentas de ensino *on-line* gratuitas aos professores. Nos Estados Unidos, *Coursera* e *edX*, as maiores plataformas mundiais de *Massive Open Online Courses* (MOOCs) disponibilizaram acesso gratuito a uma variedade de cursos elaborados por professores de Harvard e do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). (In: MITTAL *et al.*, 2021)

No Brasil, uma das primeiras ações governamentais de enfrentamento foi a criação, no dia 11 de março de 2020, do Comitê Operativo de Emergência do Ministério da Educação (COE-MEC) (BRASIL, 2020). Desde então, foram publicadas portarias e medidas provisórias que autorizaram a substituição do ensino presencial pelo ensino remoto com apoio de tecnologias digitais. Dado que boa parte dos documentos não tinha caráter impositivo, as Instituições de Ensino Superior (IES) brasileiras foram aderindo ao modelo emergencial paulatinamente, tendo em vista as diferentes realidades e condições de cada uma para adequar seu planejamento institucional às demandas didático-

pedagógicas que um ensino mediado por tecnologias digitais requer. (GUSSO *et al.*, 2020)

A Associação dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior – Andifes disponibilizou em seu site um breve resumo de uma reunião feita em 30 de julho de 2020, com todos os reitores, para troca de experiências sobre a situação da pandemia. Na ocasião, as universidades públicas federais apontaram como fatores limitantes à adesão ao ensino remoto: a ausência de garantia de acesso à tecnologia por toda a comunidade acadêmica, a falta de capacitação docente para conduzir aulas nesse formato e as possíveis dificuldades de adaptação de aprendizagem dos discentes nessa modalidade de ensino (ANDIFES, 2020).

No Brasil, Castioni *et al* (2021) investigaram se, no caso das IES públicas federais, a maior barreira para adesão ao ERE era, realmente, o acesso domiciliar, pelos alunos, a equipamentos e à internet, como foi declarado por vários reitores em documentos oficiais. Os autores utilizaram dados documentais como Portarias do MEC, Relatórios da Andifes, censos como Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – Pnad/IBGE (2018), Censo da Educação Superior – CES/INEP (2020). Após análises, concluíram que as demandas de suporte material (auxílio financeiro ou empréstimo de equipamento tecnológico) pelos alunos das IES federais eram relativamente controláveis e pontuais. Muitas universidades realizaram pesquisas internas para identificação de necessidades da comunidade acadêmica e divulgaram esses resultados em seus sites oficiais.

Com base em todos esses indicadores levantados nos documentos acima, os autores constataram que os principais impasses enfrentados pelas IES públicas federais para aderir ou não ao ERE extrapolaram os fatores relacionados à provisão de suporte material e se concentraram, sobretudo, em dois dilemas: 1) a rejeição histórica à modalidade a distância (principalmente os cursos de graduação em Engenharia); 2) a inexperiência com a oferta de cursos de graduação *on-line* em larga escala, que é uma prática mais comum entre as IES públicas estaduais. Além disso, a associação negativa com a oferta massiva de cursos a distância no setor privado também impactou na decisão de muitas IES públicas federais por não aderir prontamente ao ERE.

Para melhor conhecer as experiências dos cursos de Engenharia com ensino *on-line*, no próximo tópico são relatadas algumas vivências de IES brasileiras federais e outras de IES estrangeiras.

3 TECNOLOGIAS DIGITAIS E ENSINO *ON-LINE* DE ENGENHARIA: APRENDIZADOS DECORRENTES DA PANDEMIA DE COVID-19

Estudantes com acesso prematuro ou facilitado a tecnologias digitais tendem a se adaptar mais rapidamente ao aprendizado *on-line* (LIU *et al.*, 2021; STEWART, BACHMAN, & JOHNSON, 2010). Por conseguinte, aqueles que têm boas experiências com esse formato voltam a se matricular em outros cursos semelhantes (KURUCAY & INAN, 2017; MARTÍN-RODRÍGUEZ *et al.*, 2015). Nesse sentido, segundo Martins e Zerbini (2016), cursos a distância que se propõem a identificar previamente as necessidades dos indivíduos quanto ao acesso e ao domínio de tecnologias e, ainda, que conseguem sanar possíveis dificuldades dos usuários, têm maiores chances de proporcionar boas experiências aos alunos e um melhor aproveitamento do curso.

Há alguns anos, pesquisas empíricas conduzidas em universidades estrangeiras têm mostrado o intenso uso de tecnologias digitais para viabilizar a oferta de cursos nas modalidades híbrida ou a distância a graduandos de Engenharias (BOKOR & HADJU, 2014; HE *et al.*, 2015; MÉNDEZ & GONZÁLEZ, 2010; PARK *et al.*, 2014). Em contrapartida, no Brasil, algumas áreas do conhecimento – dentre elas, a Engenharia – vêm resistindo às modalidades de educação a distância, apoiando-se em argumentos preconceituosos e frágeis que revelam o desconhecimento dessas áreas sobre as conquistas dos modelos de ensino *on-line* nas instituições estrangeiras (ARAÚJO *et al.*, 2017).

No Brasil, a EaD, segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Anísio Teixeira – Inep (INEP, 2020), superou, em 2019, pela primeira vez na história, a matrícula presencial dos ingressantes dos cursos de graduação no Brasil. Apenas 6,93% das vagas oferecidas no formato EaD dos cursos de Engenharia particulares ou públicos são ocupadas.

No site *E-mec*¹ constam, em atividade, cinco cursos de graduação totalmente a distância em Engenharia ofertados em redes públicas de ensino superior brasileiras estaduais e federais: Engenharia Ambiental (Universidade Federal de São Carlos – UFSCar), Engenharia de Produção no Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET-RJ e na Universidade Federal Fluminense – UFF e dois cursos da Universidade Virtual do Estado de São Paulo – Univesp (Engenharia de produção e Engenharia da computação). Trazer à tona essas informações é essencial para compreender as diferenças

¹ Ver <https://emec.mec.gov.br/>.

entre as experiências dos cursos de Engenharia das IES brasileiras – com destaque para as públicas federais – e das estrangeiras durante a pandemia, como se verá a seguir.

A literatura nacional sobre o ERE tem investigado, prioritariamente, questões referentes a acesso a tecnologias digitais e não às formas de uso destas. Alguns artigos discutiram a relação entre as condições econômicas ou sociodemográficas dos alunos das universidades públicas e a reação destes ao ERE; a maioria desses estudos analisou dados de forma descritiva (CARLESSO *et al.*, 2020; CASTIONI *et al.*, 2021; DA SILVA *et al.*, 2021; PAULA *et al.*, 2021). Outros autores estudaram políticas educacionais e de gestão universitária (GUSSO *et al.*, 2020) para contribuir com as decisões administrativas prementes que deveriam ser tomadas quando a pandemia se instaurou.

Em uma universidade pública federal do Sul do Brasil, Lago *et al.* (2021) avaliaram os efeitos lineares e combinados de fatores de percepção de aprendizado no ERE. Tipos de plataformas (*Zoom* ou *Google Meet*), abordagem das aulas (invertida ou direta) e dinâmica das atividades (individual ou grupal) foram alguns dos fatores investigados.

O delineamento foi experimental; para análise de dados, foi utilizado o método de *Design of Experiment (DOE)* ou Planejamento experimental. Participaram do estudo 1069 alunos de graduação, dos quais, 64,4% (N=689) eram alunos de cursos *das áreas de Engenharias, Computação e correlatas*. Os autores utilizaram um instrumento com escala *Likert* para coletar os dados, conforme o método propõe, e aplicaram técnicas de ANOVA para avaliar os efeitos. Os resultados mostraram que as aulas diretas, mediadas por tecnologias digitais de comunicação, foram positivamente influentes, em comparação com a proposta de sala de aula invertida. A percepção de aprendizado se mostrou mais evidente, também, nas dinâmicas de atividades em grupos do que nas tarefas individuais. A plataforma *Google Meet*, em relação à *Zoom*, foi a preferida pelos alunos de *Engenharias*.

Chaka (2020) fez um levantamento sobre as principais plataformas e recursos utilizados por universidades norte-americanas e sul-africanas durante os primeiros meses da pandemia. Foram amplamente adotados em todas as instituições os sistemas de gestão da aprendizagem e as plataformas de videoconferência. Entre os sistemas, destacaram-se o *Canvas* e o *Blackboard* nos EUA, e o *Moodle* foi predominante na África do Sul. Quanto às ferramentas de videoconferência, o *Zoom* foi a mais utilizada, seguida por outras opções como *Microsoft Teams* ou *WebEx*. O autor ressaltou que, apesar do intenso

uso dessas ferramentas durante a pandemia, a adoção delas em ambientes educacionais nessas instituições não é nova. Nesse particular, percebe-se o descompasso entre essas instituições e as universidades brasileiras no tocante às experiências estrangeiras com o uso mais intenso e diversificado desses tipos de tecnologias digitais.

No Brasil, poucas universidades públicas federais, antes da pandemia, já tinham desenvolvido laboratórios virtuais como apoio em disciplinas presenciais e híbridas. Divulgados em redes sociais, esses materiais fomentaram o compartilhamento de conhecimentos durante o ensino remoto emergencial. Artigos descrevem o processo de criação e disponibilização desses laboratórios virtuais de acesso público: UFMG (BELISÁRIO *et al.*, 2020)² e UFSC em parceria com a UFJF (CLUME e GOMES, 2017).

Diante de constatações como essas, verifica-se clara necessidade de ampliar essas discussões com apoio teórico de outras áreas do conhecimento como a psicologia organizacional aplicada à aprendizagem e educação. Por exemplo, entender quais são as preferências de aprendizagem de diversos perfis de indivíduos (ANDRADE e ZERBINI, 2020) ou as barreiras tecnológicas encontradas por eles permite compreender como aprendem e o que os impedem de alcançar bom desempenho em cursos *on-line*.

Rizun e Strzelecki (2020) realizaram um estudo transversal em maio-junho de 2020, em disciplinas de Economia, Finanças e afins, em uma universidade na Polônia. A pesquisa visava testar a aceitação dos alunos em relação ao aprendizado mediado por tecnologias digitais no auge da pandemia. O estudo adaptou e revalidou a escala multifatorial *Modelo de Aceitação de Tecnologia Extendida Geral para E-Learning* de Abdullah e Ward (2016). Os autores utilizaram modelagem em equações estruturais. O estudo obteve dados, por meio de questionário, de 1.692 estudantes poloneses de graduação e pós-graduação. Os resultados mostraram que o principal preditor da aceitação do estudante de mudar do ensino presencial para o remoto foi o Prazer/Satisfação com a plataforma utilizada, seguido da autoeficácia para aprendizagem *on-line*. A facilidade com o uso dos recursos tecnológicos foi justificada pelas qualidades técnicas do sistema e pela experiência amadurecida dos alunos com o ambiente virtual antes da pandemia.

Nessa mesma linha, Giray (2021) testou o poder preditivo de variáveis dos alunos (autoeficácia quanto ao uso de tecnologias digitais para aprendizagem) e variáveis do curso (procedimentos de ensino) para avaliar a satisfação de alunos da Turquia com o

² Ver <https://labopdeq.wixsite.com/home>.

ERE em 2020. A amostra foi composta por 290 graduandos em Engenharia da computação e Engenharia de Software de duas universidades. Os participantes já estavam imersos no modelo híbrido antes da pandemia. O autor adotou técnicas quantitativas (revalidação de 3 escalas) e qualitativas (questionário com 7 questões não-estruturadas).

Os alunos, com base nas principais conclusões da pesquisa: 1) usaram gravações de vídeo intensamente quando começaram a estudar no formato totalmente a distância e as consideraram bastante úteis para retenção do aprendizado; 2) utilizaram softwares e materiais *on-line* externos para auxiliar na aprendizagem; 3) criticaram o formato dos materiais instrucionais disponibilizados pelos professores e consideraram que faltou adaptação desses conteúdos ao ambiente virtual.

Queixas de alunos em relação ao despreparo dos docentes quanto ao uso de tecnologias digitais nos cursos de Engenharia também foram destacadas em pesquisas brasileiras, a exemplo do estudo de Santos *et al.* (2020), em uma universidade pública federal no Rio Grande do Sul. Os autores apontaram que a questão da resistência de alguns professores quanto ao uso de novas metodologias de ensino que poderiam ser mais efetivas em ambiente virtual advém, sobretudo, do fato de esses docentes possuírem uma metodologia de ensino rígida, desenvolvida por eles mesmos ao longo de vários anos de atuação profissional. Os autores descreveram sete casos em disciplinas de Engenharia e constataram que, quanto às tecnologias digitais, os professores usaram, sobretudo, aulas em vídeo-chamadas, com intenso uso de compartilhamento de tela para que os alunos pudessem acompanhar o material didático apresentado. Houve tentativa de uso da estratégia de sala de aula invertida, com hospedagem prévia de aulas gravadas e materiais didáticos no ambiente virtual, mas não foi muito eficaz. Santos *et al.* (2020) apontam como motivos principais: a falta de interesse e de experiência dos alunos com esse tipo de metodologia; as dificuldades de comunicação entre os alunos e os professores e a falta de adaptação adequada da linguagem desses materiais didáticos para o contexto em questão. Giray (2021), citado anteriormente, também apontou essa deficiência de conhecimento dos professores quanto ao planejamento ou preparo do conteúdo instrucional.

Para além das questões de cunho pedagógico, algumas universidades estrangeiras indicaram potenciais vantagens das experiências dos alunos de Engenharia com o ERE. Na Turquia, Bayrak *et al.* (2020), após avaliarem a reação de estudantes de Engenharia ao ERE concluíram que: as experiências com o ensino *on-line* devem suscitar reações

favoráveis porque são significativas, também, para a futura aprendizagem profissional dos graduandos. Para isso, os autores consideram que é necessário aumentar o contato dos alunos de Engenharia com objetos de aprendizagem via *web* para ampliação do repertório de competências de uso de tecnologias digitais com vistas à atuação no mercado de trabalho.

Sobre esse assunto, pesquisadores brasileiros apresentam pontos de vista convergentes. Para Souza (2014) e Teixeira *et al.* (2020), no Brasil, a evolução tecnológica e o avanço da ciência parecem ter provocado poucas alterações no modelo organizacional dos cursos de graduação em Engenharia. Na composição das estruturas curriculares, ainda prevalece a rígida divisão das disciplinas em ciclo básico, básico em engenharia e profissionalizante, com raros casos em que se propõem disciplinas interdisciplinares ou pautadas no desenvolvimento de competências aplicadas ao trabalho. No entender de Araújo *et al.* (2017) e Paoletti (2020), são necessárias mais investigações sobre o ensinar e o aprender em Engenharia, porque o campo de estudo é desafiador, recente e dependente de diálogos com outros saberes para compreender as variáveis envolvidas nas ações de formação de engenheiros.

Litto (2014) menciona que algumas áreas do conhecimento no Brasil, dentre elas a Engenharia, nas universidades públicas e privadas, resistem ao ensino *on-line*. Segundo o autor, falta conhecimento sobre as potencialidades das novas ferramentas digitais, como objetos de aprendizagem, recursos educacionais abertos e cursos massivos abertos e *on-line*, os quais dinamizam o ensino/aprendizagem e estimulam a autonomia do aluno e a internacionalização. O autor assevera que não se deve pensar de forma reducionista, como por exemplo: ou o aluno aprende em curso totalmente presencial ou totalmente remoto, mas se deve oferecer programas que combinem as duas modalidades, respeitando a natureza de cada disciplina (exclusivamente teórica, prática, ou ambos), bem como a maturidade dos alunos (período letivo adequado, pré-requisitos), o conhecimento prévio que eles têm, a garantia de acesso à tecnologia a ser usada, entre outras variáveis.

Nesse sentido, cabe ressaltar que: a eficácia de ações educacionais mediadas por tecnologias digitais não é determinada por estas, mas pela forma como os cursos são planejados (BELL *et al.*, 2017; KAIZER *et al.*, 2020). Além disso, a depender de cada realidade e objetivo educacional, deve-se investigar mais sobre o que funciona e o porquê, e quais recursos tecnológicos contribuem, realmente, para o alcance dos objetivos educacionais propostos.

Para além das questões de uso ou não de tecnologias digitais no ensino de Engenharia no Brasil, outras questões mais complexas, apontadas por estudiosos das áreas de psicologia e aprendizagem humana devem ser consideradas como desafios à prática e como agenda de pesquisa (não somente à área de educação em Engenharia): a) a necessidade de elaboração e aplicação de instrumentos de avaliação ou identificação de necessidades em ensino e aprendizagem a distância; b) a busca por conhecimentos sobre interpretação e análise desses resultados para tomada de decisão; c) a orientação aos docentes quanto a planejamento instrucional e desenvolvimento de materiais para EaD; d) a elaboração de projetos pedagógicos de cursos que tenham claro alinhamento com os objetivos instrucionais das disciplinas; e) a avaliação das ações educacionais com base em fundamentos teóricos sólidos e análise estatística multivariada. (ABBAD, ZERBINI e SOUZA, 2010; BORGES-ANDRADE, 2006; QUEIROGA *et al.*, 2012; GUIMARÃES e ABBAD, 2015; MENESES, ZERBINI e MARTINS, 2012)

4 CONCLUSÃO

Não se viu em pesquisa alguma que a educação *on-line* deva substituir por completo a educação presencial em cursos de Engenharia. Contudo, o breve percurso feito pela literatura nacional e estrangeira sinalizou que a área tende a enfrentar desafios frente as novas tendências de ensino *on-line* após o período crítico da pandemia. Desse modo, a interface com outros campos do conhecimento será imprescindível à área de Educação em Engenharia para compreensão dos novos fenômenos de aprendizagem.

Assevera-se que, antes de introduzir novas modalidades de entrega, é preciso níveis mais elevados de preparação conforme as circunstâncias em que os indivíduos, os cursos e as instituições se encontrarem. Às vezes será possível escolher (por exemplo, ensinar remotamente durante uma conferência) e às vezes não será (como ocorreu com a pandemia de COVID-19). Para ambos os casos, as universidades precisam se preparar.

Portanto, as principais implicações práticas desta pesquisa são: A experiência do ERE evidenciou que os próximos passos do ensino *on-line* precisam valorizar a educação centrada no aluno. Na prática, isso significa: elaborar currículos focados nos objetivos de aprendizagem e não nos objetivos do professor; propor contextos de aprendizagem baseados em ensino interativo (laboratórios virtuais, por exemplo), por meio dos quais se pode estimular a internacionalização via intercâmbio entre instituições brasileiras e estrangeiras; utilizar recursos educacionais diversificados para atender aos vários estilos

e ritmos de aprendizagem. Para isso, é preciso identificar as necessidades e as condições dos alunos, planejar as ações e inovar na prática, a fim de que as IES públicas federais estejam preparadas para dialogar com quaisquer outros sistemas de ensino no mundo.

REFERÊNCIAS

ABBAD, G., ZERBINI, T., & SOUZA, D. B. L. Panorama das pesquisas em educação a distância no Brasil. **Estudos de Psicologia**, 15(3), 291-298. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epsic/a/QjjjT53cFhNJJDXw8LyhgDL/?lang=pt>. Acesso em 20 de abril de 2021.

AMARAL, Eliana; POLYDORO, Soely. Os desafios da mudança para o ensino remoto emergencial na graduação na Unicamp–Brasil. **Linha Mestra**, n. 41a, p. 52-62, 2020. Disponível em: <http://lm.alb.org.br/index.php/lm/article/view/392>. Acesso: 20 abril 2021.

ANDERSON, Roy M. et al. How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic? **The lancet**, v. 395, p. 931-934, 2020. Disponível em: <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2930567-5>. Acesso em 15 de fevereiro de 2021.

ANDRADE, Raíssa Bárbara Nunes Moraes; ZERBINI, Thaís. Estilos e estratégias de aprendizagem em educação a distância: diferenças e semelhanças conceituais. **Revista Psicologia Organizações e Trabalho**, v. 20, n. 3, p. 1150-1156, 2020. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-66572020000300013.

ARAUJO, Regia Talina Silva *et al.* A statistical analysis of the learning effectiveness in online engineering courses. **IEEE Latin America Transactions**, v. 15, n. 2, p. 300-309, 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7854626>. Acesso em 20 de abril de 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR – Andifes. Reitores fazem relatos sobre as experiências de ensino remoto em seminário da Andifes. Brasília, DF: Portal ANDIFES. 2020. Disponível em: <https://www.andifes.org.br/?p=84875>. Acesso em 20 de abril de 2021.

BAEHR, Craig. Incorporating user appropriation, media richness, and collaborative knowledge sharing into blended e-learning training tutorial. **IEEE Transactions on Professional Communication**. v. 55, 2012. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document>. Acesso em 18 de maio de 2021.

BAYRAK, Fatma *et al.* Development of online course satisfaction scale. **Turkish Online Journal of Distance Education**, v. 21, n. 4, p. 110-123, 2020. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tojde/issue/57047/803378>. Acesso em 18 de maio de 2021.

BELFI, Lily M. *et al.* Medical student education in the time of COVID-19: A virtual solution to the introductory radiology elective. **Clinical Imaging**, 2021. Disponível em: [https://www.clinicalimaging.org/article/S0899-7071\(21\)00017-6](https://www.clinicalimaging.org/article/S0899-7071(21)00017-6). Acesso 20 de abril 2021.

BELISÁRIO, Ana Brandão et al. Relatos de experiência de inserção de tecnologias digitais no ensino de Engenharia. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 10, p. 1-18,

2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/15139>. Acesso: 18 maio 2021.

BELL, B. S., TANNENBAUM, S. I., FORD, J. K., NOE, R. A., & KRAIGER, K. 100 Years of Training and Development Research: What We Know and Where We Should Go. **Journal of Applied Psychology**, 2017. <https://psycnet.apa.org/record/2017-03592-001>

BOKOR, O., & HAJDU, M. The use of eLearning in teaching construction management core subjects. **Procedia Engineering**, 85, 75-83. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814018979>. Acesso em 18 de maio de 2021.

BORGES-ANDRADE, J. E. Avaliação integrada e somativa em TD&E. In J. E. Borges-Andrade, G. Abbad, L. Mourão (Orgs.). **Treinamento, desenvolvimento e educação em organizações e trabalho: fundamentos para a gestão de pessoas** (pp. 343-358). Porto Alegre: Artmed. 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria N° 329, de 11 de março de 2020**. Institui o Comitê Operativo de Emergência do Ministério da Educação - COE/MEC, no âmbito do Ministério da Educação. Brasília-DF. 2020. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-329-de-11-de-marco-de-2020-247539570>. Acesso em 15 de dezembro de 2020.

CARLESSO, Gabriela Ceccon et al. Disseminação de conhecimentos on-line em tempos de pandemia: relato do 1º Pavimentar Unoesc. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão**. <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/105763>

CARVALHO, R. S., & ABBAD, G. Avaliação de treinamento a distância: reação, suporte à transferência e impactos no trabalho. **Revista de Administração Contemporânea**, 10(1), 95-116. 2006. <https://www.scielo.br/j/rac/a/vzNZjG54nNmnLB85KzckYWz/?lang=pt>. Acesso em 29 de maio de 2021.

CASTIONI, Remi et al. Universidades federais na pandemia da Covid-19: acesso discente à internet e ensino remoto emergencial. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, n. AHEAD, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/40227>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

CASTRO, M. N. M., & FERREIRA, L. D. V. TD&E a distância: múltiplas mídias e clientelas. In J. E. Borges-Andrade, G. Abbad, L. Mourão (Orgs.). **Treinamento, desenvolvimento e educação em organizações e trabalho: fundamentos para a gestão de pessoas** (pp. 322-339). Porto Alegre: Artmed. 2006.

CHAKA, C. Higher education institutions and the use of online instruction and online tools and resources during the COVID-19 outbreak - an online review of selected U.S. and SA's universities. 2020. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-61482/v1>. Acesso: 16 de maio de 2021.

CLUME, Márcio Franco; GOMES, Francisco José. **VII Encontro de ensino em engenharia.** Juiz de Fora: Out. 2017. <http://gw.dee.ufrj.br/VIIIEEE/VIIEncontro/arquivos/40.pdf>. Acesso em 29 de maio de 2021.

CROXTON, Rebecca A. The role of interactivity in student satisfaction and persistence in online learning. **Journal of Online Learning and Teaching**, v. 10, n. 2, p. 314, 2014. https://jolt.merlot.org/vol10no2/croxton_0614.pdf. Acesso em 16 de maio de 2021.

DA SILVA, Wender Antônio et al. Conexão e conectividade dos acadêmicos do ensino superior público em Roraima: Desafios e necessidades para implementação das aulas remotas. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 14, n. 1, p. 46-56, 2021. <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article>. Acesso: 20 de abril de 2021.

GIRAY, Görkem. An assessment of student satisfaction with *e-learning*: An empirical study with computer and software engineering undergraduate students in Turkey under pandemic conditions. **Education and Information Technologies**, p. 1-23, 2021. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-021-10454-x>. Acesso: 20 de abril de 2021.

GUIMARÃES, Vanessa da Fonseca; ABBAD, Gardênia da Silva. Autoeficácia no uso do computador em situações de aprendizagem: uma análise da literatura internacional. **Revista Psicologia Organizações e Trabalho**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 170-187, abr./jun. 2015. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-66572015000200007&lng=pt&nrm=iso. Acesso em 20 de abril de 2021.

GUSSO, Hélder Lima et al. Ensino superior em tempos de pandemia: diretrizes à gestão universitária. **Educação & Sociedade**, v. 41, 2020. https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302020000100802&tlng=pt. Acesso em 12 de fevereiro de 2021.

HE, Wenliang *et al.* Implementing flexible hybrid instruction in an electrical engineering course: The best of three worlds? **Computers & Education**, v. 81, p. 59-68, 2015. <https://www.learntechlib.org/p/200510/>. Acesso em 20 de abril de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. **Sinopse estatística do censo da educação superior**: edição 2019. Brasília, DF, 2020. <https://bit.ly/3chZI4g>. Acesso em 15 de fevereiro de 2021.

JASTI, Naga Vamsi Krishna, *et al.* An impact of simulation labs on engineering students' academic performance: a critical Investigation. **Journal of Engineering, Design and Technology**, 2020. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JEDT-03-2020>. Acesso em 18 de maio de 2021.

KAIZER, Betânia Mafra *et al.* E-learning training in work corporations: a review on instructional planning. **European Journal of Training and Development**, 2020. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1264639>. Acesso em 29 de maio de 2021.

KURUCAY, M., & INAN, F. A. Examining the effects of learner-learner interactions on satisfaction and learning in an online undergraduate course. **Computers & Education**, 115, 20-37, 2017. <https://psycnet.apa.org/record/2017-42776-003>. Acesso: 29 de maio de 2021.

LAGO, N. C.; *et al.* Ensino remoto emergencial: investigação dos fatores de aprendizado na educação superior. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 16, n. 2, p. 391–406, 2021. <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/14439>. Acesso: 29 de maio de 2021.

LEE, Stella; BARKER, Trevor; KUMAR, Vivekanandan Suresh. Effectiveness of a learner-directed model for e-learning. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 19, n. 3, 2016. <https://www.jstor.org/stable/pdf/jeductechsoci.19.3.221.pdf>. Acesso: 18 maio 2021.

LIU, Yanning *et al.* Hands-on engineering courses in the COVID-19 pandemic: adapting medical device design for remote learning. **Physical and engineering sciences in medicine**, p. 1-6. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13246-020-00967-z>. Acesso: 18 de maio de 2021.

LOTON, Daniel *et al.* Remote learning during COVID-19: Student satisfaction and performance. **EdArXiv**, 2020. Disponível em: <https://edarxiv.org/n2ybd/>. Acesso em 29 de maio de 2021.

MARTÍN-RODRÍGUEZ, Óscar *et al.* The main components of satisfaction with e-learning. **Technology, Pedagogy and Education**, v. 24, n. 2, p. 267-277, 2015. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2014.888370>. Acesso em 16 de maio de 2021.

MARTINS, Lara Barros; ZERBINI, Thaís. Fatores influentes no desempenho acadêmico de universitários em ações educacionais a distância. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 21, n. 3, p. 317-327, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epsic/a/KVRz5sF5LJQqgsyx49bHdtB/?lang=pt>. Acesso 16 mai. 2021.

MÉNDEZ, Juan A.; GONZÁLEZ, Evelio J. A reactive blended learning proposal for an introductory control engineering course. **Computers & Education**, v. 54, n. 4, p. 856-865, 2010. <https://eric.ed.gov/?id=EJ875174>. Acesso em 18 de maio de 2021.

MENESES, Pedro Paulo Murce; ZERBINI, Thaís; MARTINS, Lara Barros. Determinantes situacionais e individuais da aprendizagem em ensino a distância: desenvolvimento de escala. **Psico**, v. 43, n. 2, p. 9, 2012. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633160>. Acesso: 18 de maio de 2021.

MITTAL, Amit *et al.* A unified perspective on the adoption of online teaching in higher education during the COVID-19 pandemic. **Information Discovery and Delivery**, 2021. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IDD-09-2020-0114/full/html>. Acesso em 15 de fevereiro de 2021.

NUERE, S.; MIGUEL, L. The Digital/Technological Connection with COVID-19: An Unprecedented Challenge in University Teaching. **Technol. Knowl. Learn.** 2020, 1–13.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10758-020-09454-6>. Acesso: 20 de abril de 2021.

PAOLETTI, Jensine *et al.* A checklist to diagnose teamwork in engineering education. **The International journal of engineering education**, v. 36, n. 1, p. 365-377, 2020. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7341316>. Acesso: 29 de maio de 2021.

PARK, Sung Youl *et al.* Comparing learning outcomes of video-based e-learning with face-to-face lectures of agricultural engineering courses in Korean agricultural high schools. **Interactive Learning Environments**, v. 22, n. 4, p. 418-428, 2014. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10494820.2014>. Acesso: 20 de abril de 2021.

PAULA, Bruno Souza de *et al.* Elaboração e avaliação da disciplina remota de Física 1 na UFRJ durante a pandemia de Covid-19 em 2020. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 43, 2021. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172021000100425&lng=en&nrm=iso. Acesso em 20 de abril de 2021.

PEERI, Noah C. *et al.* The SARS, MERS and novel coronavirus (COVID-19) epidemics, the newest and biggest global health threats: what lessons have we learned? **International journal of epidemiology**, v. 49, n. 3, p. 717-726, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7197734/>. Acesso em 20 de abril de 2021.

QUEIROGA, F., *et al.* Medidas de aprendizagem em TD&E – fundamentos teóricos e metodológicos. In G. Abbad, L. *et al* (Orgs.). **Medidas de avaliação em treinamento, desenvolvimento e educação: ferramentas para gestão de pessoas** (pp. 108-126). Porto Alegre: Artmed. 2012.

RIZUN, Mariia; STRZELECKI, Artur. Students' acceptance of the Covid-19 impact on shifting higher education to distance learning in Poland. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 18, p. 6468, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/18/6468>. Acesso em 20 de abril de 2021.

SALAS, E. *et al.* The Science of Training and Development in Organizations: what Matters in Practice. *Association for Psychological Science*. 74-101, 2012. <https://www.psychologicalscience.org/publications/journals/pspi/training-and-development.html>. Acesso em 18 de abril de 2021.

SANTOS, Eduardo Henrique Lucca *et al.* Análise de recursos didáticos e metodologias utilizados por professores em tempos de ensino remoto emergencial. **Anais do CIET: EnPED:2020**, São Carlos, ago. 2020. ISSN 2316-8722. Disponível em: <<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1231>>. Acesso em 20 de abril de 2021.

SOUZA, Gustavo Henrique Silva de *et al.* Educação Remota Emergencial (ERE): Um estudo empírico sobre Capacidades Educacionais e Expectativas Docentes durante a Pandemia da COVID-19. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11904/10624>. Acesso 20 de abril de 2021.

SOUZA, Ana Paula Arezo. **A valorização de competências na formação e na atuação de engenheiros de produção: a visão de estudantes, professores e egressos de duas universidades**. 2014. 165 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. <http://hdl.handle.net/11449/93089>. Acesso em 29 de maio de 2021.

STEWART, Cindy; BACHMAN, Christine; JOHNSON, Ruth. Predictors of faculty acceptance of online education. **MERLOT Journal of Online Learning and Teaching**, v. 6, n. 3, p. 597-616, 2010. Disponível em: https://jolt.merlot.org/vol6no3/stewartc_0910.pdf. Acesso: 16 de maio de 2021.

TEIXEIRA, Ricardo Luiz Perez et al. Project-Based Learning with Industry as a Learning Strategy for Improvement Engineering Education. In: **2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. IEEE, 2020. p. 1-2. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9125195>. Acesso: 20 de abril de 2021.

Unesco [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation] (2022). *COVID-19 Educational disruption and response*. Paris: Unesco, February, 12.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Novel coronavirus (2019-nCoV): situation report**. Geneva: World Health Organization, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19#:~:text=symptoms>. Acesso em 15 de dezembro de 2022.

ZAWACKI-RICHTER, Olaf. The current state and impact of Covid-19 on digital higher education in Germany. **Human Behavior and Emerging Technologies**, 2020. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/hbe2.238>. Acesso em 29 de maio de 2021.