

INDÚSTRIA 4.0: MODELO DE ENSINO PARA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO

INDUSTRY 4.0: TEACHING MODEL FOR TRAINING PRODUCTION ENGINEERS

Pedro José Gabriel Ferreira,¹ Silvia Helena Bonilla,² Rodrigo Franco Gonçalves,³ Alexandre D. Frugoli,⁴
Pedro Américo Frugoli,⁵ Fábio Papalardo,⁶ José B. Sacomano⁷

RESUMO

Para desenvolver a Indústria 4.0 no Brasil, mantendo-a competitiva, é necessária uma revolução educacional. Os seus administradores terão a missão de avaliar se os projetos pedagógicos e professores são capazes de formar profissionais capacitados. O trabalho tem como objetivo elaborar um modelo de ensino, com laboratórios e atividades que possam desenvolver no futuro profissional as capacidades para atuar neste novo cenário. Formulários elaborados na Escala Likert e o método Delphi são utilizados para avaliar o conhecimento dos especialistas educacionais no contexto da Indústria 4.0 e a opinião deles a respeito das competências e ferramentas que devem ser utilizadas na formação de novos Engenheiros de Produção.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Ensino de Engenharia; realidade virtual, impressão 3D, CLP; Delphi.

ABSTRACT

To develop a competitive Industry 4.0 in Brazil, an educational revolution is needed. Its administrators will have the mission to evaluate if the educational projects and professors are able to train qualified professionals. The aim of this work is to develop a teaching model with laboratories and activities that can develop in future professionals the skills to work in this new scenery. Forms made in Likert scale and the Delphi specialist method are used to evaluate the knowledge of educational experts in the context of Industry 4.0 and their opinion about the competences and tools that should be used in the training of new Production Engineers.

Keywords: Industry 4.0; Engineering teaching; virtual reality; 3D printing; PLC; Delphi.

1 Coordenador dos laboratórios ICET, Mestre em Engenharia de Produção, UNIP, pedro.ferreira@docente.unip.br

2 Professora titular, Doutora em Ciências, UNIP, shbonilla@hotmail.com

3 Professor titular, Doutor em Engenharia de Produção, UNIP, rofranco212@gmail.com

4 Assessor da Vice-Reitoria de Planejamento, Administração e Finanças, Doutor em Engenharia de Produção, UNIP, alefrugoli@unip.br

5 Diretor do ICET, Doutor em Engenharia de Produção, UNIP, pedrofrugoli@unip.br

6 Coordenador do curso de Engenharia, *campus* Alphaville, Doutor em Engenharia de Produção, UNIP, fabio.eng.unip.@gmail.com

7 Professor titular, Doutor em Engenharia Mecânica, UNIP, sacomano@terra.com.br

INTRODUÇÃO

A quarta revolução industrial modificou o dia a dia das indústrias e de seus colaboradores. A integração entre os diferentes equipamentos, a conectividade e a informação nos bancos de dados mudam a cada dia as necessidades tecnológicas e de formação dos profissionais. A Indústria 4.0 é entendida como um novo estágio industrial em que existe uma integração entre o sistema de operação das manufaturas e tecnologias de informação e comunicação (DALENOGARE et al., 2018)

Com o avanço da Indústria 4.0, surge a necessidade de adaptarmos o ensino de Engenharia, de forma a proporcionarmos às indústrias um profissional que tenha os conhecimentos necessários para atuar e continuar desenvolvendo-as de forma competitiva. Os futuros talentos técnicos da Indústria 4.0 necessitam entender os requisitos do mercado para se adequarem às tendências de desenvolvimento internacional (CHOU et al., 2018).

Precisamos identificar as possíveis necessidades de ajuste na formação dos professores para uma nova abordagem no ensino. Os professores estão preparados para o ensino dos conceitos da Indústria 4.0? Alguns questionamentos já foram realizados por Chou et al. (2018): Qual é a visão da indústria sobre a vocação educacional para cultivo da Indústria 4.0 e sua conotação pedagógica? Para explorar o fenômeno da vocação educacional diante da Indústria 4.0, como profissionalizar o ensino em prol da indústria? Qual é a conotação cognitiva do desenvolvimento profissional do professor em prol da indústria? Qual é o ajuste que cabe ao professor na especialização do ensino em prol da indústria?

O processo educacional deve estar focado não apenas no ensino de novas tecnologias, deve também estimular no aluno a criatividade, a liderança, a inovação e o empreendedorismo. No Brasil existe um descompasso entre o modelo pedagógico atual e as exigências do novo mundo de trabalho (ALARCON et al., 2018).

Atividades práticas – que desafiem o aluno, propiciem o trabalho em grupo, resolução de problemas e estimulem as qualificações citadas acima – devem ser propostas pelos ges-

tores educacionais. Ao interagir com o universo empírico os alunos vivenciam genuinamente o funcionamento e a dinâmica dos objetos técnicos – processo muito importante para o curso de Engenharia – por meio da investigação e questionamento com a percepção da relação prático-teórica (FERREIRA et al., 2014).

Segundo uma análise do *Boston Consulting Group* (BCG), pode-se indicar que nove tecnologias estão remodelando a produção, conforme pode-se observar na Figura 1:

Figura 1: Tecnologias que remodelam a produção



Fonte: Adaptada de BCG.

Os conceitos das tecnologias apresentadas devem ser inseridos na educação de profissionais em Engenharia, não apenas pelo treinamento para seu uso, mas porque eles proporcionam também o desenvolvimento de certas competências e habilidades que a Indús-

tria 4.0 necessita. Entende-se por competência profissional a capacidade pessoal de mobilizar, articular e colocar em ação conhecimentos, habilidades, atitudes e valores necessários para o desempenho eficiente e eficaz de atividades requeridas pela natureza do trabalho e pelo desenvolvimento tecnológico (BRASIL, 2002). Verifica-se que a noção de competência tem ganhado espaço no mundo profissional e no âmbito acadêmico, gerando alterações na formação e no modo de atuação dos engenheiros (CARVALHO; TONINI, 2017). As últimas revisões realizadas nas diretrizes curriculares para cursos de Engenharia já abordaram a questão das competências. O estudo de Carvalho e Tonini (2017) demonstra uma deficiência no desenvolvimento das competências não técnicas durante a graduação.

Essas competências não técnicas podem ser desenvolvidas em atividades práticas que envolvam o trabalho em grupo e com o uso de tecnologias que desenvolvam a inovação e o empreendedorismo. A necessidade de pessoas capazes de desenvolver soluções para o mundo moderno tecnologicamente orientado está em constante crescimento (VERNER; MERKSAMER, 2015) Mathcad.

Espaços que possibilitem a elaboração de protótipos podem auxiliar no desenvolvimento dos alunos, como é o caso dos espaços *maker*. Espaços *maker* são ambientes onde aprendizes, *designers*, engenheiros e qualquer pessoa com uma ideia podem exercer sua criatividade de forma segura e assistida, com o auxílio de facilitadores técnicos e/ou tecnologia no desenvolvimento do trabalho criativo (BROCKVELD; TEIXEIRA; DA SILVA, 2007). Os espaços *maker* possibilitam a fabricação de protótipos, que antes necessitavam de processos complexos para a criação dos seus modelos. Consequentemente eles criam um ambiente propício à inovação e ao empreendedorismo, além de melhorar a visão espacial dos alunos, característica importante em disciplinas como Mecânica Geral e Física, por exemplo. A base do movimento *maker*, então, encontra-se na experimentação. Para a educação, a ampla exposição à experimentação pode significar processos de aprendizagem que promovam o trabalho coletivo e a resolução de problemas de forma criativa e empática (BROCKVELD;

TEIXEIRA; DA SILVA, 2007). Segundo as observações de Verner e Merksamer (2015) Mathcad, atividades de aprendizagem com Creo, Mathcad e impressão 3D melhoram significativamente a habilidade de visão espacial dos alunos. Ainda, conforme Chong et al. (2018), para avaliar o impacto da integração da impressão 3D e da Indústria 4.0 nos currículos de ensino e aprendizagem de Engenharia, questionários e entrevistas foram conduzidos.

Outras tecnologias indicadas como pilares da Indústria 4.0 são utilizadas na educação há algum tempo, como a realidade virtual e a realidade aumentada. Recentemente surgiram técnicas de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) que começam a ser utilizadas como suporte em ambientes industriais e de aprendizagem (MORENILLA et al., 2016). De acordo com mesmos autores, ainda, a aplicação dessas tecnologias está aumentando rapidamente para dar suporte a uma ampla variedade de disciplinas, não só em nível acadêmico e voltado ao ensino, mas também em processos industriais reais e de engenharia.

Com base neste abrangente cenário apresentado de necessidades para atendimento de diretrizes curriculares e da Indústria 4.0, o objetivo deste estudo é propor um modelo de ensino que objetiva o desenvolvimento das competências e o uso dessas tecnologias educacionais e que estão remodelando a produção. O estudo compreende também o projeto e implantação de um laboratório *maker* e um laboratório de Indústria 4.0. O uso do primeiro laboratório será inserido em uma atividade de ensino por desafio chamada Atividade Prática Supervisionada (APS). No caso do segundo, será implantado gradativamente, desenvolvendo-se cada componente da Indústria 4.0, com seus respectivos procedimentos experimentais.

Controles industriais, em particular CLP's, atualmente formam uma importante base tecnológica para a automação de processos industriais. Mesmo na era da Indústria 4.0 e da Internet Industrial, é certo que esses controladores continuarão a ser requeridos em grande medida para a produção de amanhã (LANGMANN; ROJAS-PEÑA, 2016).

Pela sua importância na automação e na Indústria 4.0, o primeiro kit desenvolvido foi o

de automação – CLP (controlador lógico programável) + IHM (interface homem máquina).

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica que deu suporte à proposta do modelo de ensino – construção de laboratórios e desenvolvimento de kits. A ideia é que juntos eles possam representar todos os componentes da Indústria 4.0 e que uma manufatura completa seja implantada.

Uma pesquisa quali-quantitativa elaborada pelos autores auxiliou na avaliação de quanto destas novas tecnologias são de conhecimento dos administradores educacionais e qual a opinião deles a respeito destas e de algumas atividades que compoem o modelo. Um método especialista denominado Delphi foi utilizado. O método foi originado em uma série de estudos conduzidos pela corporação Rand na década de 1950, com objetivo de se desenvolver uma técnica para se obter um confiável consenso de um grupo de especialistas (DALKEY; HELMER, 1963).

Foi determinado um mediador para a aplicação da metodologia e este não participou do painel de especialistas, que foi elaborado com um total de dez especialistas em educação, muitos deles com experiência Industrial, conforme pode se verificar na Tabela 1.

Quadro 1: Características dos integrantes do painel de especialistas

Esp.	Características
1	Engenheiro Mecânico, Mestre e Doutor em Engenharia de Produção. Atua na direção e vice-reitoria de uma das maiores instituições de ensino privado do país. Tem experiência no ramo automotivo e coordena o curso de Engenharia Mecânica. Experiência de 22 anos no ramo educacional.
2	Engenheiro Mecânico, Mestre e Doutor em Engenharia de Produção. Coordenador auxiliar de curso (Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e de Controle e Automação). Possui extensão universitária no Japão, na área de sistema de Manufatura Flexível e trabalhou nas áreas de Manufatura, Automação e Administração. Experiência de nove anos no ramo educacional.

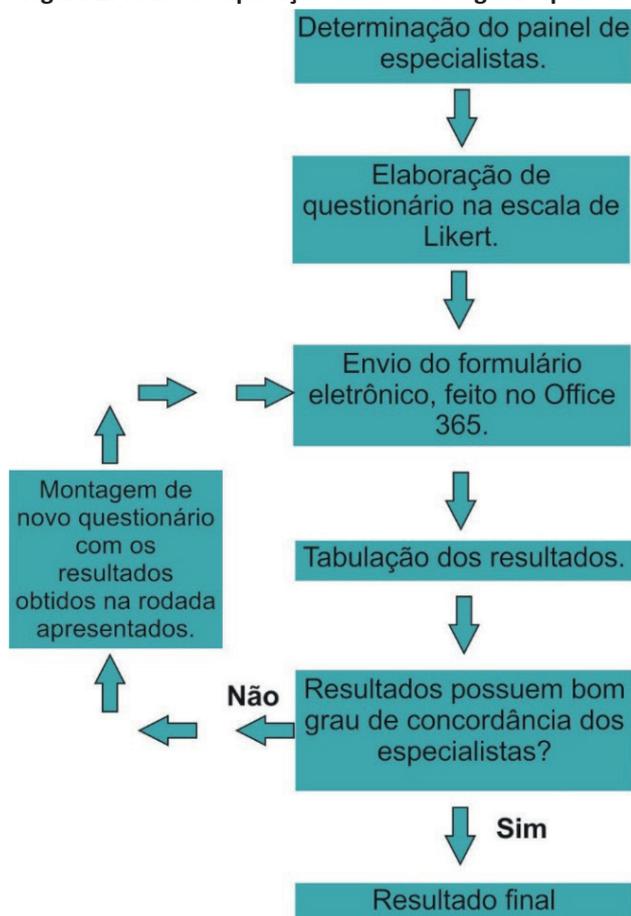
3	Bacharel em Física, Mestre em Física e Doutor em Engenharia de Produção. Professor titular dos cursos de Engenharia, Diretor do Instituto de Ciências Exatas e de Tecnologia de uma das maiores instituições de ensino privado do país. Atua há 45 anos no Ensino de Engenharia.
4	Engenheira Mecânica de Produção. Mestre em Engenharia de Produção. Professora dos cursos de Engenharia de Produção e MBA em Leaning Manufacture. Experiência de 15 anos na área de Excelência Operacional e Sistemas de Qualidade e Meio Ambiente nos segmentos automobilístico e eólico. Experiência de dois anos no ramo educacional.
5	Engenheira Química, Mestre e Doutora em Engenharia Química. Coordenadora auxiliar dos cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica. Professora das disciplinas de Análise Microestrutural, Tópicos de Soldagem e Mecânica dos Fluidos. Atua desde 2012 nas áreas de Inovação e Empreendedorismo. Experiência de 18 anos no ramo educacional.
6	Engenheiro Mecânico, Especialista em Qualidade e Produtividade e Mestre em Engenharia de Produção. Professor e Coordenador auxiliar do curso de Engenharia de Produção. Experiência de 18 anos no segmento de autopeças, atuando em Lean Manufacturing, 5S, Kaizen, Kanban, PDCA e SAP. Experiência de oito anos no ramo educacional.
7	Bacharel em Física, Mestre e Doutor na área de Tecnologia Nuclear. Professor e coordenador auxiliar do curso de Engenharia de Controle e Automação. Experiência de oito anos no ramo educacional.
8	Bacharel em Física, Mestre e Doutor na área de Tecnologia Nuclear. Professor e coordenador auxiliar do curso de Engenharia de Produção. Experiência de oito anos no ramo educacional.
9	Bacharel em Física, Mestre e Doutor na área de Tecnologia Nuclear. Professor nas áreas de Física e Mecânica dos Fluidos para cursos de Engenharia. Coordenador do curso de Tecnologia em Radiologia e do curso de Especialização em Ressonância Magnética e Tomografia Computadorizada em Saúde. Experiência de 26 anos no ramo educacional.

10	Engenheiro Elétrico, Mestre em Engenharia de Produção e Doutor em Engenharia Elétrica. Professor e Coordenador de curso na área de Ciência da Computação e Sistemas de Informação. Especialista em Administração de empresas, tendo atuado como professor na área de Administração. Atuou no mercado empresarial durante 14 anos programador, analista de sistemas e Gerente de Informática. Há 30 anos atua como consultor na área de tecnologia, é avaliador do INEP e atua no ramo educacional há 30 anos.
-----------	---

Fonte: elaborado pelos autores.

A metodologia foi aplicada segundo o fluxograma apresentado na Figura 2:

Figura 2: Fluxo de aplicação da metodologia Delphi



Fonte: Elaborada pelos autores.

No questionário elaborado foi utilizada a escala de Likert, que combina estatística e psicologia e mede o grau de conformidade do entrevistado com uma questão ou afirmação. Quanto à escala Likert, o número de possíveis respostas são cinco, imaginando-se que a possibilidade de respostas pode ser par ou ímpar: uma resposta ímpar pode levar o entrevistado,

por algum motivo, a se manter neutro e uma resposta par pode levar o entrevistado a tomar uma posição (PAPALARDO et al., 2014). Apresenta-se no apêndice deste artigo o último questionário aplicado aos especialistas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 3 são apresentados os resultados da primeira pergunta realizada ao painel de especialistas. O método Delphi e a escala Likert foram aplicados nos questionários.

Figura 3: Respostas da pergunta um do questionário



Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme pode-se observar, todos os especialistas conhecem o tema, sendo que a metade deles já leu artigos ou livros a respeito da Indústria 4.0.

Com relação à Impressão 3D, apenas um especialista respondeu não conhecer sobre o assunto. Seis deles já viram em funcionamento, três deles leram a respeito e um tem estudos avançados no assunto (Figura 4).

Figura 4: Respostas da pergunta dois do questionário



Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se conferir, na Figura 5, que três dos especialistas afirmam não conhecer a Rea-

lidade Aumentada (RA), dois deles já experimentaram o recurso e cinco já leram a respeito.

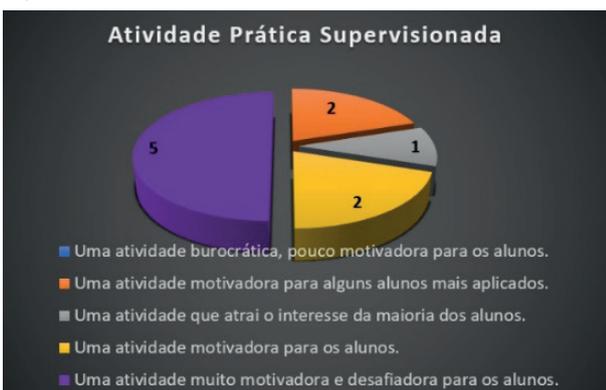
Figura 5: Respostas da pergunta três do questionário



Fonte: Elaborada pelos autores.

As Figuras 6 e 7 apresentam a opinião dos especialistas com relação às Atividades Práticas Supervisionadas (APS).

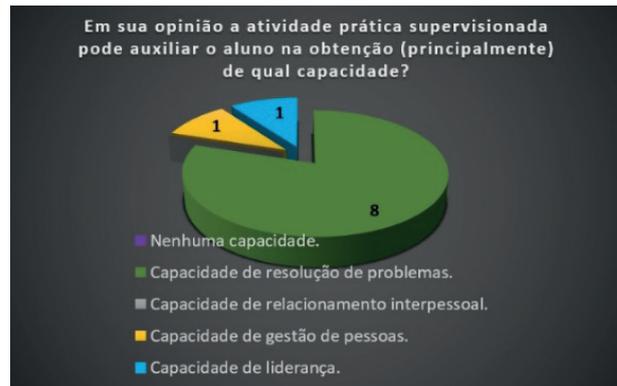
Figura 6: Respostas da pergunta quatro do questionário



Fonte: Elaborada pelos autores.

Pode-se observar na Figura 6 que a maior parte dos especialistas classifica a APS como uma atividade motivadora ou muito motivadora para os alunos. Segundo a opinião da maioria dos especialistas, a APS pode auxiliar os alunos no desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas (Figura 7).

Figura 7: Respostas da pergunta cinco do questionário



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Figura 8 são apresentados os resultados do questionamento feito a respeito da quantidade de competências requeridas para que um profissional atue no contexto da Indústria 4.0.

Figura 8: Respostas da pergunta seis do questionário



Fonte: Elaborada pelos autores.

Como pode ser observado, dois especialistas entedem que são requeridas duas competências, três especialistas afirmam que pelo menos seis são requeridas, cinco deles indicam que oito ou mais competências são requeridas. Na Figura 9 é apresentada a quantidade de itens que devem ser abordados no Ensino de Engenharia, no contexto da Indústria 4.0, segundo os especialistas.

Figura 9: Respostas da pergunta sete do questionário

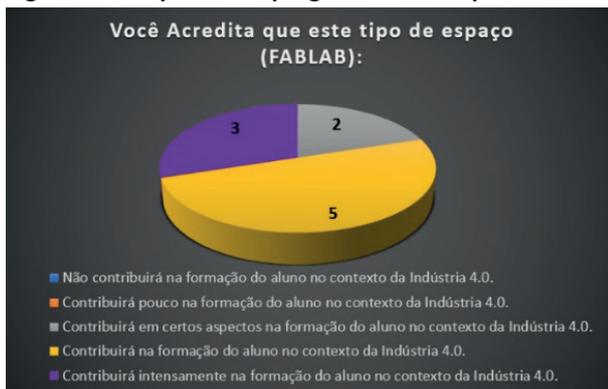


Fonte: Elaborada pelos autores.

A maioria dos especialistas entende que nove ou mais itens devem ser abordados no ensino dos futuros engenheiros.

Na Figura 10 são apresentados os resultados com relação ao uso de *FabLabs* ou laboratórios *Maker* na formação de engenheiros.

Figura 10: Respostas da pergunta oito do questionário

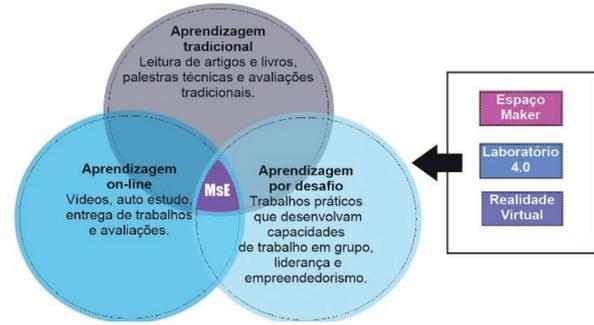


Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados apontam que todos acreditam que o uso da Impressão 3D pode contribuir para a formação de engenheiros que irão atuar no contexto da Indústria 4.0.

Como resultado da pesquisa exploratória na experiência educacional no ramo da Engenharia e nas entrevistas realizadas, um modelo educacional chamado *Maker Smart Education* (MsE) foi desenvolvido. Na Figura 11 ele é apresentado.

Figura 11: Metodologia MsE



Fonte: Elaborada pelos autores.

A proposta da nova metodologia é a integração da aprendizagem tradicional, aprendizagem *on-line* e aprendizagem por desafio, apoiadas por um laboratório *Maker*, um laboratório Indústria 4.0 e Realidade Virtual.

O laboratório *Maker* foi projetado para ser um ambiente totalmente diferenciado dos laboratórios tradicionais, com o objetivo de ser um espaço de criação, inovação e empreendedorismo. Nele os alunos poderão elaborar suas APS, seus trabalhos de conclusão de curso ou simplesmente projetar e desenvolver novos produtos. Ele será composto por impressoras que utilizam tecnologias diferentes, a de filamento fundido e estereolitografia, um *scanner* e ferramentas manuais. Na Figura 12 é apresentada a impressora híbrida, que além de imprimir em duas cores, possui um cabeçote *laser* para corte e gravação, um cabeçote de fresamento CNC e um cabeçote de impressão para chocolate e massas.

Figura 12: Impressora híbrida



Fonte: Acervo dos autores.

Para trabalhos de maior definição foi escolhida a impressora que trabalha com o processo de estereolitografia. Além de ser mais rápida, ela conta com variedade de resinas, como as calcináveis e as biocompatíveis (Figura 13).

Figura 13: Impressora – processo estereolitografia

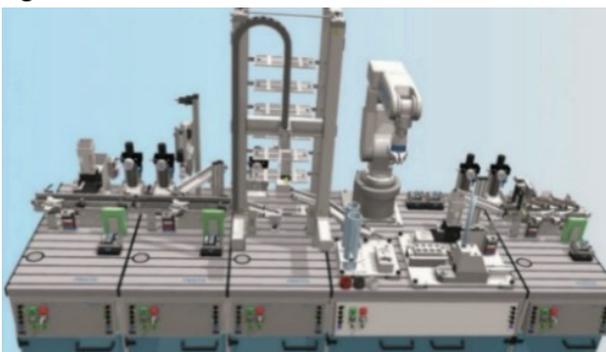
Fonte: Acervo dos autores.

O *scanner* escolhido é apresentado na Figura 14. Nele os alunos poderão iniciar seus trabalhos de engenharia reversa. Um equipamento de qualidade será a principal ferramenta para trabalhar na engenharia reversa. Com esse equipamento serão digitalizadas imagens para servir de base na construção de um modelo 3D.

Figura 14: Scanner para engenharia reversa

Fonte: Acervo dos autores.

O laboratório Indústria 4.0 será equipado com óculos de realidade virtual e com o *software* Cirus. Cirus é um *software* de comissionamento virtual 3D para automação de fábrica e robótica, no qual os alunos poderão examinar e interagir virtualmente com equipamentos diferentes. Na Figura 15 apresenta-se a tela do programa.

Figura 15: Processo industrial simulado

Fonte: Acervo dos autores.

Além de utilizar os óculos de realidade virtual no *software* Cirus, a universidade poderá desenvolver aplicações diferentes para a Indústria 4.0.

O primeiro kit desenvolvido (Figura 16) é o de CLP (controlador lógico programável) com IHM (interface homem máquina). Em uma maleta os equipamentos são acondicionados. São 12 os exercícios nos quais o aluno aprenderá a programar um CLP, com o registro e a movimentação de dados, o uso do *timer on delay* e *timer off delay*, a utilizar suas entradas e saídas digitais e analógicas e programar a IHM. Os exercícios são baseados em processos reais industriais e são apresentados ao aluno na tela da IHM de forma que ele possa visualizar o resultado de sua programação. O material didático visa a auxiliar professor e alunos, apresentando passo a passo como programar o CLP e a IHM, com a descrição de cada processo industrial, seu diagrama elétrico de ligação nas entradas e saídas do CLP e a resposta para os exercícios.

Figura 16: Kit CLP e IHM

Fonte: Acervo dos autores.

CONCLUSÃO

A pesquisa exploratória realizada contribuiu para fundamentar o modelo de ensino, que utilizará as ferramentas educacionais que estão remodelando a produção e, portanto, atenderá as diretrizes curriculares do curso de Engenharia de Produção.

O questionário elaborado na escala Likert e o processo de avaliação por meio do Delphi foram utilizados com a finalidade de se chegar a um consenso no painel de especialistas. Ficou evidenciado que todos os especialistas conhecem os conceitos da Indústria 4.0 e isso nos indica que eles estão aptos a opinar a respeito dos itens que devem ser abordados no ensino de Engenharia neste contexto.

Apenas um dos especialistas não conhecia a Manufatura Aditiva e 80% deles indicam

que esse tipo de espaço contribuirá na formação do aluno. Isso reforça a necessidade da criação do espaço na universidade.

Com relação à Atividade por Desafio (APS), 80% dos especialistas entendem que esse tipo de atividade contribuirá no desenvolvimento da capacidade do aluno de resolução de problemas, item importantíssimo quando pensamos no conceito da Indústria 4.0 aplicado ao Brasil, pois com certeza problemas regionais ocorrerão e esse tipo de capacidade será requerida. Ademais, 70% dos especialistas entendem que a APS é uma atividade motivadora ou muito motivadora aos alunos, o que indica que ela deve continuar a ser desenvolvida, auxiliando não só no desenvolvimento de capacidades, mas também na atratividade do curso.

Os questionários que abordam as competências necessárias e tópicos a serem adotados no Ensino de Engenharia no contexto da Indústria 4.0 indicam um horizonte de itens que devem ser abordados no curso de Engenharia de Produção. Parte desses itens já são abordados no curso e aqueles que ainda não são serão inseridos no projeto pedagógico.

Com relação à Realidade Aumentada (RA), 50% dos especialistas conhecem tal recurso, mas apenas 20% o experimentou. Isso indica que um trabalho de aprofundamento deve ser feito nessa tecnologia, para que os especialistas possam opinar a respeito da utilização dela no novo modelo.

A implantação do laboratório *maker* vem sendo realizada e a atividade por desafio (APS) poderá ter seus objetivos atrelados a esse espaço.

O laboratório Indústria 4.0 teve seu primeiro kit (CLP+IHM) desenvolvido e os exercícios planejados poderão ser aplicados para que então sejam coletadas futuramente informações sobre o seu uso com professores e alunos. Essas informações serão utilizadas no aperfeiçoamento do kit e no desenvolvimento dos demais itens. A próxima etapa do projeto será o desenvolvimento do espaço físico do LAB Indústria 4.0 e de sua infraestrutura.

O *software* Cirus e os óculos de realidade virtual foram adquiridos e ocorrerão treinamentos e testes para a sua utilização. Futuramente a performance do kit será avaliada por meio de questionários aplicados a alunos e pro-

fessores. Os óculos de realidade virtual também poderão ser utilizados em ambientes de simulação criados pelos alunos de pós-graduação da instituição.

REFERÊNCIAS

- ALARCON, D. et al. Os desafios da educação em rede no contexto da indústria 4.0. **Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação**, v. 29, n. 1, p. 53–61, 2018.
- BROCKVELD, V. V. M.; TEIXEIRA, C. S.; DA SILVA, M. R. A Cultura Maker em prol da inovação: boas práticas voltadas a sistemas educacionais. **Conferência ANPROTEC**, 2017.
- BOSTON CONSULTING GROUP. Embracing Industry 4.0 and Rediscovering. Disponível em: <<https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>>. Acessado em: 15 abr. de 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES 11/2002**, aprovada em 11 de março de 2002. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Seção 1. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002.
- CARVALHO, L. DE A.; TONINI, A. M. Uma análise comparativa entre as competências requeridas na atuação profissional do engenheiro contemporâneo e aquelas previstas nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia. **Gestão & Produção**, v. 24, n. 4, p. 829-841, 2017.
- CHOU, C. M. et al. Industry 4.0 Manpower and its Teaching Connotation in Technical and Vocational Education : Adjust 107 Curriculum Reform. **International Journal of Psychology and Educational Studies**, v. 5, n. 1, p. 9–14, 2018.
- CHONG, S. et al. Integration of 3D printing and industry 4.0 into engineering teaching. **Sustainability**, v. 10, n. 11, 2018.
- DALENOGARE, L. S. et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, v. 204, August, p. 383-394, 2018.
- DALKEY, N.; HELMER, O. An experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts. **Management Science**, v. 9, n. 3, p.458-467, 1963.
- DUARTE, M.; CARDOSO, A.; JÚNIOR, E. L. O uso de realidade aumentada no ensino de física 2 – conceitos básicos. **Workshop de Realidade Aumentada**, p. 1-24, 2005.

FERREIRA, P. J. G. et al. Ensino de Física em Cursos de Engenharia e Atividades Práticas Supervisionadas: Uma proposta de ensino baseada na aprendizagem por desafio. **International Conference on Engineering and Technology Education**, p. 261-265, 2014.

LANGMANN, R.; ROJAS-PEÑA, L. F. PLCs as Industry 4.0 components in laboratory applications. **International Journal of Online Engineering**, v. 12, n. 7, p. 37-44, 2016.

MORENILLA, A. J. et al. Using virtual reality for industrial design learning: a methodological proposal. **Behaviour and Information Technology**, v. 35, n. 11, p. 897-906, 2016.

PAPALARDO, F. et al. Small and Medium Enterprises in Brazil: A Comprehensive Study of the Manager's View of the Business. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 438, n. 1, p. 395-402, 2014.

VERNER, I.; MERKSAMER, A. Digital design and 3D printing in technology teacher education. **Procedia CIRP**, v. 36, January, p. 182-186, 2015.

APÊNDICE

Questionário elaborado na escala Likert e utilizado com o método especialista Delphi.

1) Como você classificaria seus conhecimentos a respeito da indústria 4.0?

- Não conheço o assunto.
- Li/vi documentários a respeito.
- Li livros e/ou artigos sobre indústria 4.0.
- Já elaborei trabalhos sobre indústria 4.0.
- Trabalho com indústria 4.0.

2) Você conhece a manufatura aditiva (impresão 3D)?

- Não.
- Li a respeito.
- Já vi trabalhando.
- Tenho estudos avançados sobre manufatura aditiva (artigos/livros).
- Trabalho com manufatura aditiva.

3) Você conhece a realidade aumentada?

- Não.
- Li a respeito.

- Experimentei o assunto usando os recursos.
- Já elaborei trabalhos sobre realidade aumentada.
- Trabalho com realidade aumentada.

4) Você classificaria a Atividade prática supervisionada - APS (no momento) como:

- Uma atividade burocrática, pouco motivadora para os alunos.
- Uma atividade motivadora para alguns alunos mais aplicados.
- Uma atividade que atrai o interesse da maioria dos alunos.
- Uma atividade motivadora para os alunos.
- Uma atividade muito motivadora e desafiadora para os alunos.

5) Em sua opinião a atividade prática supervisionada pode auxiliar o aluno na obtenção (principalmente) de qual capacidade?

- Nenhuma capacidade.
- Capacidade de resolução de problemas.
- Capacidade de relacionamento interpessoal.
- Capacidade de gestão de pessoas.
- Capacidade de liderança.

6) Leia as competências relacionadas abaixo.

- Visão global
- Inovação
- Proatividade
- Conhecimento técnico.
- Gerência de pessoas.
- Liderança.
- Empreendedorismo.
- Idiomas.
- Rapidez na tomada de decisão.
- Negociação.
- Produtividade.
- Bom relacionamento interpessoal.
- Condução e análise de procedimentos experimentais.

7) Com relação a atuação de um profissional na Indústria 4.0, você acredita que são requeridas:

- Pelo menos duas destas competências.

- Pelo menos quatro destas competências.
 - Pelo menos seis destas competências.
 - Pelo menos oito destas competências.
 - Todas as competências.
- 8) Dentre os principais itens que devem ser adotados no ensino de Engenharia no contexto da indústria 4.0 temos:
- Administração Industrial.
 - Simulação com Smartphones ou softwares.
 - Impressão 3D.
 - Realidade aumentada.
 - Realidade virtual.
 - Atividades práticas.
 - Leitura de artigos científicos.
 - Automação.
 - Robótica.
 - Computação em nuvem.
 - Segurança cibernética.
 - Internet das coisas.
 - Banco de dados.
 - Empreendedorismo.
 - Desenho tridimensional.
 - Programação de computadores.
- 9) Em sua opinião os itens a serem adotados no Ensino da engenharia no contexto da indústria 4.0 devem ser:
- Pelo menos três destes itens.
 - Pelo menos seis destes itens.
 - Pelo menos nove destes itens.
 - Pelo menos doze destes itens.
- Todos os itens ou mais.
- 10) Os laboratórios Maker ou FABLABS são considerados espaços de inovação e empreendedorismo. Neles o usuário dispõe de impressoras 3D, máquinas de corte laser, fresadoras CNC, furadeiras e ferramentas manuais. Você acredita que este tipo de espaço:
- Não contribuirá na formação do aluno no contexto da Indústria 4.0.
 - Contribuirá pouco na formação do aluno no contexto da Indústria 4.0.
 - Contribuirá em certos aspectos na formação do aluno no contexto da Indústria 4.0.
 - Contribuirá na formação do aluno no contexto da Indústria 4.0.
 - Contribuirá intensamente na formação do aluno no contexto da Indústria 4.0.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



Pedro José Gabriel Ferreira – Mestre em Engenharia de Produção (2011), Especialista em Ensino Superior (2007) e graduado em Engenharia de Controle e Automação (2004) pela Universidade Paulista – UNIP. Coordenador dos laboratórios do Instituto de Ciências Exatas e de Tecnologia, Coordenador do curso de Engenharia no campus Marquês de São Vicente e Coordenador do curso de Engenharia de Produção – EaD na Universidade Paulista. Atuou nas áreas de produção, manutenção, projetos de engenharia, processos de pintura industrial, inspeção de vasos de pressão e testes técnicos. É autor de seis livros na área de Mecânica dos Fluidos e um livro na área de Desenho Técnico. Atua no aprimoramento de metodologias de ensino para os cursos de Engenharia e desenvolvimento de novas tecnologias, tendo um de seus trabalhos premiado nos Estados Unidos em 2015.



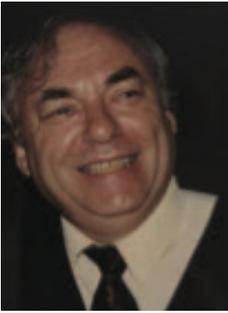
Silvia Helena Bonilla – Doutora em Ciências (2001) pela Universidade de São Paulo, bacharel em Química Farmacêutica (1992) e Química (1988) pela Universidad de la República do Uruguai. Atua na área de Produção e Meio Ambiente, principalmente nos seguintes temas: produção mais limpa e ecologia industrial, desenvolvimento de novas tecnologias mais limpas e indicadores ambientais na Universidade Paulista. Sua experiência inicial é na área de Físico-química, especificamente em células a combustível e a fabricação de eletrocatalisadores para uso em células de metanol direto que tem facilitado a criação de uma interface com o tema de produção mais limpa. Sua formação inicial permitiu sua atuação no estudo do comportamento de eletrodos sólidos, metais e semicondutores.



Rodrigo Franco Gonçalves – Doutor em Engenharia e Produção (2010) pela Universidade de São Paulo, Mestre em Engenharia de Produção (2004) pela Universidade Paulista e bacharel em Física (1999) pela Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, projeto e desenvolvimento de sistemas e inovação tecnológica. Atua nas seguintes áreas: gestão da produção, engenharia econômica e financeira, sistemas de informação, gestão do conhecimento, inovação e empreendedorismo. Atualmente, é professor titular do programa de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia de Produção da UNIP, professor do departamento de Engenharia de Produção da Poli-USP e professor de pós-graduação *lato sensu* da USP/Fundação Vanzolini.



Alexandre Daliberto Frugoli – Doutor em Engenharia de Produção (2013), Mestre em Engenharia de Produção (2000) e graduado em Engenharia Mecânica (1996) pela Universidade Paulista. É assessor da vice-reitoria de Planejamento, Administração e Finanças e da direção do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – ICET, coordenador do curso de Engenharia Mecânica, professor das disciplinas de Física, Mecânica Geral e Mecânica dos Fluidos. É autor de livros da área de Estatística, Cálculo e Informática. Atua no aprimoramento de metodologias de ensino para os cursos de Engenharia e desenvolvimento de novas tecnologias, tendo um de seus trabalhos premiado nos Estados Unidos em 2015.



Pedro Américo Frugoli – Doutor em Engenharia de Produção (2012) pela Universidade Paulista, Mestre em Física (1981) e bacharel em Física (1973) pela Universidade de São Paulo. É diretor do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia – ICET, coordenador do curso de Engenharia, professor de Física e de Mecânica Geral. É autor de livros na área de Física (Estática, Cinemática, Eletricidade e Eletromagnetismo) e Mecânica Geral (Dinâmica e Cinemática dos Sólidos). Atua no aprimoramento de metodologias de ensino para os cursos de Engenharia e desenvolvimento de novas tecnologias, tendo um de seus trabalhos premiado nos Estados Unidos em 2015.



Fábio Papalardo – Doutor em Engenharia de Produção (2016), Mestrado em Engenharia de Produção (2013) pela Universidade Paulista e graduado em Engenharia Mecânica (1982) pelo centro universitário FEI. Extensão Universitária no Kitakyushu Politechnical College Japão em Sistemas Flexíveis de Manufatura (1992). Experiência na área de Engenharia de Produção Mecânica, com ênfase em Processos de Fabricação, Automação da Manufatura, Administração da Manufatura (15 anos); Montagem de fábricas no Brasil e Índia, Consultoria a empresas industriais no Brasil, Itália e Turquia. Experiência acadêmica como Professor Universitário na UNIP, FEI, SENAI São Caetano do Sul (Centro de Automação da Manufatura) e na Escola Técnica Industrial Lauro Gomes (16 anos).



José Benedito Sacomano – Doutor em Engenharia Mecânica (1990), Mestre em Engenharia Mecânica (1983) e graduado em Engenharia Civil (1968) pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor titular da Universidade Paulista. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento, qualidade, construção civil, administração da produção e engenharia de produção.