

A manufatura avançada precisa de uma engenharia avançada

Advanced Manufacturing Needs Advanced Engineering

Fabricación Avanzada necesita Ingeniería Avanzada

La Fabrication Avancée a besoin d'une Ingénierie Avancée

Resumo

Este artigo aborda a necessidade de mudança na forma de estruturar as áreas de engenharia para as futuras gerações de engenheiros que atuarão na manufatura avançada. A integração de conhecimentos de diversas áreas da engenharia exigirá uma nova abordagem educacional, no qual fará parte, também, a revisão da atual estrutura acadêmica. No ambiente industrial, a quebra de paradigmas proveniente das inovações tecnológicas criam situações inesperadas que modificam a atuação profissional do engenheiro, exigindo alterações no seu processo de formação. Tal fato se apresenta a cada novo grande evento de industrialização, como o que está ocorrendo devido à implementação da manufatura avançada, também chamada de 4° Revolução Industrial. A manufatura avançada, por ser, em sua essência, amplamente automatizada, exigirá uma profunda reformulação acadêmica na formação dos novos engenheiros. A versatilidade imposta pelos sistemas de controle que integram por completo toda a indústria está impactando na atuação dos engenheiros atuais. A engenharia, em um futuro próximo, deverá integrar diversas especialidades na formação acadêmica chamada de engenharia avançada.

Palavras-chave: Manufatura avançada. Engenharia avançada. Engenheiros. Graduação. Ensino.


Abstract

This article addresses need for a change in way of structuring engineering areas for future generations of engineers who worked in advanced manufacturing. The integration of knowledge from different areas of engineering will require a new educational approach, which will also include revision of current academic structure. In industrial environment, breaking of paradigms arising from technological innovations creates unexpected situations that modify professional performance of engineer, requiring changes in his training process. This fact appears at each new major industrialization event, such as what is occurring due to implementation of advanced manufacturing, also called 4th industrial revolution. Advanced manufacturing since it is essentially largely automated will require a profound academic overhaul in the training of new engineers. The versatility imposed by control systems that fully integrate an entire industry is impacting performance of today's engineers. Engineering in near future should integrate several specialties in academic formation called Advanced Engineering.

Keywords: Advanced manufacturing. Advanced engineering. Engineers. Graduation. Teaching.

Resumen

Este artículo aborda la necesidad de un cambio en la forma de estructurar las áreas de ingeniería para las futuras generaciones de ingenieros que trabajaron en la fabricación avanzada. La integración del conocimiento de diferentes áreas de ingeniería requerirá

Filipe Wiltgen 
 Ifwbarbosa@gmail.com
 Universidade de Taubaté
 (Unitau)

un nuevo enfoque educativo, que también incluirá la revisión de la estructura académica actual. En el entorno industrial, la ruptura de paradigmas derivados de las innovaciones tecnológicas crea situaciones inesperadas que modifican el desempeño profesional del ingeniero y requieren cambios en su proceso de capacitación. Este hecho aparece en cada nuevo evento importante de industrialización, como lo que está ocurriendo debido a la implementación de la fabricación avanzada, también llamada la 4ta revolución industrial. La fabricación avanzada, ya que está esencialmente automatizada en gran medida, requerirá una profunda revisión académica en la capacitación de nuevos ingenieros. La versatilidad impuesta por los sistemas de control que integran completamente una industria entera está impactando el rendimiento de los ingenieros de hoy. La ingeniería en un futuro próximo debería integrar varias especialidades en la formación académica llamada Ingeniería avanzada.

Palabras clave: Fabricación avanzada. Ingeniería avanzada. Ingenieros. Graduación. Enseñanza.

Résumé

Cet article aborde la nécessité d'un changement dans la façon de structurer les domaines d'ingénierie pour les générations futures d'ingénieurs qui ont travaillé dans la fabrication de pointe. L'intégration des connaissances de différents domaines de l'ingénierie nécessitera une nouvelle approche pédagogique, qui comprendra également la révision de la structure académique actuelle. En milieu industriel, la rupture des paradigmes issus des innovations technologiques crée des situations inattendues qui modifient les performances professionnelles de l'ingénieur, nécessitant des changements dans son processus de formation. Ce fait apparaît à chaque nouveau grand événement d'industrialisation, comme ce qui se produit en raison de la mise en œuvre de la fabrication de pointe, également appelée la 4e révolution industrielle. La fabrication avancée, car elle est essentiellement largement automatisée, nécessitera une refonte académique approfondie de la formation des nouveaux ingénieurs. La polyvalence imposée par les systèmes de contrôle qui intègrent pleinement une industrie entière a un impact sur les performances des ingénieurs d'aujourd'hui. L'ingénierie devrait prochainement intégrer plusieurs spécialités dans la formation académique appelée Advanced Engineering.

Mots-clés: Fabrication de pointe. Ingénierie avancée. Ingénieurs. Remise des diplômes. Enseignement.

1 Introdução

A engenharia, no contexto da história industrial, é a alma das ideias, das inovações, dos processos e, principalmente, da manufatura. Todas as revoluções industriais Fig.1 foram quebras de paradigma, as quais trouxeram à tona novidades e formas diferentes de realizar as mesmas tarefas que, anteriormente, eram menos eficientes devido a sua grande latência e ao alto custo.

Todo novo desenvolvimento revolucionário de manufatura ocorre através da implementação de questões básicas. Entre estas, as mais importantes são: as técnicas, os dispositivos e as pessoas.

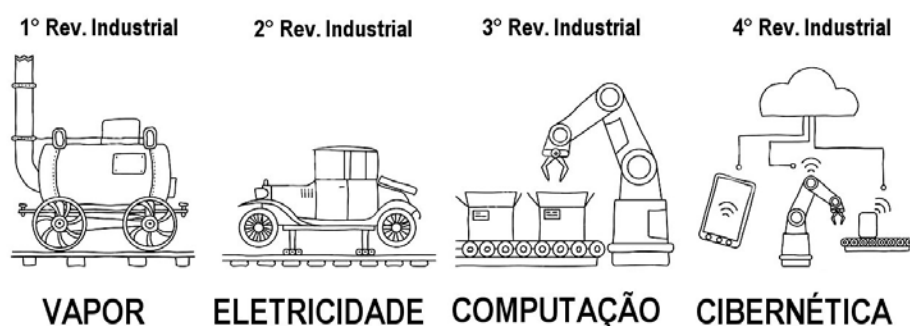
Dessa forma, tem-se:

- As técnicas são as ferramentas responsáveis por obter o início da transformação que leva a uma nova Revolução Industrial. Elas permitem as inovações desenvolverem as formas de conduzir e obter a manufatura avançada com um resultado melhor do que o obtido na Revolução Industrial anterior, ou seja, produzir mais, melhor e com menor custo. Entretanto, sem a participação das pessoas e dos dispositivos, as técnicas sozinhas não transformam a indústria de manufatura.
- Os dispositivos são os instrumentos e as máquinas que permitem aplicar as técnicas na forma de engenharia na nova manufatura industrial. São os dispositivos que farão as mudanças e permitirão a completa automação industrial (cibernética). Eles são compostos por: algoritmos, máquinas,

sistemas de controle, sensores e atuadores. A grande maioria desses dispositivos existe há muito tempo. Entretanto foram as técnicas que permitiram juntar na forma de manufatura avançada, devido à atuação das pessoas que as idealizaram e as projetaram para realizar essa nova tarefa. Assim sendo, as técnicas e os dispositivos precisam das pessoas para serem aplicados fisicamente e funcionalmente.

- As pessoas são os agentes transformadores que utilizam as técnicas junto com os dispositivos para obter uma nova Revolução Industrial. Essas pessoas quase sempre são os engenheiros, que, devido a sua formação acadêmica e experiência profissional, sabem como aplicar as técnicas nos dispositivos, dando forma e propósito para os projetos e ao desenvolvimento da manufatura avançada.

Figura 1 – Revoluções industriais



Fonte: Adaptado de Cris Daborn, 2018

Como a necessidade de aplicar a nova engenharia na nova manufatura (KAGERMANN et al., 2016; GIFFI et al., 2015; EOPUS, 2018), será necessário que conhecimentos e especialidades da engenharia tradicional e modernas sejam integradas no engenheiro avançado. Essa nova especialidade deverá prover ao engenheiro em formação o domínio de várias áreas em engenharia (NAENA, 2005; BORDOGNA, et al., 1993; SALERMO et al., 2013; CNI, 2015; CNI, 2018), tais como: engenharia de controle e automação, engenharia elétrica, engenharia mecânica, engenharia de requisitos e sistemas, engenharia da computação, engenharia de projetos e engenharia de processos.

Essa nova especialidade em engenharia demanda de uma formação acadêmica muito diferente da forma como atualmente vem sendo realizada nas universidades e faculdades. A necessidade de formar um engenheiro avançado, como o próprio nome diz, vai precisar de novas técnicas de assimilação dos conteúdos, de forma prática, construtiva e prototipativa.

Prototipativa vem de prototipação. É uma junção das palavras protótipo (construção de um objeto criado pela primeira vez para testes) e ativa (o que participa ou pratica a ação), usada para expressar a ação de construir protótipos como parte integrante do aprendizado de estudantes de engenharia para a melhor assimilação das práticas de projeto, requisitos, ensaios e amadurecimento tecnológico (WILTGEN, 2019).

Tornar o aprendizado eficiente, versátil e atrativo é parte importante para ensinar as novas gerações de engenheiros. As gerações futuras têm como ambiente natural um habitat completamente conectado e muito diferente das gerações anteriores, cuja informação sempre está disponível em qualquer lugar, a qualquer momento, e sobre qualquer assunto.

Isto faz com que a utilização de sistemas de apoio com controles baseados em aprendizado e conectividade de máquinas autônomas, chamados popularmente de “inteligência artificial”, sejam vistos no futuro próximo com muita naturalidade nas tomadas de decisões e escolhas de caminhos a serem seguidos pelos profissionais mais jovens. Isto se traduz na forma de um conhecimento implícito criado em sistemas informatizados e de controle pelas gerações passadas, traduzido na forma de um consultor de conhecimento virtual baseado em

programas, aplicativos ou mesmo em sites na internet. Esse habitat não pode ser ignorado na nova forma de aprendizagem de engenharia.

A nova proposta de engenharia tem como objetivo estratégico ampliar o desenvolvimento tecnológico necessário para a concretização da manufatura avançada, não só no conceito, mas, principalmente, na prática de sua evolução, em que será necessária a interação de “tudo com tudo” dentro do processo de manufatura, incluindo os sistemas e subsistemas, as partes, os componentes, as ferramentas, os insumos, os recursos, os funcionários, as manutenções, os fornecedores, os produtores, os transportadores, os clientes, os serviços autorizados de manutenção, as centrais de atendimento ao cliente, os investidores e acionistas, além da integração da propaganda e do marketing com a própria população.

A forma de ensinar a engenharia avançada deve ser diferente no fundamento. O estudante deve ser capaz de “aprender a aprender” a partir do entendimento de problemas, antes mesmo de procurar uma solução. Então, a forma não trivial de ensinar deverá constar da fusão de diversas técnicas e métodos de ensino para obter o melhor de cada um.

Inicialmente, funcionará como uma investigação científica, no qual estudar e entender profundamente o problema (domínio do problema) é a primeira abordagem para chegar a uma solução. Quando todas as dúvidas forem exauridas sobre o problema (profundidade intelectual), é o momento para debater as ideias de forma documental, preferencialmente escrita, com premissas claras e requisitos explícitos, o que permitirá, então, passar a construir hipóteses para serem testadas como formas de solucionar um problema (domínio da solução).

Essa nova maneira de transferir conhecimento envolve completamente o estudante na participação da aprendizagem, cuja associação de conteúdo teórico e prático são abordados integrados no formato “*hands-on*” de John Dewey em 1916 (SIKANDAR, 2015; GREENWALT, 2016.). De certa forma, essa proposta também possui similaridade com a técnica conhecida como “*flipped classroom*”, que foi ajustada para a aplicação prática, em 2007, pelos professores Jonathan Bergmann, Karl Fisch e Aaron Sams (BERGMANN, 2016; VALENTE, 2014).

A ideia é trazer o estudante a uma participação efetiva no processo de aprendizagem, para que a informação possa ser sedimentada e assimilada na forma de conhecimento teórico e prático, mas de maneira mais rápida e mais eficiente.

É claro que os professores, no primeiro momento, são o cerne da questão, e devem ser os primeiros a serem ensinados a aplicar o novo método, conforme a proposta aqui descrita. Nessa nova metodologia, há a participação ativa dos estudantes em situações-problema e debates que são propostos pelos professores, de tal forma que os estudantes são instigados a participar para entender o problema e sintetizar as ações que levarão a possíveis soluções.

A mediação dos debates é realizada pelo professor, no qual o resultado, a partir das premissas, será o requisito. Os requisitos devem ser construídos em conjunto, estudantes e professor, a partir dos debates realizados na disciplina.

Hipóteses e possíveis soluções técnicas referentes aos problemas propostos devem ser abordadas e também discutidos com base em documentos simples, claros e explícitos na forma de requisitos contemplando o domínio intelectual do problema, podendo ser testados em um protótipo físico ou intelectual, cujas interações para obtenção dos resultados são uma forma importante de aprendizado (FNE, 2013; FULLAN; SMITH, 1999).

Assim como a implementação da manufatura avançada, a introdução da engenharia avançada será o subsídio intelectual imprescindível para atender à nova Revolução Industrial (BORDOGNA et al., 1993; NAENA, 2005; SALERMO et al., 2013). Isto irá demandar esforços significativos da comunidade acadêmica e científica, que, até esse momento, se encontra em fase de definição de soluções técnicas que são, na verdade, problemas superficiais quando comparados ao problema real da formação de novos engenheiros.

1.1 Objetivo e justificativa

O objetivo deste artigo de pesquisa é desenvolver um novo método para o ensino da engenharia, de modo a atender as demandas da nova Revolução Industrial (KAGERMANN et al., 2016; GIFFI et al., 2015).

A intenção é revolucionar a forma de ensinar engenharia para as futuras gerações, tornando-a interessante, atrativa, dinâmica e eficaz na formação e na aprendizagem. Dessa forma, encurtando significativamente o tempo entre a transformação de aprendizagem em sabedoria para contribuir rapidamente com o crescimento do Brasil no contexto internacional da manufatura avançada (FNE, 2013; CNI, 2015; CNI, 2018).

A justificativa para esta pesquisa se dá pelo fato de a engenharia não estar preparada para formar os engenheiros necessários para a nova Revolução Industrial (NAENA, 2005; ARBIX et al., 2017), e pior, nem mesmo a metodologia de como fazer isso vem sendo abordada ou discutida profundamente pelos estudiosos do assunto.

Aparentemente, a única preocupação da nova Revolução Industrial continua sendo com o formato da manufatura avançada, e não quem irá realmente realizar a evolução técnico-científica (EOPUS, 2018).

No primeiro momento, negligenciar a inclusão das instituições de ensino da graduação acadêmica pode se tornar um entrave no desenvolvimento dessa tecnologia. Sabe-se que a implementação de qualquer nova metodologia de ensino na graduação precisa de tempo para ser planejada, além dos ajustes necessários na formação das primeiras turmas, de forma que os resultados possam ser medidos, corrigindo os possíveis pontos de deficiência para atingir a eficácia esperada.

2 O ensino das engenharias para a manufatura avançada

Espera-se que a efetivação dessa nova metodologia de ensino, desenvolvida a partir da fusão de técnicas modernas de aprendizagem, possa ser testada com sucesso no ensino da engenharia avançada nas instituições de ensino superior do país, de tal forma que ela acompanhe e seja útil na evolução da implementação consistente da manufatura avançada na próxima Revolução Industrial.

O método aqui descrito como sendo a fusão de metodologias de ensino, na verdade, molda a forma e a técnica, tendo por objetivo a união de várias especialidades em engenharia, como um caminho inverso do que fez a engenharia por tanto tempo. Deve-se ressaltar que, mesmo existindo a necessidade de unir novamente especialidades de engenharia, não será como antes e nem tão ampla. Entretanto será fato que o resultado será uma nova forma de ensinar engenharia para jovens que não precisam, e não querem, aprender da forma tradicional (SALERMO et al., 2013).

Inversão de responsabilidades entre estudantes e professores é fundamental para o sucesso dessa nova metodologia, na qual o papel principal dos professores será de orientar e direcionar como e onde encontrar o conhecimento escondido dentro de cada estudante. Os estudantes deverão perceber a importância em forjar seu conhecimento e aproveitar a chance de absorver de seus professores a experiência de vida profissional (NAENA, 2005; CNI, 2015; CNI, 2018), entendendo que o grande mestre na arte de aprender é fruto de seu próprio esforço, iniciativa e dedicação. As ferramentas de ensino para engenharia avançada devem auxiliar nesse processo de transformação de professor e estudante.

Para quantificar a evolução do processo de transformação do ensino em engenharia avançada será necessário olhar para o resultado e não para a forma. Dito isso, para avaliar um estudante fruto dessa nova metodologia, deve-se obter amostragens definidas em tarefas práticas a serem executadas, tanto no conceito de inovação quanto na eficácia (prazo, custo e resultado). Os problemas referentes aos desafios do dia a dia da manufatura avançada devem ser as melhores formas de avaliar o desempenho dos estudantes.

Assim sendo, obter e coletar os dados representativos do aprimoramento na aprendizagem será algo novo e, sem dúvida, desvinculado dos padrões estáticos e pontuais tradicionais de avaliações acadêmicas convencionais. O importante mesmo é avaliar o nível de sabedoria inovadora que surgirá da consolidação de aprendizagem em conhecimento para gerar ideias novas.

Fato é que o desinteresse pela forma tradicional de ensino em engenharia tem diminuído o número de estudantes interessados na profissão, além de contribuir também com a evasão escolar (FULLAN; SMITH, 2014; FNE, 2013).

Como mostram os relatórios da Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2015; CNI, 2018), poucos estudantes conseguem se formar e por diversos motivos. Entre esses motivos, estão: a lacuna existente entre a forma convencional de ensino e a dinâmica da vida moderna dos jovens.

É importante ter como meta, no ensino da engenharia, aplicar os conteúdos didáticos de forma mais inovadora, pois, entre as fragilidades das escolas de engenharia do Brasil, apontadas nos relatórios (CNI, 2015; CNI, 2018; FNE, 2013), tem-se:

- *Necessidade de desenvolver pensamento criativo e sólida base teórica, mas motivada pela solução de problemas, e com ênfase no fortalecimento das habilidades e das competências dos estudantes;*
- *Necessidade de desenvolver habilidades complementares à formação técnica, importantes para as estratégias de inovação;*
- *Excessivo número de especialidades de engenharia, reforçadas pelo arcabouço de sistemas e instituições voltadas para o credenciamento profissional;*
- *Elevada taxa de evasão;*
- *Baixa internacionalização dos cursos;*
- *Fraca interação com as empresas.*

Nota-se, claramente, a necessidade de mudança na forma de conduzir o ensino da engenharia no país. A necessidade de desenvolver pensamentos criativos, obtendo solução de problemas, com ênfase no fortalecimento das habilidades complementares dos estudantes, tanto para aumentar a inovação quanto para solidificar o conhecimento, são os alicerces das técnicas utilizadas para o ensino da nova engenharia.

A fraca interação com as empresas tem preocupado os professores de engenharia há muito tempo (KAGERMANN et al., 2016; GONZALEZ; KUENZI, 2012). A forte cobrança dos órgãos responsáveis pela avaliação da produção científica no Brasil, assim como a tradicional cultura nacional de pesquisa x indústria, não permitem que a grande maioria dos professores acadêmicos possam coexistir na indústria e na academia. Essa lacuna se traduz em profissionais acadêmicos que, mesmo muito capacitados tecnicamente e cientificamente, não conseguem contribuir de forma efetiva para a solução dos problemas nas indústrias nem para o fortalecimento da nação (WILTGEN, 2019).

A integração de especializações em engenharia, como esperado nessa nova metodologia, deve diminuir o grande leque de especializações, fruto da solução atual para a forma tradicional de ensino, no qual o conteúdo é considerado um empecilho, e não uma solução inteligente para o aprendizado integrado (BORDOGNA, et al., 1993).

Por fim, a internacionalização dos cursos pode vir a ser finalmente uma realidade. A metodologia aqui descrita, com a fusão de técnicas acadêmicas utilizadas nas escolas do mundo inteiro, pode ser a precursora de uma forma mais abrangente de ensinar a engenharia. Quem sabe, talvez, contemplando os conceitos e fundamentos em uma única metodologia para a realização da engenharia avançada global.

3 Ensino da engenharia avançada - resultados esperados e discussão

Essa nova metodologia, baseada na fusão de muitas formas de ensinar, tem como objetivo único aproveitar o melhor de todas as técnicas aqui contempladas (*hands-on, flipped classroom, STEM*, engenharia de sistemas & requisitos, entre outras) gerando uma semente para que a comunidade de acadêmicos e profissionais de engenharia possa dar início a uma ampla discussão do tema.

Pesquisas realizadas para entender a profundidade da implementação da manufatura avançada, como a realizada no estudo de Kagermann et al. (2016), mostra que os países estudados (EUA, Alemanha, Japão, Coreia do Sul, China e Reino Unido) ainda não estão preparados para a formação dos novos engenheiros e que, em um futuro próximo, devem ser absorvidos pelas instituições de ensino de graduação em engenharia e não desenvolverão a metodologia necessária para que o conhecimento dos estudantes possa ser transformado em sabedoria.

O investimento na formação de novos engenheiros não se traduz em valores comerciais rapidamente, mas, quando eles ocorrem de maneira substancial, resultados importantes são obtidos nas aplicações comerciais e de manufatura. O estudo apresentado por Giffi et al. (2015) mostra que o investimento na formação e na pesquisa acadêmica é parte importante para o crescimento da maturidade da manufatura avançada, e que se traduz na forma de retorno em tecnologia e inovações emergentes.

O estudo apresenta um arranjo chamado de “Ecossistema de inovação dos Estados Unidos da América” também conhecida como “Fábrica digital”, que, na verdade, envolve as universidades, o governo, as indústrias e centros de pesquisas, que são suportados pelo congresso, investidores de capital privado, governos estrangeiros e outras entidades (pesquisa e indústria). Curiosamente, o estudo apresenta uma classificação (*rank*) de tecnologias importantes para viabilizar a manufatura avançada Fig. 2, na qual é possível verificar que em nenhuma das dez posições de relevância apresentadas como importantes para a nova tecnologia consta a formação de novos engenheiros.

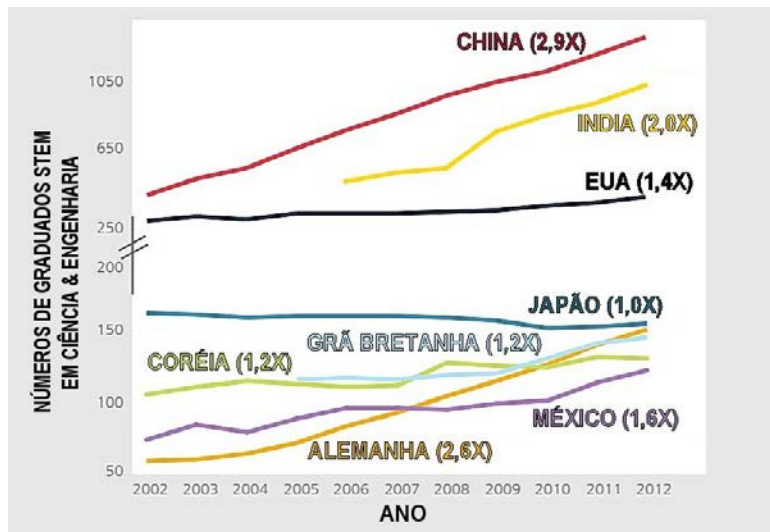
Figura 2 – Classificação das tecnologias importantes para a manufatura avançada



Fonte: Adaptado de Giffi et al. (2015)

A proposta é criar a engenharia avançada, que vai ao encontro do campo de estudo acadêmico que funde as áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, comumente chamado pelo acrônimo em inglês STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics – STEM*) (GONZALEZ; KUENZI, 2012; KOC; DEMIRBILEK, 2018). Muitos países têm investido na formação acadêmica do tipo STEM, as quais têm apresentado bons resultados nas inovações tecnológicas transferidas para o setor produtivo. Conforme pode ser visto na Fig. 3, há um crescente número de graduações em STEM no decorrer dos últimos anos e significativo aumento desse campo acadêmico em países como a China e a Índia.

Figura 3 – Número de graduados com formação acadêmica STEM 2002-2012



Fonte: Adaptado de Gonzalez; Kuenzi (2012)

O esforço físico empregado no desenvolvimento tecnológico baseado nos dispositivos modernos necessitará de uma nova metodologia de aprendizado, que reunirá diversas técnicas e metodologias de ensino para obter e sustentar o processo de manufatura avançada Fig. 4.

Na intenção de seguir na nova especialidade de engenharia aqui proposta como engenharia avançada, é preciso integrar conhecimentos e fortalecer os estudantes nos conteúdos principais demandados pela nova Revolução Industrial, adotando uma postura similar a do STEM, com a metodologia dos debates de *flipped classroom* em conjunto com a aprendizagem baseada em problemas e projetos, traduzindo o entendimento do problema no formato explícito de premissas e requisitos, como é feito na engenharia de sistemas e requisitos, e, finalmente, empregando as propostas de *hands-on*, baseada em experimentação, ensaios, testes e prototipação para a abordagem de diversas soluções técnicas para um problema.

De modo similar ao que é realizado na aprendizagem baseada em problemas e projetos (VALENTE, 2014), no qual o problema é dissecado por estudantes e professores de forma coletiva e colaborativa, em um estilo híbrido de ensino. No ensino híbrido serão aproveitadas partes mais interessantes de diversos métodos para obter um novo estilo de aprendizagem, no qual a abordagem é direcionada para a formação acadêmica de instituições de ensino superior em engenharia.

Figura 4 – Ecosistema de Fábrica Digital da Manufatura Avançada



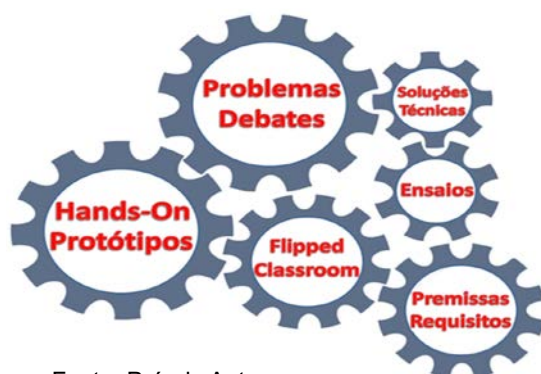
Fonte: Adaptado de Winterhoff et al. (2016)

É fato que a implementação consistente da engenharia avançada fará uso de novas técnicas e metodologias de ensino e aprendizagem, as quais ainda não foram completamente formatadas, tampouco aplicadas e testadas. Essa metodologia de ensino deve operar como um conjunto de engrenagens (KAGERMANN, et al., 2016; GIFFI, et al., 2015), no qual cada técnica de ensino possa se complementar para possibilitar o desenvolvimento da engenharia avançada, conforme pode ser visto na Fig.5.

Para a implementação dessa nova metodologia será necessário construir um documento técnico detalhado e conciso, na forma de um relatório, capaz de delinear as ações necessárias para a implementação da engenharia avançada.

Esse documento deve conter as especificações e os detalhes referentes ao uso de cada uma das técnicas e a integração entre elas, os cronogramas e os requisitos de implantação. Além disso, deve explicar sobre a forma de como implantar a metodologia nas instituições de ensino superior, avaliando e verificando os resultados alcançados.

Figura 5 – Fusão das técnicas de ensino para formar a nova metodologia de ensino para a engenharia avançada



Fonte: Próprio Autor

4 Conclusão e considerações finais

É fato que a comunidade de engenharia vem percebendo as mudanças necessárias para fortalecer e modificar a forma como a engenharia vem sendo aprendida nas escolas. Isto se reflete, também, no meio produtivo e nos profissionais que integram as empresas e indústrias.

Ter uma oportunidade ímpar, como uma Revolução Industrial, a poucos anos de ser efetivamente implementada é, sem dúvida, motivo para que todos possam atuar na mudança de direção e na forma de conduzir o ensino da engenharia no Brasil e no mundo. Sabe-se que essa mudança não ocorrerá apenas em um país, mas o Brasil pode assumir uma posição de destaque e vanguarda na nova metodologia de ensinar e formar futuros engenheiros, que serão capazes de alterar e de desempenhar papéis importantes na nova manufatura avançada.

A engenharia avançada deve ser a especialidade de maior impacto nessa Revolução Industrial, de tal forma que seja o mecanismo essencial para as inovações tecnológicas necessárias a serem desenvolvidas e efetivadas nos pátios industriais do Brasil e no mundo.

Referências

ARBIX, G.; SALERNO, M.S.; ZANCUL, E.; AMARAL, G.; LINS, L. M. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada - o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos Estudos**, São Paulo, v. 3, n. 3, nov. 2017.

AULBUR, W.; C. J, A.; BIGGHE, R. **Think ACT: beyon mainstream: skill development for Industry 4.0**. Monique: Roland Berger, 2014.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Rio de Janeiro, LTC, 2016.

BORDOGNA, J.; FROMM, E.; ERNEST, E. Engineering education: inovation through integration. **Journal of Engineering Education**. v. 82, n.1, p. 3-8, jan. 1993.

BRASÍLIA. Confederação Nacional da Indústria. **Fortalecimento das engenharias**. Brasília: CNI, 2015. Disponível em <www.seesp.org.br/site/images/CNI_MEI_FORTALECIMENTO_DAS_ENGENHARIAS.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

CONFEDERAÇÃO Nacional das Indústrias. **Destaque de inovação: recomendações para o fortalecimento e modernização do ensino de engenharia no Brasil**. Brasília: CNI, 2018. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/3/destaques-de-inovacao-recomendacoes-para-o-fortalecimento-e-modernizacao-do-ensino-de-engenharia-no-brasil>. Acesso em: 16 mar. 2019.

EXECUTIVE Office of the President of the United States. **Strategy for american leadership in advanced manufacturing: a report by the subcommittee on advanced manufacturing committee on technology of the National Science & Technology Council**. [S.l.] 2018. Disponível em: www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/10/Advanced-Manufacturing-Strategic-Plan-2018.pdf . Acesso em: 6 mar. 2014.

FEDERAÇÃO Nacional dos Engenheiros. **Só 44% dos alunos de engenharia da última década terminaram o curso**. Disponível em: www.fne.org.br/index.php/todas-as-noticias/2456-so-44-dos-alunos-deengenharia-da-ultima-decadaterminaram-o-curso. Acesso em: 16 mar. 2019.

FULLAN, M.; SMITH, G., **Technology and the problem of change: report**, 1999. Disponível em: www.michaelfullan.ca/media/13396041050.pdf. Acesso em: 6 mar. 2014.

GIFFI, C.; RODRIGUEZ, M.; GANGULA, B.; DIAZ, T.; CARBECK, J.; COTTELEER, M. J.,. **Advanced technologies initiative manufacturing & innovation**. [S.l.:s.n.], 2015.

GONZALEZ, H. B.; KUENZI, J. J. Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: a primer. **Congressional Research Service**. Washington, 2012.

GREENWALT, K. A. Dewey on teaching and teacher education, In: **Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory**. Chicago, 2016. Disponível em: www.researchgate.net/publication/314889208. Acesso em: 10 jan. 2019.

KAGERMANN, H.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; SCHUH, G.; WAHLSTER, W. **Industrie 4.0 in a global context: strategies for cooperating with international partners**. [S.l.]: Acatech Study, 2016.

KOC, M.; DEMIRBILEK, M. What is technology and what does it hold for STEM education, definitions, issues, and tools. In: **Research Highlights in STEM Education**. [S.l.]: ISRES Publishing, 2018.

NATIONAL Academy of Engineering. **Educating the engineer of 2020: adapting engineering education to the new century**. Washington: The National Academies Press, 2005. Disponível em: www.nap.edu/catalog/11338.html. Acesso em: 10 jan. 2019.

SALERMO, M. S.; TOLEDO, D. G. C.; GOMES, L. V.; LINS, L. M. Relatório engenharia data 2012: formação e mercado de trabalho em engenharia no Brasil. In: **Tendências e perspectivas da engenharia no Brasil**. São Paulo: IEL, 2013.

SIKANDAR, A, John Dewey and his philosophy of education, **Journal of Education and Educational Development**. v. 2, n. 2, p. 191-201, Dec. 2015.

VALENTE, J. A. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**. Curitiba: UFPR, v. 4, p. 79-97, 2014

WILTGEN, F. Protótipos e prototipagem rápida aditiva sua importância no auxílio do desenvolvimento científico e tecnológico. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO (COBEF), 10, São Carlos, 2019. **Anais** [...]. São Carlos: ABCM, 2019.

WINTERHOFF, M.; KEESE, S.; BOEHLER, C.; HOYES, C. **Think ACT**: beyon mainstream: digital factories. Monique: Report Roland Berger, 2016.

Sobre os autores

Filipe Wiltgen (L.F.W. Barbosa)

Doutor em Dispositivos Eletrônicos e Computação, na área de fusão termonuclear controlada utilizando inteligência artificial para controle do plasma de Tokamaks, pelo Instituto de Tecnologia de Aeronáutica (ITA) (2003). Mestre em Dispositivos Eletrônicos e Computação, na área de fusão termonuclear controlada utilizando controle de campos magnéticos para confinamento e produção de plasma em Tokamaks, pelo Instituto de Tecnologia de Aeronáutica (ITA) (1998). Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em eletrônica de potência pela Universidade de Taubaté (UNITAU) (1994). Atualmente, atua como professor do Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica e como coordenador e professor no curso de pós-graduação Especialização em Energia Solar Fotovoltaica na Universidade de Taubaté (UNITAU).

Avaliado em: 27.02.2020

Aceito em: 03.04.2020