

MODELO DE AVALIAÇÃO DE CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO COM FOCO NA INDÚSTRIA 4.0

CAPÍTULO 18

Rodrigo Gris de Souza; Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas
Universidade Federal Fluminense

RESUMO

Na Indústria 4.0, a produção torna-se inteligente e flexível para adequar capacidades produtivas e atender expectativas dos clientes. Nesse sentido, qualificar os profissionais é uma necessidade inadiável. Uma das vertentes de capacitação para a Indústria 4.0 são as instituições de ensino superior. A Engenharia de Produção apresenta-se como um dos pontos centrais, no fornecimento de profissionais que conduzirão processos de implementação da Indústria 4.0. Sendo assim, o objetivo do capítulo é propor um modelo para avaliação do curso de graduação em engenharia de produção, visando atender a demanda originada pela indústria 4.0. Inicialmente foi realizada a identificação dos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0 na revisão da literatura, seguido de um diagnóstico dos cursos hoje ofertados pelas universidades brasileiras e por fim validando o modelo em uma aplicação real. Com base na pesquisa bibliográfica e documental foi possível identificar que tanto a forma de ensino hoje utilizada como o conteúdo técnico precisam ser revisados/atualizados para atenderem à demanda da indústria 4.0. Após a aplicação da pesquisa foi verificado que os conhecimentos que possuem prioridade em sua implementação nos currículos são: *big data*, simulação avançada, estatística para grande quantidade de informação e realidade virtual. Portanto, este capítulo visa fornecer apoio e orientação aos coordenadores de cursos de graduação em engenharia de produção.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Capacitação. Conhecimento. Engenheiro de Produção.

SYSTEM FOR EVALUATING UNDERGRADUATE COURSES IN PRODUCTION ENGINEERING TO MEET THE DEMAND OF INDUSTRY 4.0

ABSTRACT

In Industry 4.0, production becomes intelligent and flexible to adapt production capabilities and meet customer expectations. In this sense, qualifying professionals is an urgent need. One of the training areas for Industry 4.0 is higher education institutions. Production Engineering presents itself as one of the central points in providing professionals who will lead Industry 4.0 implementation processes. Therefore, the objective is to propose a model for evaluating the undergraduate course in production engineering, aiming to meet the demand generated by industry 4.0. Initially, the knowledge required by industry 4.0 was identified in the literature review, followed by a diagnosis of the courses currently offered by Brazilian universities and finally validating the model in a real application. Based on bibliometric and documentary research, it was possible to identify that both the form of teaching used today and the technical content need to be revised/updated to meet the demands of industry 4.0. After applying the research, it was verified that the knowledge that has priority in its implementation in curricula are: *big data*, advanced simulation, statistics for large amounts of information and virtual reality. Therefore, this chapter aims to provide support and guidance to coordinators of undergraduate courses in production engineering.

Keywords: Industry 4.0. Training. Knowledge. Production engineer.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A inovação é o motor que permite aumentar a competitividade da indústria. Ao longo de décadas aconteceram as revoluções industriais, que foram desde a manufatura artesanal até a automação dos processos.

A primeira revolução industrial ocorreu no final do século XVIII e foi marcada pela invenção e utilização em diversos processos industriais de máquinas a vapor, considerando que anteriormente a produção era realizada de forma artesanal. A segunda revolução industrial se iniciou em meados do século XIX, caracterizada pela utilização de novas fontes de energia, a difusão dos meios de comunicação, como o rádio e a produção em massa. A terceira revolução industrial se iniciou em meados da década de 1970 e caracterizou-se pelo avanço das tecnologias e a informatização dos sistemas de produção.

Em 2011, na feira de Hannover (Alemanha), um novo conceito surgiu como parte da estratégia do governo alemão para o desenvolvimento de alta tecnologia para a manufatura do país. Nasceu assim, o termo Indústria 4.0, do alemão *Industrie 4.0*.

De acordo com Assante et al. (2019), a era da Indústria 4.0 precisa de profissionais com diferentes conhecimentos e habilidades que combinam tecnologia da informação e conhecimento de produção. A academia tem um papel vital no atendimento a essa necessidade, no entendimento das características do conhecimento e nas habilidades que devem ser transmitidas aos futuros engenheiros. Em resumo, a educação da Engenharia 4.0 deve se concentrar nas competências que levam à digitalização do setor de manufatura, com sensores incorporados em praticamente todos os componentes e equipamentos de manufatura, sistemas ciber-físicos onipresentes e análise de todos os dados relevantes.

De acordo com Hermann et al. (2015), o termo indústria 4.0 é conhecido também como a 4ª revolução industrial e se caracteriza por um conjunto de mudanças nos processos de manufatura, operação e sistemas relacionados à produção industrial. De acordo com Motyl et al. (2017), o surgimento da indústria 4.0 também tem levado as instituições acadêmicas a se interessar em possíveis mudanças que poderiam envolver a formação acadêmica dos jovens em geral e a aprendizagem de tópicos técnicos e de engenharia em particular. Os alunos de hoje devem lidar com um mundo cada vez mais globalizado, automatizado, em rede e flexível. Será que estão preparados para isso?

Sackey et al. (2016) destacam que a indústria 4.0 gera a necessidade de novos profissionais multifuncionais. Estes novos profissionais precisarão aprimorar cada dia mais seus conhecimentos acerca da tecnologia da informação e dos processos de produção onde ela pode e deve ser utilizada.

De acordo com Ciolacu et al. (2017), as conclusões do fórum econômico mundial em Davos 2016 foram: sete milhões de empregos, principalmente atividades clássicas de escritório, desaparecerão, porque a quarta revolução industrial varrerá empresas inteiras e modelos de negócios existentes. No mesmo período, serão criados dois milhões de novos empregos. Principal-

mente as pessoas no campo da ciência da computação, matemática, eletrônica, engenharia e tecnologia da informação se beneficiarão dessa mudança. O estudo “habilidades de alta tecnologia e liderança para a Europa” prevê uma lacuna de 500.000 profissionais de Tecnologia da Informação na Europa no ano de 2020.

Segundo Karre et al. (2017), na indústria 4.0 os trabalhadores terão uma participação muito maior em fazer tarefas complexas e indiretas, como colaborar com máquinas no seu trabalho diário. De acordo com Wahlster (2016), após o lançamento da “indústria 4.0”, em 2011, os trabalhos e artigos cresceram exponencialmente, saltando de 15 em 2011 e atingindo 12.588 em 2015, de acordo com o banco de dados Genios da Alemanha.

A partir do contexto é necessário questionar se os conhecimentos hoje existentes no currículo/ementa das disciplinas do curso de engenharia de produção contemplam os conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.

Desta forma, o objetivo geral do capítulo é desenvolver uma sistemática para avaliar a aderência do curso de engenharia de produção perante os conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.

2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem por objetivo descrever os principais aspectos encontrados na pesquisa bibliográfica.

2.1 A Indústria 4.0

De acordo com Motyl et al. (2017), o foco da indústria 4.0 é criar produtos, procedimentos e processos inteligentes. As fábricas inteligentes constituem a característica chave desta estrutura. A indústria 4.0 tem que ser implementada de forma interdisciplinar. Herter e Ovtcharova (2016) citam que a indústria 4.0 requer uma estreita integração de componentes físicos e sistemas de TI para o desenvolvimento e aplicação, o que requer um profundo conhecimento de especialistas que participam do processo de desenvolvimento dos produtos.

De acordo com Spottl (2017), a indústria 4.0 segue um conceito mais abrangente de interconectividade, que pretende avaliar e inter-relacionar todas as etapas de um processo de criação de valores. Espera-se que a “inteligência da interconectividade” abranja toda a fábrica, na qual máquinas inteligentes devem organizar os processos de produção por si mesmas, até o ponto de cuidar da logística envolvida. O homem detém na indústria 4.0 a posição central de dirigir e gerenciar o processo.

De acordo com Ciolacu et al. (2017), a indústria 4.0 trabalha em quatro princípios: interconexão (Internet das Coisas, Internet de Serviços, Internet das Pessoas, colaboração, padrões de comunicação e segurança cibernética), decisão descentralizada (Cyber Physical Os sistemas tomam decisões de forma autônoma), transparência das informações (gêmeos digitais, ambiente digital, análise de dados) e assistência técnica (os sistemas físicos cibernéticos dão suporte aos seres humanos realizando tarefas por meio de sensores).

De acordo com Meissner et al. (2017), com a indústria 4.0, os sistemas de produção devem se tornar mais flexíveis em relação às demandas dos clientes, o que resulta em pequenos lotes de produção e um aumento da complexidade. O autor cita que a indústria 4.0 vai requerer a descentralização da estrutura de produção.

Segundo Karre et al. (2017), o termo “indústria 4.0” descreve a visão das fábricas automatizadas e inteligentes, nas quais os trabalhadores, o sistema de produção e até mesmo os clientes estão conectados.

Segundo Gehrke et. al (2015), a indústria 4.0 apresenta o princípio da integração vertical e horizontal. A fusão do planejamento e desenvolvimento da produção é a integração vertical. A produção em rede, os sensores, troca de dados e comunicação entre empresas, serão a integração horizontal.

De acordo com Quadro 1, verifica-se que o tema Indústria 4.0 tem sido discutido no meio científico.

Quadro 1 Estado da arte – artigos na literatura referentes à indústria 4.0.

Autor	Artigo	Ano	Resumo
SAKUNKA, Tumelo; MARNEWICK, Annlize; PRETORIUS	Industry 4.0 competencies for a control systems engineer	2019	Este artigo identifica as competências exigidas pela indústria 4.0 para um engenheiro de sistemas e controle. O artigo cita que tecnologias como sistemas ciber-físicos (CPS), Internet das coisas (IoT) e fábricas inteligentes introduzem novas oportunidades e desafios para a força de trabalho, a fim de implementar essas tecnologias.
HERTER, Johannes; OVTCHAROVA, Jivka	A model based visualization framework for cross discipline collaboration in industry 4.0 scenarios.	2016	Cita que, na indústria 4.0, o entendimento mútuo entre especialistas de vários conhecimentos é ponto-chave para o planejamento e a preparação de cenários de produção bem-sucedidos.
MEISSNER, Hermann; ILSENER, Rebecca; AURICH, Jan C.	Analysis of control architectures in the context of industry 4.0	2017	A indústria 4.0 é um tópico de pesquisa atual no campo da engenharia de produção.
TUPA, Jiri; SIMOTA, Jan; STEINER, Frantisek	Aspects of risk management implementation for industry 4.0	2017	A indústria 4.0 é um método comparativamente novo de gerenciamento de processos de produção.
COHEN, Yuval; FACCIO, Maurizio; GALIZIA, Francesco Gabriele; MORA, Cristina; PILATI, Francesco	Assembly system configuration through industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms	2017	A indústria 4.0 cria o que foi chamado de “fábrica inteligente”. Os sistemas ciberfísicos monitoram processos físicos e possibilitam decisões descentralizadas.

Quadro 1 Estado da arte – artigos na literatura referentes à indústria 4.0 (*continuação*).

Autor	Artigo	Ano	Resumo
BORTOLINI, Marco; FERRARI, Emilio; GAMBERI, Mauro, PILLATI, Francesco; FACCIO, Maurizio	Assembly system design in the industry 4.0 era: a general framework	2017	A última revolução industrial, conhecida como indústria 4.0, utiliza máquinas conectadas à internet para fabricar produtos projetados pelo cliente, tendo, portanto, impacto sobre o design do sistema de produção.
PERUZZINI, Margherita; GRANDI, Fabio; PELLICCIARI, Marcello	Benchmarking of tools for User eXperience analysis in industry 4.0	2017	Define um conjunto de ferramentas a serem aplicadas no cenário da indústria 4.0 para garantir o bem-estar dos trabalhadores, segurança e satisfação e para melhorar o desempenho global da fábrica.
HECKLAU, Fabian; GALEITZKE, Mila; FLACHS, Sebastian; KOHL, Holger	Holistic approach for human resource management in industry 4.0	2016	O número de postos de trabalho com alto nível de complexidade aumentará. O desafio é qualificar os funcionários para mudar suas capacidades para processos mais complexos.
MOTYL, Barbara; BARONIO, Gabriele; UBERTI, Stefano; SPERANZA, Domenico; FILIPPI, Stefano	How will change the future engineers' skills in the industry 4.0 framework? A questionnaire survey	2017	A indústria 4.0 representa um dos temas mais desafiadores para o design e também para a capacitação dos engenheiros. O artigo aborda quais as habilidades necessárias e a experiência de que os engenheiros irão precisar perante as necessidades da indústria 4.0.
WITTENBER, Carsten	Human-CPS Interaction – requirements and human-machine interaction methods for the industry 4.0	2016	Na indústria 4.0, na fase de projeto, os engenheiros devem lidar com maior complexidade. Na fase operacional, os operadores e técnicos de manutenção devem manter os sistemas de produção em funcionamento.
SUNG, Tae Kyung.	Industry 4.0: A Korea perspective	2017	A indústria 4.0 requer que se mantenha a integridade dos processos de produção
BAENA, Felipe; GUARIN, Alvaro; MORA, Julian; SAUZA, Joel; RETAT, Sebastian.	Learning factory: The path to industry 4.0	2017	Na indústria 4.0, as fábricas de aprendizagem mostraram-se eficazes para o desenvolvimento de conhecimento teórico e prático em um ambiente de produção real.
LONG, F.; ZEILER, P.; BERTSCHE, B.	Modelling the flexibility of production systems in industry 4.0 for analysing their productivity and availability with high-level Petri nets	2017	A indústria 4.0 caracteriza-se por uma produção altamente flexível. A produção orientada para o cliente leva a sistemas complexos de produção, que precisam ser modelados e otimizados.

Quadro 1 Estado da arte – artigos na literatura referentes à indústria 4.0 (*continuação*).

Autor	Artigo	Ano	Resumo
EROL, Selim; JÄGER, Andreas; HOLD, Philipp; OTT, Karl; SIHN, Wilfried.	Tangible industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production	2016	Conceitos bastante realistas, como a internet das coisas, a utilização dos dados salvos na “nuvem” e a fabricação inteligente são os “drivers” da chamada quarta revolução industrial, comumente referida como indústria 4.0.
MRUGALSKA, Beata; WYRWICKA, Magdalena K.	Towards lean production in industry 4.0	2017	Um novo paradigma chamado indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial surgiu recentemente no setor de manufatura. Permite criar uma rede inteligente de máquinas, produtos, componentes em toda a cadeia de valor para ter uma fábrica inteligente.

Fonte: Dos autores (2024).

Segundo Meissner et al. (2017), apesar da relevância da indústria 4.0 na área de produção e do elevado número de publicações, a indústria 4.0 não foi claramente definida.

De acordo com Cordeiro et al. (2017), as principais tecnologias e conceitos no contexto da indústria 4.0 estão listados no Quadro 2.

Quadro 2 Tecnologias da indústria 4.0.

Tema	Tecnologia /Conceitos
Fábrica Inteligente	Sistemas Ciberfísicos ou <i>Cyber-Physical Systems</i> (CPS)
	Sistemas Embarcados
	Identificador por Radiofrequência ou <i>Radio-Frequency Identification</i> (RFID)
	Internet das Coisas ou <i>Internet of Things</i> (IoT)
	Internet dos Serviços ou <i>Internet of Services</i> (IoS)
	Automação
	Modularização/Pré-fabricação
	Manufatura Aditiva
	Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto ou <i>Product-Lifecycle-Management</i> (PLM)
Simulação e Modelagem	Robótica
	Interação Homem-Computador ou <i>Human-Computer-Interaction</i> (HCI)
	Ferramentas de Simulação
	Modelos de Simulação
	Realidade Aumentada ou <i>Augmented Reality</i> (AR)
Realidade Virtual ou <i>Virtual Reality</i> (VR)	
Realidade Mista ou <i>Mixed Reality</i> (MR)	

Quadro 2 Tecnologias da indústria 4.0 (*continuação*).

Tema	Tecnologia /Conceitos
Digitalização e Virtualização	Computação em Nuvem
	<i>Big Data</i>
	Computação Móvel
	Mídia Social
	Digitalização

Fonte: Modificado de Cordeiro et al. (2017).

A indústria deve colaborar com as universidades.

2.2 A Engenharia de Produção – Universidades Brasileiras

O CONFEA (1975) emitiu a resolução nº 235, remetendo para a resolução CONFEA 218 de 29/06/1973 as atividades do engenheiro de produção. O CONFEA (1983) também emitiu a resolução nº 288 que considerou que o curso de engenharia poderia ser dividido em seis grandes áreas e que cada uma poderia adibir formações em engenharia de produção e engenharia industrial.

A engenharia de produção desenvolveu-se, ao longo do século XX, em resposta às necessidades de desenvolvimento de métodos e técnicas de gestão dos meios produtivos demandada pela evolução tecnológica e mercadológica. Enquanto que os ramos tradicionais da engenharia, cronologicamente seus precedentes, evoluíram na linha do desenvolvimento da concepção, fabricação e manutenção de sistemas técnicos, a engenharia de produção veio a concentrar-se no desenvolvimento de métodos e técnicas que permitissem otimizar a utilização de todos os recursos produtivos.

O perfil do engenheiro de produção bem como suas competências profissionais e as habilidades desejadas seguem as diretrizes formuladas pelo Conselho Nacional de Educação (CNE, 2002).

De acordo com Santos et al. (2005), dentre as habilidades e competências do engenheiro de produção, o mesmo deverá ser capaz de:

- ◆ Dimensionar e integrar recursos físicos, humanos e financeiros a fim de produzir, com eficiência e ao menor custo, considerando a possibilidade de melhorias contínuas;
- ◆ Utilizar ferramental matemático e estatístico para modelar sistema de produção e auxiliar na tomada de decisões;
- ◆ Projetar, implementar e aperfeiçoar sistemas, produtos e processos, levando em consideração os limites e as características das comunidades envolvidas;
- ◆ Prever e analisar demandas, selecionar tecnologias projetando produtos ou melhorando suas características e funcionalidades;
- ◆ Incorporar conceitos e técnicas da qualidade em todo o sistema produtivo, tanto nos seus aspectos tecnológicos quanto organizacionais, apri-

morando produtos e processos e produzindo normas e procedimentos de controle e auditoria;

- ◆ Prever a evolução dos cenários produtivos, percebendo a interação entre as organizações e os seus impactos sobre a competitividade;
- ◆ Acompanhar os avanços tecnológicos, organizando-os e colocando-os a serviço da demanda das empresas e da sociedade;
- ◆ Gerenciar e otimizar o fluxo de informação nas empresas utilizando tecnologias adequadas.

De acordo com a ABEPRO (2008), são consideradas subáreas de conhecimento tipicamente afetas à Engenharia de Produção:

- ◆ Engenharia de Operações e Processos da Produção;
- ◆ Logística;
- ◆ Pesquisa Operacional;
- ◆ Pesquisa Operacional;
- ◆ Engenharia do Produto;
- ◆ Engenharia Organizacional;
- ◆ Engenharia Econômica;
- ◆ Engenharia do Trabalho;
- ◆ Engenharia da Sustentabilidade.

Kleindienst et al. (2016) aborda que na indústria 4.0 as tarefas serão complexas e exigirão a colaboração com máquinas. Além disso, a principal tarefa para os trabalhadores será a observação e regulação de processos complexos altamente automatizados. Portanto, as habilidades e as competências dos trabalhadores irão se alterar. O trabalho industrial irá se tornar mais intensivo em conhecimento, fazendo com que o trabalho cognitivo se torne cada vez mais relevante na indústria de transformação.

De acordo com Assante et al. (2019), as novas habilidades solicitadas estão estritamente relacionadas tanto às novas tecnologias quanto aos novos modelos de negócios. Alguns deles derivam da adaptação de habilidades consolidadas às características da indústria 4.0. Eles podem ser básicos ou transversais, são habilidades de processo e conteúdo, mas também habilidades sociais, técnicas, de gerenciamento de recursos e sistemas. Eles compreendem a capacidade de interagir com máquinas, análise de dados, planejamento e programação; mas também negociação, colaboração, formação de equipes, flexibilidade, capacidade de aprendizado rápido, apresentação do trabalho, detecção e solução de problemas, iniciativa autônoma.

Consultando o sítio eletrônico de seis universidades públicas brasileiras, verificou-se que a grade curricular do curso de engenharia de produção está elencada nas disciplinas de acordo com a Tabela 1.

A grande parte das disciplinas no curso de engenharia de produção estão voltadas para os processos produtivos. Quando se analisa as disciplinas relacionadas com informática e estatística, que são uns dos pilares da indústria 4.0, percebe-se que foram elaboradas sem contemplar os conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.

Tabela 1 Principais disciplinas das universidades que poderiam contemplar conhecimentos da indústria 4.0.

Assunto	Disciplina	UFF	UFRJ	UNICAMP	USP	UFRGS	UFPE
Introdução à Engenharia de Produção	Introdução à Engenharia de Produção	X	X	X	X	X	X
	Ciência, tecnologia e sociedade no contexto da Engenharia de Produção	X					
Estatística	Probabilidade e Estatística		X				X
	Estatística aplicada para Engenharia	X				X	
	Controle Estatístico da Qualidade			X			X
	Técnicas de Simulação na Produção						X
	Análise de Series temporais						X
Informática	Introdução a projeto de banco de dados	X					
	Introdução à ciência dos dados e à informação			X			
	Introdução à Computação				X		
	Informática Industrial					X	
	Programação Computacional Aplicada à Engenharia de Produção					X	
	Programação de Computadores I e II		X				
	Sistemas de Informação				X	X	
	Programação de computadores	X					
	Técnicas de CAD		X				
	Projeto assistido por computador	X					
	Projeto assistido por computador I	X					
	Técnicas computacionais de produção	X					
	Gestão da Tecnologia da Informação						X
Planejamento e Gestão da Produção	Manufatura Integrada por Computador						X
	Fundamentos de Inteligência Artificial						X
	Engenharia de métodos I e II	X	X				X
	Estudos de movimentos e tempos	X					
	Novas formas de gestão da produção	X					
	Modelagem e Otimização de Sistemas de Produção				X		
	Modelagem e Simulação de Sistemas de produção				X		
	Organização do Trabalho na Produção		X		X		
	Sistemas Produtivos I e II					X	
	Processos Industriais 1,2, 3 e 4						X
	Estratégia de Produção						X
	Planejamento e controle de produção I e II	X					
	Planejamento estratégico industrial I	X	X			X	
	Planejamento das Instalações		X				
	Técnicas de elaboração de cenários prospectivos	X					
	Projeto de Fábrica			X	X	X	
	Introdução ao Projeto de Máquinas				X		
Noções Gerais dos Processos de Manufatura			X				
Laboratório de Engenharia I			X				
Gestão Integrada de Cidades Inteligentes				X			
Gestão da Inovação						X	
Laboratório Engenharia de Produção						X	
Planejamento do Arranjo Físico						X	

Fonte: Dos autores (2024).

2.3 Conhecimento e Competência para a Indústria 4.0

Volpe (2019), no Quadro 8 aborda os principais desafios da Indústria 4.0. Vale destacar a formação e desenvolvimento dos profissionais e o desenvolvimento das habilidades e competências. Estes desafios foram levantados considerando os relatórios emitidos pelos países (Alemanha, EUA, China e Brasil). Estes relatórios traçam um roteiro para um processo de implementação da indústria 4.0.

Quadro 3 Matriz de desafios da Indústria 4.0.

INDÚSTRIA 4.0	MATRIZ DE DESAFIOS				
	PAÍS	ALEMANHA	CHINA	EUA	BRASIL
	ANO	2013	2015	2016	2016
HUMANOS	Gestão de Engenharia				X
	Novas Profissões	X		X	X
	Novo Modelo de Gestão de RH				X
	Cursos Multidisciplinares			X	
	Revisão dos Cursos de Engenharia			X	
	Novas Habilidades e Competências	X	X	X	
	Conexão de Pessoas	X		X	
	Qualificação da Força de Trabalho	X		X	
	Fomento à Formação Tecnológica			X	
	Programas de Formação	X	X	X	
	Idiomas		X		
	Formação de Grupos de Trabalho	X			
TÉCNICOS	Novos Equipamentos			X	X
	Adaptação de Layout				X
	Aumento de Cooperação	X		X	X
	Desenvolvimento Tecnológico		X	X	X
	Aplicação nas Cadeias Produtivas	X		X	X
	Melhoria da Infraestrutura	X	X	X	X
	Planejamento Estratégico				X
	Inovação		X	X	
	Aumento da Capacidade de Produção			X	
	Comunicação e Compartilhamento	X		X	
	Criar Ciclo de Valor			X	
	Aumento Demanda de Energia		X		
	Aspectos Ambientais		X		
	Gestão de Sistemas Complexos	X			
Eficiência Energética	X				

Fonte: Volpe (2019).

Vários autores citam, em seus artigos, os conhecimentos requeridos para a indústria 4.0. O Quadro 4 apresenta os principais conhecimentos e competências referenciados na literatura.

Quadro 4 Conhecimentos e competências para a indústria 4.0.

Conhecimento/competência	Característica	Objetivo	Artigo
<ul style="list-style-type: none"> • Simulação avançada e capacidade de modelagem de plantas virtuais 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta disciplina fornecerá informações para os engenheiros atuarem na otimização das operações e as configurações da máquina no modo virtual 	<ul style="list-style-type: none"> • A simulação (planta virtual) permite a otimização de sistemas industriais • A natureza em tempo real das entradas e saídas da indústria 4.0 torna a simulação em tempo real e a virtualização de plantas indispensáveis nas operações das plantas 	Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context
<ul style="list-style-type: none"> • Interface entre humanos e máquinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecer conhecimento para que se possa formar o “coordenador de robô” 	<ul style="list-style-type: none"> • Robôs devem estar presentes em toda a indústria 4.0 	Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de realidade aumentada 	<ul style="list-style-type: none"> • Simular situações reais auxiliando na tomada de decisão 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerar ganho de produtividade 	Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context
<ul style="list-style-type: none"> • Impressão 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • As peças e produtos serão cada vez mais customizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricar peças em um único passo. 	Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context
<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia Computacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas industriais serão cada vez mais automatizadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Entender de lógica de programação a fim de contribuir para a melhoria do processo 	Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context
<ul style="list-style-type: none"> • Interface homem-máquina 	<ul style="list-style-type: none"> • Robôs estarão cada vez mais presentes • Robótica colaborativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar robôs avançados e amigáveis que estarão onipresentes na indústria 4.0 	Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de inventário e logístico em tempo real 	<ul style="list-style-type: none"> • Com o processo sendo descentralizado, é necessário aprimorar o sistema logístico 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar e monitorar peças e produtos na cadeia de produção 	Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context

Quadro 4 Conhecimentos e competências para a indústria 4.0 (*continuação*).

Conhecimento/competência	Característica	Objetivo	Artigo
<ul style="list-style-type: none"> Fábrica de aprendizado 	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta as habilidades e qualificações de gestão industrial de estudantes, incluindo organização do trabalho, gerenciamento de logística, planejamento, fabricação enxuta e eficiência 	<ul style="list-style-type: none"> Habilitar a aprendizagem orientada para a prática em um ambiente próximo da realidade industrial 	Transition towards an industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology
<ul style="list-style-type: none"> Inter-relações entre os componentes elétricos, mecânicos e de computador Métodos estatísticos e técnicas de análise de dados 	<ul style="list-style-type: none"> Pensamento abstrato e modelagem com o apoio de software especializado Utilização de cenários estruturados com descrição de problemas do mundo real 	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolver estratégias inovadoras, produtos e processos para resolver problemas de qualidade 	Tangible industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production
<ul style="list-style-type: none"> Conhecimento de processo 	<ul style="list-style-type: none"> Controlar e supervisionar os processos automatizados Conhecimento da documentação técnica Maior complexidade do processo exige entendimento mais amplo e profundo do processo 	<ul style="list-style-type: none"> Analisar as causas de erro e executar o controle de qualidade dos produtos na saída 	Requirements for education and qualification of people in industry 4.0 Holistic approach for human resource management in industry 4.0
<ul style="list-style-type: none"> Resolução de conflitos 	<ul style="list-style-type: none"> Maior orientação de serviço aumenta o relacionamento com os clientes; os conflitos precisam ser resolvidos 	<ul style="list-style-type: none"> Garantir a fidelidade dos clientes 	Holistic approach for human resource management in industry 4.0
<ul style="list-style-type: none"> Eficiência na tomada de decisão 	<ul style="list-style-type: none"> Uma vez que os funcionários têm maior responsabilidade pelo processo, eles devem tomar suas próprias decisões 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas complexos precisam ser resolvidos de forma mais eficiente, analisando, por exemplo, quantidades crescentes de dados 	Holistic approach for human resource management in industry 4.0
<ul style="list-style-type: none"> Habilidades analíticas 	<ul style="list-style-type: none"> Estruturar e examinar grandes quantidades de dados e processos complexos torna-se obrigatório 	<ul style="list-style-type: none"> Tomar decisão rápida e com base nos dados existentes 	Holistic approach for human resource management in industry 4.0
<ul style="list-style-type: none"> Trabalho em equipe 	<ul style="list-style-type: none"> O trabalho crescente da equipe e o trabalho compartilhado em plataformas esperam a capacidade de seguir as regras da equipe 	<ul style="list-style-type: none"> Obter um bom ambiente de trabalho (ambiência) de forma a permitir que a equipe possa dar o melhor de si. 	Holistic approach for human resource management in industry 4.0

Quadro 4 Conhecimentos e competências para a indústria 4.0 (*continuação*).

Conhecimento/competência	Característica	Objetivo	Artigo
<ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de aprender de forma autônoma, de modo a lidar com situações e contextos desconhecidos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência e da tecnologia (atualização permanente) 	<ul style="list-style-type: none"> • Assumir a postura investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, a produção de novos conhecimentos e desenvolvimento de novas tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar (atualizar) constantemente • Estar disposto à constante mudança/atualização da tecnologia 	Inovação na educação em Engenharia - Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Engenharia
<ul style="list-style-type: none"> • Colaboração a distância 	<ul style="list-style-type: none"> • Criar conexões tanto presenciais quanto virtuais • Compartilhar ideias e ser produtivo apesar da separação física 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrar presença como membro de uma equipe virtual • Desenvolver estratégias para envolver e motivar um grupo disperso 	Future Work Skills 2020, University of Phoenix Research Institute
<ul style="list-style-type: none"> • Pensamento adaptativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Proficiência em pensar e chegar com soluções e respostas além daquilo que é o padrão 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de responder e se adaptar a situações inesperadas que requerem resposta rápida 	Future Work Skills 2020, University of Phoenix Research Institute
<ul style="list-style-type: none"> • Análise de dados 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de traduzir grandes quantidades de dados em conceitos abstratos e para compreender o raciocínio baseado em dados 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de analisar grande quantidade de dados e realizar de forma rápida análise estatística e quantitativa 	Future Work Skills 2020, University of Phoenix Research Institute
<ul style="list-style-type: none"> • Transdisciplinaridade 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de entender conceitos em várias disciplinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Trazer uma compreensão profunda de pelo menos um campo, mas ter a capacidade de conversar na linguagem de uma gama mais ampla de disciplinas 	Future Work Skills 2020, University of Phoenix Research Institute

Fonte: Dos autores (2024).

2.4 Conhecimentos Encontrados na Revisão da Literatura

Podemos resumir os conhecimentos elencados pela revisão da literatura no Quadro 5. Vale ressaltar que o objetivo do número de citações é identificar qual conhecimento tem sido mais abordado nas discussões dos autores.

Quadro 5 Conhecimentos e temas referenciados na revisão bibliográfica.

Conhecimento/tema abordado na revisão da literatura	Referências	Quantidade de citações
Internet das coisas (IoT)	Meissner et al. (2017) Schwab (2016) Tupa et al. (2017) Wahlster (2016) Zhong et al. (2017) Assante et al. (2019) Motyl et al. (2017) Ciolacu et al. (2017) Sakuneka et al. (2019) Bortolini et al. (2017) Erol et al. (2016) Mikhailov et al. (2018) Cordeiro et al. (2017)	13
Sistemas ciberfísicos	Meissner et al. (2017) Sung (2017) Zhong et al. (2017) Mendoza et al. (2018) Ciolacu et al. (2017) Motyl et al. (2017) Herter e Ovtcharova (2016) Spottl (2017) Gehrke et. al (2015), Mrugalska et al. (2017) Sakuneka et al. (2019) Mrugalska e Wyrwicka (2017) Mikhailov et al. (2018) Cordeiro et al. (2017)	15
Realidade virtual	Schwab (2016) Sung (2017) Mendoza et al. (2018) Ciolacu et al. (2017) Mrugalska et al. (2017) Long et al. (2017) Mikhailov et al. (2018) Cordeiro et al. (2017)	8
Impressão 3D	Schwab (2016) Mrugalska et al. (2017) Sackey et al. (2016) Erol et al. (2016) Mendoza et al. (2018) Benesova e Tupa (2017) Herter e Ovtcharova (2016) Gehrke et al. (2015) Cordeiro et al. (2017)	9

Quadro 5 Conhecimentos e temas referenciados na revisão bibliográfica (*continuação*).

Conhecimento/tema abordado na revisão da literatura	Referências	Quantidade de citações
<i>Big Data</i>	Sung (2017) Mrugalska et al. (2017) Mendoza et al. (2018) Erol et al. (2016) Mendoza et al. (2018) Ciolacu et al. (2017) Spottl (2017) Cordeiro et al. (2017)	8
Dados na nuvem	Zhong et al. (2017) Assante et al. (2019) Mendoza et al. (2018) Erol et al. (2016) Ciolacu et al. (2017) Cordeiro et al. (2017)	6
Fábrica de aprendizagem	Zhong et al. (2017) Erol et al. (2016) Mendoza et al. (2018) Benesova e Tupa (2017) Motyl et al. (2017) Spottl (2017) Karre et al. (2017) Mrugalska et al. (2017) Sakuneka et al. (2019) Bortolini et al. (2017) Erol et al. (2016) Tupa et al. (2017) Baena et al. (2017)	13
Simulação avançada	Sackey et al. (2016) Benesova e Tupa (2017) Motyl et al. (2017) Karre et al. (2017) Peruzzini et al. (2017) Mikhailov et al. (2018) Cordeiro et al. (2017)	7
Realidade aumentada	Sackey et al. (2016) Benesova e Tupa (2017) Karre et al. (2017) Peruzzini et al. (2017) Long et al. (2017) Mikhailov et al. (2018) Cordeiro et al. (2017)	7
Logística em tempo real	Hermann et al. (2015) Tupa et al. (2017) Karre et al. (2017) Bauer et al. (2015) Mikhailov et al. (2018) Santos et al. (2017)	6

Fonte: Dos autores (2024).

Em resumo, a revisão da literatura nos traz um apanhado dos conhecimentos que tem sido discutido nos artigos científicos. Já se inicia um debate sobre a necessidade de revisão do conteúdo dos cursos, principalmente dos tópicos técnicos.

3. MÉTODO

Com base nos objetivos deste capítulo, este estudo possui sua vertente exploratória e descritiva. As pesquisas exploratórias consideram a compreensão dos fenômenos e podem ser aplicadas antes da elaboração da etapa do estudo confirmatório, conforme Malhotra, Birks e Wills (2012).

De forma a resumir com seus respectivos objetivos as etapas citadas acima, foi elaborada a Figura 1.

Sistemática de avaliação de alinhamento entre curso tradicional x curso dedicado a formar profissionais 4.0					
Revisão da Literatura		Realização de Diagnóstico		Elaboração e Aplicação da Sistemática	
Etapa 1 Revisão da Literatura	Etapa 2 Conhecimento atualmente desenvolvidos nos cursos de Engenharia de Produção	Etapa 3 Elaboração e aplicação de questionário	Etapa 4 Análise das respostas	Etapa 5 Elaboração da Sistemática	Etapa 6 Aplicação da sistemática
Objetivo Identificar os conhecimentos do engenheiro de produção, requeridos para a indústria 4.0	Objetivo Identificar os conhecimentos de hoje desenvolvidos nos cursos de Engenharia de Produção	Objetivo Identificar a visão de coordenadores e professores da eng. de produção sobre as prioridades e importância dos conhecimentos para a formação de profissionais para a indústria 4.0	Objetivo Analisar a percepção dos coordenadores e professores da eng. de produção sobre os conhecimentos requeridos para a formação do engenheiro 4.0	Objetivo Elaborar a sistemática para avaliar se os conhecimentos do projeto pedagógico do curso estão aderentes para formar profissionais para a indústria 4.0.	Objetivo Aplicar a sistemática no curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense
Base de dados • Scopus • Science Direct	• Ministério da Educação (MEC) • Sites de Universidades Brasileiras	• Questionário para coordenadores e prof. Engenharia de Produção • 41 respondentes	• Análise estatística descritiva com suporte da linguagem de programação R	• Diagnóstico realizado • Utilização do VBA formulários (UseForm) - excel	Aplicação prática da sistemática

Figura 1 Etapas para a pesquisa. Fonte: Dos autores, 2020.

- ♦ A primeira base está relacionada com a revisão da literatura. Nesta etapa, o objetivo foi, através de uma análise qualitativa, identificar as lacunas na comunidade científica quanto à formação do engenheiro de produção à luz dos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0. Esta etapa foi basicamente qualitativa. Utilizou-se a base de dados SCOPUS e SCIENCE DIRECT, considerando que estas bases possuem grande número de citações de literaturas científicas e também pela facilidade dos autores em ter acesso a esses periódicos. Foram utilizadas as palavras-chave *Industry 4.0*, *Production Engineering*, *Skills, knowledge and Disciplines of Production Engineering*. Estas palavras chaves foram definidas devido a sua relevância para o setor da indústria 4.0 e o impacto que elas poderiam gerar nos sistemas educacionais em geral, particularmente na capacitação do engenheiro.

Considerando que o tema central do estudo são os conhecimentos na formação do engenheiro de produção para a indústria 4.0, os artigos selecionados / priorizados foram aqueles em que o título, palavras-chave ou o resumo do artigo citava e/ou englobava este tema.

Com base nas definições acima, foram selecionados 921 artigos nas duas bases. Após o refinamento, 18 artigos foram definidos, pois de uma forma global ou parcial, abordavam o tema central do estudo. Ainda são poucos os artigos que têm debatido a necessidade de revisão do projeto pedagógico do curso de engenharia. Em virtude desta lacuna na literatura, este estudo tem o objetivo de explorar esta vertente. A pesquisa ocorreu entre outubro de 2017 e janeiro de 2020.

- ◆ Na segunda base, foi realizado um diagnóstico, com base nas lacunas identificadas nos artigos publicados. Esta etapa foi suportada por um instrumento survey, através da aplicação de um questionário. A aplicação do questionário foi realizada, presencialmente, durante o XXIV Encontro Nacional de Coordenadores de Curso de Graduação e Pós-Graduação de Engenharia de Produção, organizado pela ABEPRO e que ocorreu em 2019, em Goiânia. Esta etapa se encerrou com a análise crítica das respostas, portanto, esta é uma etapa quantitativa.
- ◆ A última base teve por objetivo a elaboração e aplicação da sistemática em um curso de engenharia de produção.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Resposta aos Questionários

4.1.1 Perfil do respondente

Os questionários foram aplicados de forma presencial durante o XXIV Encontro Nacional de Coordenadores de Cursos de Engenharia de Produção, ocorrido no período de 08 a 10 de maio de 2019 em Goiânia – GO. O tema principal do congresso foi a busca da excelência nos cursos de engenharia de produção: novas diretrizes, internacionalização e certificação. Dos participantes do ENCEP, 41 responderam o questionário.

Pelo perfil dos respondentes, constata-se que a maior parte dos presentes no ENCEP era coordenador de curso de engenharia de produção (63%). Além disso, 37% são professores dos cursos de Engenharia de Produção de todo o Brasil. Constata-se que um baixo percentual dos presentes era profissional da indústria (apenas 2,4%). Alguns respondentes assinalaram mais de uma opção de resposta, o que indica que possuem mais de uma ocupação.

Com relação ao grau de instrução, 78% dos respondentes possuem doutorado, 80% mestrado e 97% algum tipo de especialização.

Com relação ao tempo de ocupação na ocupação principal, percebe-se que existe uma distribuição uniforme, ou seja, 32% até cinco anos, 29% entre 05 e 10 anos, 20% entre 10 e 20 anos e 19% acima de 20 anos.

Já com relação ao tempo de experiência na área da engenharia de produção, o percentual com experiência entre 10 e 20 anos atinge 42% e o percentual até cinco anos cai para 5%. Isto pode indicar que a maior parte dos

coordenadores e professores da engenharia de produção, é oriunda de formação da própria área.

4.1.2 Entendimento sobre as definições da indústria 4.0

Com relação ao entendimento sobre as características da indústria 4.0, percebe-se que o conhecimento não foi uniforme entre os respondentes. O maior percentual de aderência das características apresentadas da indústria 4.0 atingiu 92%. Enquanto isso, uma característica que não faz parte da indústria 4.0 teve 12% de respondentes que consideraram ela como uma característica da indústria, conforme ilustrado no Gráfico 1.

Este resultado indica que é necessário aprimorar este debate no meio acadêmico para que os conceitos da indústria 4.0 possam fazer parte desta comunidade.

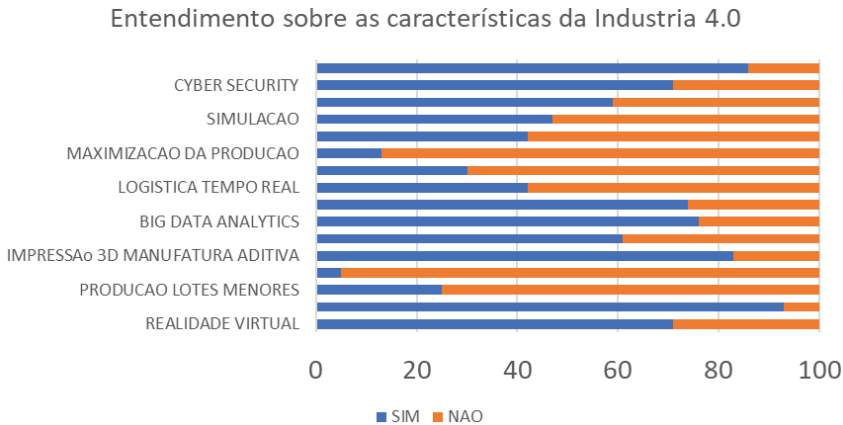


Gráfico 1 Entendimento sobre as características da indústria 4.0. Fonte: Dos autores (2019).

4.1.3 Currículo e ementa das disciplinas dos cursos atuais

Com relação às disciplinas hoje ofertadas nos cursos de engenharia de produção das instituições de ensino, 71% consideram que elas não estão adequadas para capacitar o engenheiro de produção a atuar na indústria 4.0. Este resultado já demonstra a relevância do tema desta tese para que possamos aprimorar nossos cursos de formação, no sentido de formarmos profissionais aptos a atuar neste tipo de indústria.

Quando questionado se as disciplinas ofertadas nos cursos de engenharia de produção das suas instituições de ensino utilizam tecnologias adequadas (impressão 3D / manufatura aditiva, armazenamento de dados na nuvem / computação em nuvem, etc) durante as disciplinas, 53% responderam que não utilizam.

Quando questionado se a disciplina de estatística da sua instituição de ensino fornece informações suficientes para que o egresso da engenharia de produção possa trabalhar com grande quantidade de dados (big data analytics) de forma a analisar e tomar decisões em tempo real, 63% responderam que não. Este percentual atinge 85% quando questionamentos sobre a oferta

de capacitação de realidade virtual e realidade aumentada durante as disciplinas.

Por fim, 73% dos respondentes afirmaram que a utilização de fábricas de aprendizagem, onde ocorre a simulação de uma fábrica real usando dados em tempo real, não é utilizado hoje nos cursos de engenharia de produção das suas instituições de ensino.

Pode-se inferir com as respostas acima, que os cursos de engenharia de produção, na sua grande maioria, ainda não estão ofertando disciplinas e/ou conteúdos aptos a formar engenheiros de produção com informações sobre a indústria 4.0.

4.1.4 Ementa das disciplinas que devem ser revisadas

Quando avaliamos a percepção dos especialistas com relação a disciplina que deveria ser revisada, estabelecendo as disciplinas prioritárias, as que tiveram o maior percentual, classificadas como “muito alta” foram automação da produção (41%), introdução a projeto de banco de dados (41%) e programação de computadores (38%). Já a que teve o maior percentual de “muito baixa” foi introdução à engenharia de produção (15%), conforme ilustrado no Gráfico 2. Isto pode indicar que disciplinas que possuem caráter relacionado à informática precisam ser adequadas de imediato.

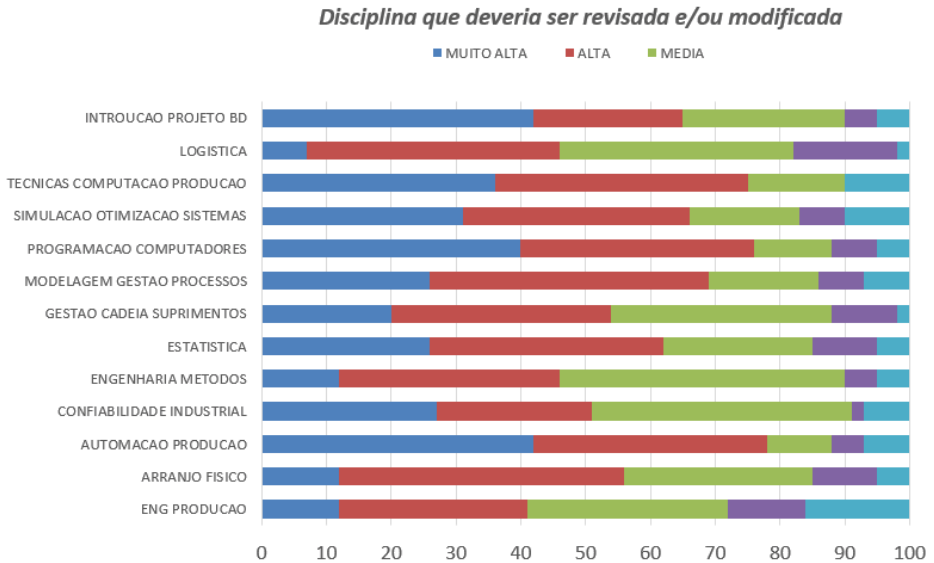


Gráfico 2 Disciplina que deveria ser revisada e/ou modificada. Fonte: Dos autores (2019).

4.1.5 Proposta de inclusão de temas nas disciplinas existentes

Com relação a inclusão de temas nas disciplinas existentes, metade dos respondentes considera que o assunto big data e simulação avançada são os temas que devem ser inseridos com maior prioridade. O assunto arma-

zenamento na nuvem apareceu com o maior percentual médio (40%). E o tema com o maior percentual baixo (8%) é logística em tempo real, conforme ilustrado no Gráfico 3.

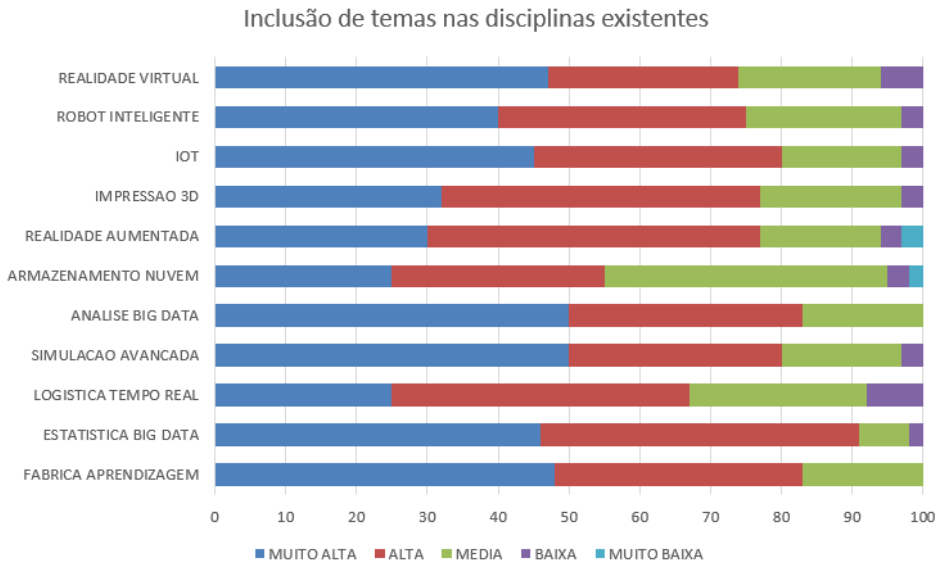


Gráfico 3 Inclusão de temas nas disciplinas existentes. *Fonte:* Dos autores (2019).

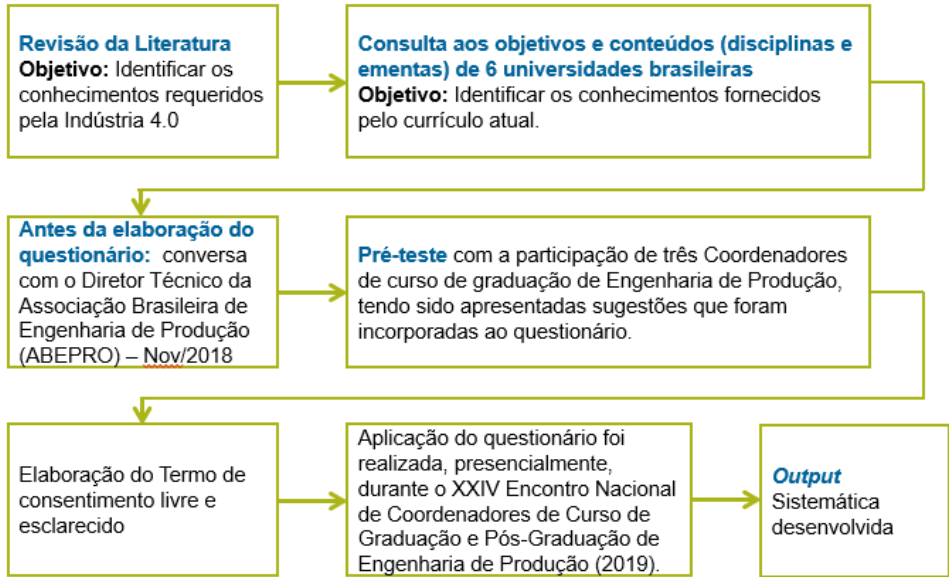
4.2 Sistemática para Avaliação do Curso de Graduação em Engenharia de Produção

Para elaborar a sistemática para avaliação do curso de Graduação em Engenharia de Produção foi elaborado o Fluxograma 1.

Portanto, para a elaboração da sistemática, foram considerados resultado do tratamento estatístico dos questionários que foram aplicados, além de outros conhecimentos que foram levantados durante a revisão bibliográfica.

Outro insumo também utilizado para o desenvolvimento da sistemática foi o instrumento para avaliação da qualidade dos cursos de graduação presenciais e a distância, assim como das Instituições de Educação Superior, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

As Figuras de 2 a 7 apresentam a sistemática desenvolvida avaliação de curso de graduação em engenharia de produção visando atender à demanda originada pela indústria 4.0.



Fluxograma 1 Etapas para o desenvolvimento da sistemática. Fonte: Dos autores (2020).

Questionário Indústria 4.0

Introdução |

Bem vindo(a) ao questionário para avaliação dos conhecimentos fornecidos no curso de Graduação em Engenharia de Produção da sua instituição de ensino, frente ao requerido pela Indústria 4.0.

Este questionário faz parte da tese do doutorado de Rodrigo Cris de Souza (rgcris@id.uff.br) - Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense – UFF – Niterói

O tempo estimado de resposta é 10 minutos.
É preciso responder todas as perguntas para realizar o salvamento automático. Após a conclusão, será exibido a aderência do curso, segundo a metodologia desenvolvida pelo pesquisador.

Nota: Este questionário não pretende avaliar o corpo docente da instituição, bem como não avalia a estrutura física da instituição. O foco principal é avaliar os conhecimentos que são fornecidos para o egresso de Engenharia de Produção

Instituição de ensino:

Cidade: Estado:

Nome do coordenador:

Figura 2 Introdução da sistemática. Fonte: Dos autores (2020).

A coordenadora do curso de Engenharia de Produção do Campus Niterói aplicou a sistemática desenvolvida. Podemos constatar que pelo retorno recebido, a sistemática foi considerada válida pela Coordenação do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense de Niterói. Foi comentado que a sistemática, se compartilhada com membros do Núcleo Docente Estruturante (NDE), do colegiado e demais professores do curso, pode orientar a cada um a pensar sobre como os temas e competências correla-

tas podem ser formalmente inseridos no conteúdo programático de algumas disciplinas e trabalhado transversalmente em diversas disciplinas.

Diante do resultado obtido e dos comentários recebidos, consideramos que a sistemática, além de inovadora, permitiu que a mesma fosse aplicada em um ambiente real de um curso de graduação de engenharia de produção.

O instrumento de avaliação de aderência foi dividido em 4 blocos, dividido na seguinte estrutura:

- ◆ 1º Bloco de Perguntas (página 1): Se todas as respostas forem com avaliação máxima, a aderência da universidade será de 55%;
- ◆ Bloco de Perguntas (página 2): Se todas as respostas forem com avaliação máxima, a aderência da universidade será de 25%;
- ◆ Bloco de Perguntas (página 3): Se todas as respostas forem SIM, a aderência da universidade será de 15%;
- ◆ Bloco de Perguntas (página 4): Se todas as respostas forem com avaliação máxima, a aderência da universidade será de 5%.

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6 estão as questões que foram respondidas para se avaliar a aderência da grade curricular do Curso de Engenharia de Produção, frente aos conhecimentos demandados pela Indústria 4.0

Questionário Indústria 4.0

Introdução | Página 1 | **Página 2** | Página 3 | Página 4

1) Os assuntos abaixo estão inseridos na ementa de alguma disciplina do curso de Engenharia de Produção?

	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
a) Sistema Ciber Físico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Internet das Coisas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Realidade Aumentada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Realidade Virtual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Logística em tempo real	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Impressão 3D	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Manufatura Avançada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h) Análise de grande quantidade de dados (Big Data)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
i) Armazenamento de dados na nuvem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
j) Logística 4.0 / Logística em tempo real	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
k) Planejamento e Controle da Produção Flexível	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
l) Integração entre Máquinas (M2M)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
m) Sistema robótico para trabalho colaborativo homem/máquina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
n) Inteligência artificial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Legenda:

Opção 1: O tema não consta no conteúdo programático de nenhuma disciplina

Opção 2: O tema não consta no conteúdo programático da disciplina, mas os professores abordam de forma superficial este conhecimento

Opção 3: O conhecimento não consta no conteúdo programático da disciplina, mas os professores abordam em sua plenitude o tema

Opção 4: O tema já está inserido na disciplina do curso de Engenharia de produção

Opção 5: O tema já está inserido na disciplina do curso de Engenharia de produção e existe uma conexão deste tema com a indústria 4.0

Figura 3 Refente ao 1º bloco – Avaliação dos conhecimentos inseridos nas disciplinas.
 Fonte: Dos autores (2020).

Questionário Indústria 4.0

Introdução | Página 1 | Página 2 | Página 3 | Página 4

2) Com relação às disciplinas abaixo do curso de graduação em Engenharia de Produção, avalie se a mesma está aderente aos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.

	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4
a) Automação da produção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Introdução a projeto de banco de dados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Programação de computadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Estatística	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Logística	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Cadeia de suprimentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Legenda:

Opção 1: A disciplina não contempla nenhum conhecimento requerido pela Indústria 4.0

Opção 2: A disciplina não contempla nenhum conhecimento requerido pela Indústria 4.0, mas os professores abordam de forma superficial este conhecimento

Opção 3: A disciplina não contempla nenhum conhecimento requerido pela Indústria 4.0, mas os professores abordam em sua plenitude o tema

Opção 4: A disciplina já esta aderente ao conhecimento requerido pela Indústria 4.0




Figura 4 Referente ao 2º bloco – Relação disciplinas x conhecimento da indústria 4.0. *Fonte:* Dos autores (2020).

Questionário Indústria 4.0

Introdução | Página 1 | Página 2 | Página 3 | Página 4

3) Alguma disciplina contempla a temática de solução de conflitos e eficiência na tomada de decisão para o egresso?

SIM NÃO

4) Existe parceria entre sua universidade e empresas que atuam com os conceitos da indústria 4.0?

SIM NÃO

5) O curso de engenharia de produção utiliza fábrica de aprendizagem de modo que o aluno possa simular todo o processo de uma indústria 4.0?

SIM NÃO

6) Na última revisão da grade curricular / ementa das disciplinas do curso de Engenharia de Produção da sua universidade, foram considerados os conhecimentos requeridos pela indústria 4.0?

SIM NÃO




Figura 5 Referente ao 3º bloco – Temas da indústria 4.0 no projeto pedagógico dos Cursos de Engenharia de Produção. *Fonte:* Dos autores (2020).

Questionário Indústria 4.0

Introdução | Página 1 | Página 2 | Página 3 | **Página 4**

7) Com relação ao uso da Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no processo ensino-aprendizagem, como você avalia o curso de Engenharia de Produção da Sua Instituição de Ensino?

4 - As TIC adotadas permitem o aluno aplicar/praticar os conhecimentos requeridos pela Indústria 4.0. Todas as disciplinas que tratam de conhecimentos da indústria 4.0 já utilizam estas tecnologias.

8) A Indústria 4.0 está declarado/inserido nos objetivos do curso de Engenharia de Produção da sua instituição de ensino?

5 - Além de atender os requisitos do item 4 acima, ainda existe uma fábrica de aprendizagem onde os alunos possam colocar em prática com os conhecimentos adquiridos.

9) Existe disciplina que contempla na sua ementa Introdução a Indústria 4.0?

5 - O tema já está inserido em uma disciplina do curso de Engenharia de produção e existe uma conexão com outras disciplinas que tratam dos conhecimentos da indústria 4.0?

10) Os professores do curso de Engenharia de Produção da sua instituição de ensino estão atualizados sobre os conceitos e às tendências da Indústria 4.0?

5 - 81 e 100% do corpo docente estão atualizado

11) No geral, como você avalia a aderência do curso de Engenharia de Produção, frente aos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0?

5 - 81 e 100% aderente aos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0

Concluir Questionário




Figura 6 Referente ao 4º bloco – Temas da indústria 4.0 no projeto pedagógico dos cursos de Engenharia de Produção e percepção do respondente sobre a aderência. *Fonte:* Dos autores (2020).

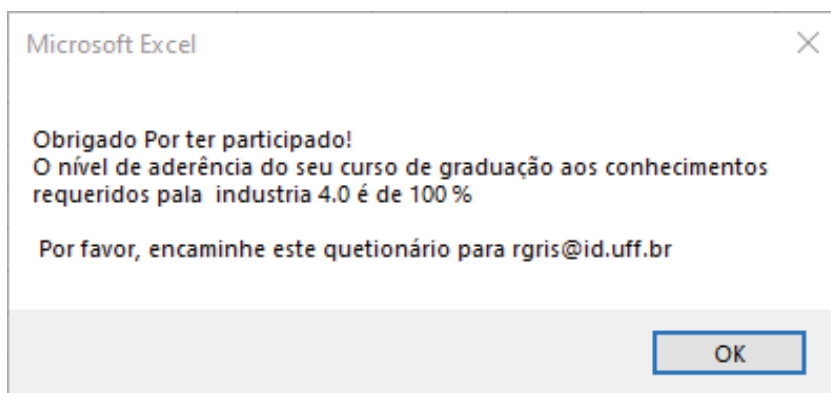


Figura 7 Percentual de aderência. *Fonte:* Dos autores (2020).

5. DISCUSSÕES

Foram definidas cinco questões para a pesquisa, as quais foram sendo respondidas ao longo da pesquisa e com o apoio do *survey* aplicado.

A primeira questão da pesquisa foi identificar se existia bibliografia especializada suficiente que permita o desenvolvimento da pesquisa e atingir o objetivo estabelecido. Ao realizar esta pesquisa, verificou-se que a partir de 2015, o número de artigos com a temática da indústria 4.0 aumentou consideravelmente. Embora o tema Indústria 4.0 tenha sido debatido desde 2011,

ainda se percebe que a aplicação / transmissão deste conhecimento para dentro das universidades brasileiras ainda não foi sistematizada.

A segunda questão tinha o objetivo de verificar se os atuais currículos dos cursos de engenharia atendem os requisitos de conhecimento requerido pela Indústria 4.0. Verificou-se na pesquisa *survey*, que os currículos hoje existentes ainda não estão aderentes ao mapeado pela Indústria 4.0. Embora algumas disciplinas já sejam existentes, é necessário adaptar o seu conteúdo para que o egresso possa ter os conhecimentos que são requeridos pela indústria 4.0.

A maior parte dos respondentes ao questionário possui cargo de coordenador de curso de engenharia de produção. Quase 80% dos respondentes possuem doutorado, o que reforça a relevância da amostra para o objetivo proposto. Com relação ao tempo de ocupação na função atual, percebe-se um equilíbrio entre os respondentes. Isto é bom porque permite alinhar experiência com inovação, em virtude da troca de experiências de mais de uma geração.

Com relação ao entendimento sobre as características da indústria 4.0, constata-se que, mesmo entre o público mais capacitado para iniciar um debate mais estruturante, o entendimento ainda não se mostra uniforme entre os respondentes. Como a comunidade científica ainda está em discussão sobre as características e conhecimentos da indústria 4.0, os respondentes ainda não consolidaram o entendimento sobre esta mudança. Em torno de 70% dos respondentes consideram que as disciplinas / ementas dos atuais cursos de engenharia de produção não estão adequadas para capacitar o engenheiro de produção a atuar na indústria 4.0. Pela revisão da literatura, os artigos também indicam que os atuais cursos de engenharia industrial precisam de adequação nas suas ementas / disciplinas.

Outro ponto interessante é a necessidade da aproximação da indústria com a universidade, sendo que a fábrica de aprendizagem poderia ser o caminho. Neste tópico, 73% dos respondentes afirmaram que a utilização de fábricas de aprendizagem, onde ocorre a simulação de uma fábrica real usando dados em tempo real, não é utilizado hoje nos cursos de engenharia de produção das suas instituições de ensino. As fábricas de aprendizagem buscam desenvolver experiências através da inclusão de projetos industriais sob a abordagem de aprendizagem ativa no currículo de alguns programas de engenharia com o objetivo de um melhor desempenho no desenvolvimento de habilidades e aquisição de conhecimentos. Vale destacar também que 84% concordam totalmente que a universidade deveria fazer parcerias com indústrias que estão migrando para a indústria 4.0.

De acordo com o critério estabelecido pelos pesquisadores, e segundo a visão dos respondentes, os conhecimentos que possuem prioridade em sua implementação nos currículos são:

- ◆ Big data;
- ◆ Simulação avançada;
- ◆ Fábrica de aprendizagem;
- ◆ Realidade Virtual.

A terceira questão levantou os conhecimentos que eram requeridos pela indústria 4.0. No Quadro 05 os conhecimentos técnicos foram elencados. Verifica-se que os conhecimentos requeridos estão definidos na literatura.

Com relação à quarta questão, verificamos que é possível elaborar uma sistemática que permita analisar se estes currículos estão aderentes ao conhecimento requerido pela indústria 4.0. A pesquisa *survey* aplicada, possibilitou o desenvolvimento de uma sistemática para que as universidades que possuem graduação em engenharia de produção possam aplicar e verificar a aderência das suas disciplinas/ementas ao requerido pela indústria 4.0.

Por fim, como última questão, foi possível constatar que a sistemática aplicada permitiu chegar à conclusão da aderência do currículo no curso de graduação em engenharia de produção e sua aderência ao conhecimento requerido pela indústria 4.0.

Resumindo, podemos verificar que a indústria 4.0 trouxe novos conhecimentos que precisam ser incorporados nos currículos do curso de engenharia de produção para permitir que o egresso possa estar preparado para atuar na indústria 4.0.

6. CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho trata do desenvolvimento de uma sistemática para avaliação de curso de graduação em engenharia de produção visando atender à demanda originada pela indústria 4.0. Considera-se que tal objetivo tenha sido atingido, visto que a sistemática elaborada pode ser aplicada em um ambiente real de um curso de graduação de engenharia de produção, permitindo avaliar a aderência da grade curricular do curso de engenharia de produção frente aos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.

A sistemática desenvolvida é composta pela revisão da literatura, elaboração e aplicação de uma pesquisa *survey*, análise dos resultados e desenvolvimento de uma sistemática para avaliação do curso de graduação em engenharia de produção.

A revisão da literatura permitiu a identificação dos conhecimentos que eram demandados pela indústria 4.0 e permitiu que o questionário fosse elaborado contemplando a ênfase nestes conhecimentos. Pode-se perceber que a temática indústria 4.0 tem sido bastante discutida no meio científico. As discussões, em sua grande maioria, estão voltadas para a caracterização deste tipo de indústria. Os artigos têm apresentado a necessidade de treinar os empregados para este novo conhecimento. Os estudos também remetem para a necessidade da revisão do conteúdo dos cursos, principalmente os cursos técnicos. Pode-se perceber pela pesquisa no sítio eletrônico de seis universidades públicas que as disciplinas e seu conteúdo ainda não estão aderentes em sua totalidade aos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.

Com base nos conhecimentos da revisão da literatura (pesquisa bibliográfica) foi possível elaborar um questionário contemplando estes conhecimentos. Com a aplicação do questionário, constata-se que os currículos e ementas precisam ser revisados para que possam atender aos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.

Com a consolidação das respostas foi possível elaborar uma sistemática para avaliação de curso de graduação de engenharia de produção, visando atender a demanda originada pela indústria 4.0. A sistemática foi aplicada no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense – Campus Niterói. Os comentários foram positivos, na medida em que ela pode orientar a cada um a pensar sobre como os temas e competências correlatas podem ser formalmente inseridos no conteúdo programático de algumas disciplinas e trabalhado transversalmente em diversas disciplinas. Com os achados desta pesquisa e com o desenvolvimento da sistemática, foi possível emitir um relatório contemplando o modelo desenvolvido.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa está inserida no esforço da sociedade para melhorar a produtividade e obter mais informações para tomada de decisão a partir do próprio processo produtivo. Tendo em vista o desenvolvimento desta quarta revolução industrial onde a indústria 4.0 está inserida, entende-se que este capítulo contribui para o avanço na identificação dos conhecimentos que devem permear em todos os cursos de engenharia de produção para possibilitar que os egressos tenham este conhecimento e possam contribuir para as empresas onde irão atuar.

Em virtude da abrangência do assunto, o trabalho foi delimitado aos conhecimentos requeridos pela indústria 4.0 e a sua aplicação no curso de engenharia de produção. Não se pretendeu discutir os aspectos relacionados aos conceitos e caracterização da indústria 4.0. A limitação deste estudo refere-se à avaliação da aderência de quem trabalha na coordenação do curso; não foram consultadas as demais partes interessadas (alunos, sociedade, governo etc). Há também limitações inerentes à utilização de uma amostra não probabilística. Além disso, a aplicação da survey reflete o conteúdo das disciplinas até maio de 2019. Vale ressaltar que as conclusões deste estudo podem não se aplicar totalmente, ou em parte, para outros cursos técnicos ou de engenharia que se situem em contextos e realidades diferentes. O perfil da amostra utilizada para responder ao questionário é composto por professores e coordenadores do curso de engenharia de produção espalhados por todo o Brasil.

O estudo buscou retratar o conhecimento e a percepção dos coordenadores de curso quanto à necessidade de incorporação de novos conhecimentos no curriculum do engenheiro de produção. O presente estudo não encerra a discussão sobre o tema e nem aborda todas as questões sobre os conhecimentos que devem ser inseridos em todos os cursos de Engenharia.

Segue abaixo, sugestões para o desdobramento do estudo:

- ◆ Estender a pesquisa *survey* para os demais cursos de Engenharia, com suas devidas adaptações.
- ◆ Pesquisar as empresas que implementaram os conceitos da indústria 4.0, verificando se a sistemática proposta na pesquisa está aderente à necessidade requerida pela Indústria.

- ◆ Pesquisar como os docentes estão preparados para passar os conhecimentos requeridos pela indústria 4.0.
- ◆ Realizar igualmente com os “clientes” dos cursos de engenharia de produção pesquisa de opinião para saber quais os conhecimentos e/ou competências necessárias e se os profissionais formados estão de acordo com a demanda da indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

ASSANTE, Dario. et al. Smart education in the context of industry 4.0. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, p. 1140, 9-11 apr. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ABEPRO) - *Referências de Conteúdos da Engenharia de Produção* - Documento Elaborado pela Comissão de Graduação e referendado no GT de Graduação do Encep 08 e Enegep 08 – 16/10/08 – Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Áreas%20da%20Engenharia%20de%20Produção.pdf>> Acesso em: 27 dez. 2017.

BAENA, Felipe. et al. Learning Factory: the path to industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 9, p. 73-80, 2017.

BAUER, Wilhelm et al. Transforming to a hyper-connected society and economy: towards an “Industry 4.0”. *Procedia Manufacturing*, v. 3, p. 417-424, 2015.

BEKMURZAEVA, Rashiya; KOVALEV, G.S Industry 4.0: The Fourth Industrial Revolution - SHS Web of Conferences 172, 02011 (2023) - HCMS 2023 - <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317202011>

BENESOVA, Andrea; TUPA, Jiri. Requirements for education and qualification of people in industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 11, p. 2195-2202, 2017.

CIOLACU, Monica. et al. Education 4.0 for tall thin engineer in a data driven society. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM FOR DESIGN AND TECHNOLOGY IN ELECTRONIC PACKAGING (SIITME), 23., 2017, Constanta, Romania. *Anais... IEEE*, oct. 2017. p. 26-29.

COHEN, Yuval; FACCIO, Maurizio; GALIZIA, Francesco Gabriele. Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms. *IFAC PapersOnLine*, v. 50, n. 1, p. 14958-14963, 2017.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE) - *Resolução CNE/CES 11, de 11/03/2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2017.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA (CONFEA) - *Resolução Nº 218, de 29/06/1973. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia*. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=266>>. Acesso em: 21 dez. 2017.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA (CONFEA). *Resolução Nº 235, de 09/10/1975. Discrimina as atividades profissionais do Engenheiro de Produção*. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/downloads/0235-75.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2017

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA (CONFEA). *Resolução Nº 288, de 07/12/1983. Designa o título e fixa as atribuições das novas habilitações em Engenharia de Produção e Engenharia Industrial*. Disponível em: <<http://normativos.confea.org.br/downloads/0288-83.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2017.

CORDEIRO, Gabrielly Araujo. et al. Etapas para Implantação da Indústria 4.0: uma visão sob aspectos estratégicos e operacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. *Anais... Joinville*, 10-13 out. 2017.

- EROL, Selim. et al. Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*, v. 54, 2016, p. 13-18.
- GEHRKE, Lars. *Industry 4.0: a discussion of qualifications and skills in the factory of the future: a german and american perspective*, apr. 2015. Disponível em: <<https://www.vdi.de/ueberuns/presse/publikationen/details/industry-40-a-discussion-of-qualifications-and-skills-in-the-factory-of-the-future-a-german-and-american-perspective>>. Acesso em: 26 jan. 2020.
- HAIR JUNIOR, Joseph F. et al. *Fundamentos de pesquisa de marketing*. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- HECKLAU, F. et al. Holistic approach for human resource management in industry 4.0. *Procedia CIRP*, v. 54, p. 1-6, 2016.
- HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: a literature review*. 2015. Disponível em: <http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2017.
- HERTER, Johannes; OVTCHAROVA, Jivka. A Model based visualization framework for cross discipline collaboration in industry 4.0 scenarios. *Procedia CIRP*, v. 57, p. 398-403, 2016.
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Instrumento de avaliação externa para o monitoramento da qualidade dos cursos de graduação presenciais e a distância, assim como das Instituições de Educação Superior*. 2017. Disponível: <http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/inep-aprimora-instrumentos-de-avaliacao-de-cursos-e-instituicoes-de-educacao-superior/21206>. Acesso em: 24 jan. 2020.
- KARRE, Hugo. et al. Transition towards an Industry 4.0 state of the eanLab at Graz University of Technology. *Procedia Manufacturing*, v. 9, p. 206-213, 2017.
- KLEINDIENST, Mario. et al. What workers in industry 4.0 need and what ICT Can Give: an analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE TECHNOLOGIES AND DATA-DRIVEN BUSINESS (i-KNOW 2016), 16., Austria. Anais... Austria, 2016.
- LEVY, Yair; ELLIS, Timothy J. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. *Informing Science*, v. 9, 2006.
- LONG, F.; ZEILER, P.; BERTSCHE, B. Modelling the flexibility of production systems in Industry 4.0 for analysing their productivity and availability with high-level Petri nets. *IFAC-PapersOnLine*, v.50, n. 1, p. 5680-5687, july 2017.
- MALHOTRA, Naresh K. BIRKS, David F.; WILLS, Peter. *Marketing research: an applied approach*. 4. ed. New York: Pearson Education, 2012.
- MEISSNER ,Hermann; ILSENR, Rebecca; AURICH, Jan C. Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. *Procedia CIRP*, v. 62, p. 165-169, 2017.
- MENDOZA, Ricardo A. *Engineering Education 4.0: proposal for a new Curricula*, 2018. In: IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON), Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands, Spain. Anais... IEEE, p. 1273, 17-20 apr. 2018.
- MIKHAILOV, A.N., RODIN, A.B., SMIRNOVA, M.I. Humanization of engineering education in conditions of the process of industry 4.0 forming. *IEEE*, 2018.
- MOTYL, Barbara. et al. How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? a questionnaire survey. *Procedia Manufacturing*, p. 1501-1509, 2017.
- MRUGALSKA, Beata; WYRWICKA, Magdalena K. Towards Lean Production in Industry 4.0. *Procedia Engineering*, v. 182, p. 466-473, 2017.
- PERUZZINI, Margherita; GRANDI, Fabio; PELLICCIARI, Marcello. Benchmarking of tools for user experience analysis in industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 11, p. 806-813, 2017.
- PETTICREW, Mark; ROBERTS, Helen. *Systematic reviews in the social sciences: a practical guide*. Malden, MA: Blackwell, 2006.

SACKEY, Samuel Mensah; BESTER, Andre. Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context. *South African Journal of Industrial Engineering*, v. 27, n. 4, p. 101-114, 2016.

SAKUNKA, Tumelo; MARNEWICK, Annize; PRETORIUS, Jan-Harm. Industry 4.0 competencies for a control systems engineer. *IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEMSCON)*, 2019.

SANTOS, Elaine Maria; PILATTI, Luiz Alberto; VLASTUIN, Juliana. O papel das universidades na formação do engenheiro de produção empreendedor. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2005, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 29 out. a 01 nov. 2005.

SCHWAB, Klaus. *A quarta revolução industrial*. Edipro, 2016.

SPOTTL, Georg. Development of "Industry 4.0"! are skilled workers and semi-engineers the losers? In: WORLD ENGINEERING EDUCATION FORUM (WEEF), 7., 2017. *Anais...* IEEE, 2017.

SUNG, Tae Kyung. *Industry 4.0: a korea perspective*. Technological Forecasting & Social Change, 2017.

TUPA, Jiri; SIMOTA, Jan; STEINER, Frantisek. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, p. 1223-1230, 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. *Curso de Engenharia de Produção: objetivos, disciplinas e a matriz curricular, quadro de horários e ementas, corpo docente*. Disponível em: <<http://www.uff.br/?q=curso/engenharia-de-producao/12727/bacharelado/niteroi->>. Acesso em: 21 dez. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE (UFF). *Curso de Engenharia de Produção*. Disponível: <<http://engenhariadeproducaoniteroi.sites.uff.br/sobre-o-curso/disciplinas/>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE - *Curso de Engenharia de Produção*. Disponível: <https://www.ufpe.br/documents/480103/0/engenharia_producao_perfil_5203.pdf/a1ce1e7d-0ea2-4867-ac36-1f0c12182043>. Acesso em: 19 ago. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ - *Curso de Engenharia de Produção*. Disponível em: <http://www.poli.ufrj.br/graduacao_cursos_engenharia_producao.php>. Acesso em: 19 ago. 2019.

UNIVERSIDADE DESAO PAULO – USP. *Curso de Engenharia de Produção*. Disponível em: <<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=3&codcur=3083&codhab=3000&tipo=N>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS - *Curso de Engenharia de Produção*. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/producao/pagina/64>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

VOLPE, Waini. *Análise dos cursos de engenharia de produção no contexto de formação dos engenheiros para o ambiente da indústria 4.0*. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Aplicadas / Instituto da Universidade Estadual de Campinas. 2019.

WAHLSTER, Wolfgang. *Industrie4.0: cyber-physical production systems for mass customization*. German-Czech Workshop on Industrie4.0. Prague, apr. 11, 2016. Disponível em: <http://www.dfki.de/wwdata/German-Czech_Workshop_on_Industrie_4.0_Prague_11_04_16/Industrie_4_0_Cyber-Physical_Production_Systems_for_Mass_Customizations.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2018.

ZHONG, Ray Y. et al. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, v. 3, p. 616-630, 2017.