

INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DO CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TECNOLOGIA 4.0

**INDUSTRY 4.0 IN BRAZIL: ANALYZING THE CONTRIBUTION OF
THE CENTER OF EXCELLENCE IN TECHNOLOGY 4.0**

INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DO CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TECNOLOGIA 4.0

INDUSTRY 4.0 IN BRAZIL: ANALYZING THE CONTRIBUTION OF THE CENTER OF EXCELLENCE IN TECHNOLOGY 4.0

Daniel Bertoli Gonçalves¹

Data de recebimento: 08/10/2024

Data de aceite: 18/11/2024

¹ Professor e Pesquisador nos Programas de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais e em Educação da Universidade de Sorocaba (UNISO). Coordenador do Grupo de Pesquisas em Educação, Ciência, Tecnologia e Inovação, da UNISO e integrante do Observatório de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Sorocaba e do Observatório de Inovação da Região Metropolitana de Sorocaba, em parceria com a UFSCar. Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de São Carlos, com mestrado em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos.

E-mail: daniel.goncalves@prof.uniso.br

RESUMO

A Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial representa uma transformação significativa nos processos produtivos, integrando tecnologias como Internet das Coisas (IoT), automação, inteligência artificial e robótica. Essa revolução redesenha a cadeia de valor e aumenta a competitividade global por meio da criação de fábricas inteligentes e sistemas ciberfísicos. Enquanto países como Alemanha e Estados Unidos investem em políticas para acelerar a adoção dessas tecnologias, o Brasil ainda está em uma fase inicial de adaptação. Em 2018, o governo brasileiro lançou a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0, que inclui medidas como linhas de crédito e incentivos à colaboração entre startups e indústrias. Por meio de uma pesquisa documental e observacional, esse estudo aborda uma dessas iniciativas, que é o Centro de Excelência em Tecnologia 4.0 (CET 4.0), inaugurado em 2021 no Parque Tecnológico de Sorocaba. O CET 4.0 atua como um catalisador para a inovação industrial, promovendo parcerias entre empresas, universidades e o governo, e contribuindo para a modernização tecnológica das indústrias brasileiras. No entanto, desafios como a resistência das empresas e a necessidade de comunicação eficaz precisam ser superados para garantir a sustentabilidade a longo prazo da iniciativa e ampliar a transformação digital em outras regiões do Brasil.

Palavras-chave: Inovação. Indústria 4.0. Transformação Digital. Desenvolvimento Regional.

ABSTRACT

Industry 4.0 or the Fourth Industrial Revolution represents a significant transformation in production processes, integrating technologies such as the Internet of Things (IoT), automation, artificial intelligence, and robotics. This revolution reshapes the value chain and increases global competitiveness through the creation of smart factories and cyber-physical systems. While countries like Germany and the United States invest in policies to accelerate the adoption of these technologies, Brazil is still in an initial stage of adaptation. In 2018, the Brazilian government launched the Brazilian Agenda for Industry 4.0, which includes measures such as lines of credit and incentives for collaboration between startups and industries. Through a documentary and observational research study, this work addresses one of these initiatives, the Center of Excellence in Technology 4.0 (CET 4.0), inaugurated in 2021 at the Sorocaba Technology Park. The CET 4.0 acts as a catalyst for industrial innovation, promoting partnerships between companies, universities, and the government, and contributing to the technological modernization of Brazilian industries. However, challenges such as resistance from companies and the need for effective communication must be overcome to ensure the long-term sustainability of the initiative and to expand digital transformation in other regions of Brazil.

Keywords: Innovation. Industry 4.0. Digital Transformation. Regional Development.

INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial marca uma transformação abrangente nos processos produtivos, com destaque para a integração de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), automação, inteligência artificial (IA), big data e robótica. Essa revolução está redesenhando a cadeia de valor e impulsionando a competitividade global, com a criação de fábricas inteligentes e sistemas ciberfísicos que controlam processos físicos, permitindo operações mais eficientes e conectadas em tempo real.

Países como Alemanha e Estados Unidos têm investido fortemente em políticas de fomento à Indústria 4.0, com subsídios governamentais e colaborações público-privadas que têm acelerado a adoção dessas tecnologias. Apesar da presença de diversas tecnologias avançadas, o Brasil ainda se encontra em uma fase inicial de entendimento sobre a Quarta Revolução Industrial e suas implicações. O desafio de adaptar-se rapidamente a esse novo cenário é essencial para manter a competitividade no mercado global.

Com o intuito de enfrentar essa mudança, o governo brasileiro lançou em 2018 a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0, uma iniciativa que visa apoiar o setor produtivo nas transições tecnológicas. Composta por 10 medidas estratégicas, essa agenda envolve ações como a difusão de conceitos, a disponibilização de linhas de crédito, e a criação de plataformas de autoavaliação para as empresas medirem seu progresso rumo à digitalização. A iniciativa também contempla incentivos à colaboração entre startups e indústrias,

além de programas de requalificação de trabalhadores para o mercado de trabalho 4.0.

Um dos resultados desta política foi o lançamento do Centro de Excelência em Tecnologia 4.0 (CET 4.0) de Sorocaba, inaugurado em 2021 no Parque Tecnológico de Sorocaba (PTS), que tem se destacado como uma iniciativa pioneira no desenvolvimento e aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 no Brasil. O CET 4.0 promove projetos colaborativos envolvendo empresas, universidades e o governo, funcionando como um catalisador para a inovação industrial. Sua atuação contribui não só para a adoção de tecnologias avançadas, mas também para a capacitação profissional, a otimização de processos e a geração de empregos, reforçando a competitividade das indústrias nacionais no cenário global.

Este estudo teve como objetivo analisar a criação, os objetivos e os impactos do CET 4.0, além de avaliar seu papel na modernização tecnológica das indústrias brasileiras. A pesquisa examina as parcerias e as metodologias aplicadas, identificando desafios e oportunidades futuras para expandir sua influência e apoio à transformação digital no Brasil.

REFERENCIAL TEÓRICO

A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

As revoluções industriais são marcos significativos na evolução da sociedade humana, promovendo transformações profundas em modos de produção, organização social e tecnologias. Desde a Primeira Revolução Industrial, iniciada em 1760 na Inglaterra com a mecanização da produção, até a contemporânea Quarta Revolução Industrial, essas fases de inovação moldaram não apenas a economia, mas também as interações sociais e culturais. Cada revolução trouxe novas fontes de energia, avanços tecnológicos e mudanças nas relações de trabalho, refletindo a capacidade da humanidade de se adaptar e evoluir diante das demandas e desafios de seu tempo. O estudo dessas transformações é fundamental para entender o atual contexto industrial e as implicações que as inovações tecnológicas têm para o futuro da sociedade (Schwab, 2016; Garcia Netto, 2020).

A Primeira Revolução Industrial foi marcada pela transição de métodos artesanais para a utilização de máquinas, com o uso do carvão como fonte de energia e a introdução da energia a vapor (Costa, 2017, p. 5). A Segunda Revolução Industrial, que teve início no início do século XX, trouxe novas fontes de energia, a produção em massa e inovações na comunicação, como o rádio (Oliveira e Simões, 2017, p. 2).

Na década de 1960, a Terceira Revolução Industrial emergiu, impulsionada pela automação e robotização, sustentada por investimentos significativos, como os proporcionados pelo Plano Marshall, que fomentaram a inovação e transformaram a organização social e industrial (Barbosa, Baisso e Almeida, 2018, p. 4).

A Quarta Revolução Industrial, termo introduzido por Klaus Schwab, identifica o atual momento histórico, que se inicia com a virada do século XX para o XXI, fundamentando-se na revolução digital. Este novo cenário, iniciado em 2011 durante a Feira de Hannover, na Alemanha, é frequentemente referido como Indústria 4.0. As transformações associadas a esse movimento são tão abrangentes que vão além do setor fabril, impactando todo o sistema econômico e social (Schwab, 2016).

De acordo com Coelho (2016), essa transformação foi chamada de “segunda era da máquina” pelos professores Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. O termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011, a partir de um projeto estratégico do governo alemão, que demandava um conjunto de tecnologias emergentes de TI e automação industrial, além da intensa digitalização das informações e da comunicação direta entre sistemas, conhecida como Internet das Coisas.

Em outubro de 2012, o grupo responsável pelo projeto, sob a liderança de Siegfried Dais, apresentou um relatório com recomendações ao governo federal alemão para planejar a implementação da Indústria 4.0. Em abril de 2013, um trabalho final sobre o desenvolvimento da Indústria 4.0 foi publicado na referida feira (Wendel, 2018).

A Indústria 4.0 representa uma nova era onde tecnologias modernas de informação e comunicação se entrelaçam com inovações produtivas, formando uma nova fase de criação de valor. A disponibilidade de informações em tempo real é facilitada pelo gerenciamento da rastreabilidade, pela automação de processos e pela manufatura, além do planejamento e otimização analítica, integração de dados e conectividade que possibilitam a auto-organização entre empresas e redes de comunicação (Sacomano e Satyro, 2018).

Kagermann et. al (2013) descrevem a Quarta Revolução Industrial, denominada pelo governo alemão como “Indústria 4.0”, como uma nova era da indústria centrada no uso de recursos de informação e tecnologia da comunicação, visando a melhoria dos processos de manufatura e negócios

(Hermann, 2015). Ele destaca que essa revolução representa uma transformação significativa na estrutura organizacional das indústrias, sendo a primeira a ser avaliada a priori, ou seja, baseada em previsões sobre o futuro e não em avaliações do passado.

Para Coelho (2016), a Indústria 4.0 é fortemente orientada para a melhoria contínua em eficiência, segurança, produtividade das operações e retorno sobre o investimento. Schwab (2016) enfatiza que a Indústria 4.0 busca promover o desenvolvimento tecnológico, infraestrutura de redes móveis, enfrentando desafios impostos por novas tecnologias e seus investimentos, e incentivando a cooperação com instituições de pesquisa. Essa descentralização das áreas industriais e o foco em produtos ou processos inteligentes são essenciais, pois a produção de manufaturados exige um desenvolvimento ágil. Esse modelo promove não apenas flexibilidade, mas também uma complexa interação nas áreas produtivas, potencializando a difusão e o lançamento de novos produtos no mercado.

No contexto da Indústria 4.0, nove pilares sustentam seu conceito: 1) Robôs Autônomos; 2) Simulação; 3) Realidade Aumentada; 4) Integração de Sistemas; 5) Manufatura Aditiva; 6) Cibersegurança; 7) Nuvem; 8) Internet das Coisas (IoT); e 9) Big Data (Lorenz et al., 2015). Os Robôs Autônomos operam sem supervisão humana, utilizando inteligência artificial para realizar tarefas em ambientes estruturados, aumentando a segurança e a produtividade, além de reduzir custos (Garcia Netto, 2020, p. 40). Já os Robôs Colaborativos (Cobots) são projetados para trabalhar ao lado de humanos, adaptando suas ações com base em dados sensoriais e aprendendo com a experiência (Schuh, 2017).

A Simulação combina o mundo físico e virtual, permitindo a criação de gêmeos digitais que ajudam na previsão de falhas e na otimização de processos, melhorando a performance dos produtos e reduzindo custos (Ahmad, 2017). A Realidade Aumentada proporciona interações entre os mundos real e virtual, utilizando dispositivos como óculos específicos para fornecer informações em tempo real, o que reduz erros e facilita tarefas (Siltori, 2020).

A Integração de Sistemas conecta as tecnologias da informação dentro e fora das empresas, promovendo um ambiente físico-cibernético que melhora a performance e o atendimento ao cliente (Lee, 2008). Essa integração pode ser horizontal, envolvendo toda a cadeia produtiva, ou vertical, abrangendo as funções internas da fábrica (Kagermann et al., 2013).

A Manufatura Aditiva, ou impressão 3D, permite a produção de pequenos lotes de peças customizadas através da deposição de camadas de material, contrastando com a manufatura subtrativa (Barbosa et al., 2018). O método FDM (Fused Deposition Modeling) é um exemplo dessa tecnologia, aplicável a diversos polímeros termoplásticos (Monteiro, 2015).

A Cibersegurança é vital para proteger dados e sistemas contra ameaças, sendo necessário desenvolver novos mecanismos além da criptografia tradicional (Afonso et al., 2019). Com o aumento de dispositivos conectados, surgem novas vulnerabilidades, como ataques de ransomware e invasões de sistemas de controle. Tecnologias emergentes, como blockchain, têm sido exploradas para garantir a integridade dos dados e prevenir falsificações.

A Nuvem fornece infraestrutura virtual que integra dispositivos de monitoramento e análise, otimizando a velocidade de processamento. A computação em nuvem permite que empresas processem grandes volumes de dados de forma mais eficiente, integrando sensores em tempo real. Isso facilita a implementação de manutenção preditiva, monitorando o desempenho de máquinas e antecipando falhas. Além disso, a nuvem possibilita a criação de plataformas colaborativas, onde diferentes unidades de uma empresa podem compartilhar e analisar dados instantaneamente, aumentando a produtividade. (Afonso et al., 2019).

A Internet das Coisas (IoT) conecta dispositivos e sensores, possibilitando a análise de dados em tempo real e a automação de processos (Seixas et al., 2018). Na manufatura, por exemplo, sensores IoT instalados em linhas de produção monitoram o desempenho das máquinas, identificando falhas antes que elas ocorram e permitindo a manutenção preditiva. No setor agrícola, dispositivos IoT medem condições ambientais, como umidade do solo e temperatura, otimizando o uso de recursos hídricos. Além disso, em cidades inteligentes, sistemas IoT são usados para gerenciar o tráfego e melhorar a eficiência no uso de energia elétrica. A previsão é que até 2025 haja um trilhão de sensores conectados, trazendo diversas aplicações práticas (Schwab, 2016).

Por fim, o Big Data refere-se à coleta e análise de grandes volumes de dados, permitindo a criação de produtos e serviços personalizados, baseados em tendências de mercado (Costa, 2017). No setor de e-commerce, por exemplo, empresas utilizam Big Data para analisar o comportamento de compra dos consumidores e oferecer recomendações de produtos em tempo real. No setor financeiro, bancos aplicam

essa tecnologia para detectar fraudes com base em padrões anômalos nas transações. Além disso, em campanhas de marketing, o Big Data é usado para segmentar públicos com maior precisão, melhorando o retorno sobre o investimento publicitário.

A incorporação desses nove pilares da Indústria 4.0 é essencial para a modernização das empresas no cenário atual, proporcionando maior eficiência, flexibilidade e competitividade. Ao automatizar processos, otimizar recursos e integrar tecnologias avançadas como robótica, IoT e big data, as empresas conseguem não apenas reduzir custos e melhorar a produtividade, mas também se adaptar mais rapidamente às mudanças do mercado e às demandas dos clientes. Além disso, a segurança cibernética e o uso da nuvem garantem a proteção e o gerenciamento eficaz de dados, enquanto a manufatura aditiva e a simulação viabilizam inovações em produtos e processos. Dessa forma, essas tecnologias atuam como catalisadores da transformação digital, indispensáveis para a sobrevivência e o crescimento das indústrias no ambiente competitivo global (Schwab, 2016; Rampim Filho, 2021).

A NECESSIDADE DE MODERNIZAÇÃO DA INDÚSTRIA NACIONAL

A modernização das indústrias brasileiras continua sendo essencial para garantir competitividade no cenário global, especialmente no contexto da Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0). Essa transformação envolve a adoção de tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), big data, inteligência artificial, automação e robótica. No entanto, apesar dos avanços, as indústrias brasileiras ainda enfrentam desafios significativos.

Pereira e Simonetto (2018), em uma análise baseada em documentos da FIRJAN e ABDI, apontam que grande parte da indústria brasileira ainda se encontra entre as fases da segunda e terceira revoluções industriais. O setor automotivo é o que mais se aproxima dos avanços característicos da Indústria 4.0. Santos, Manhães e Lima (2018) corroboram essa visão, destacando que, além de estarem entre a Indústria 2.0 e 3.0, as empresas brasileiras precisam acelerar a transição para a Indústria 4.0, sob o risco de perderem competitividade no cenário global. A Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2018) reforça essa preocupação ao afirmar que o avanço de outros países em direção à Indústria 4.0 impõe ao Brasil o desafio de incorporar essas tecnologias com rapidez, sob pena de aumentar ainda mais o fosso de competitividade com seus principais concorrentes.

Empresas no Brasil que alegam estar implementando a Indústria 4.0, na realidade, concentram seus esforços na conectividade de sistemas de TI com dispositivos físicos e no desenvolvimento de equipamentos com maior modularidade. No entanto, segundo Nakayama (2017), esses avanços ainda são realizados sob a estrutura de rede típica da Indústria 3.0, revelando a necessidade de avanços mais significativos na modernização industrial.

No entanto, há uma lacuna evidente no aproveitamento desses incentivos, especialmente por parte das PMEs. De acordo com dados recentes da Confederação Nacional da Indústria (CNI), embora uma parcela significativa das empresas grandes esteja ciente das vantagens da digitalização, apenas 48% das empresas utilizam ao menos uma das tecnologias chave da Indústria 4.0. Para as PMEs, essa realidade é ainda mais distante, devido a restrições financeiras e a uma falta de conhecimento aprofundado sobre os benefícios da digitalização.

Segundo Santos, Manhães e Lima (2018), há uma série de barreiras internas e externas que dificultam o desenvolvimento das empresas brasileiras nos moldes da Indústria 4.0. Essas dificuldades evidenciam a necessidade de superação desses desafios para que o país consiga acompanhar a evolução industrial global e alcançar maior competitividade.

Santos et al. (2018) argumentam que, apesar das incertezas e dúvidas em torno da Indústria 4.0, é indispensável que governos, profissionais da indústria, acadêmicos e demais partes interessadas colaborem na análise das diversas possibilidades e implicações desse cenário. Esse esforço conjunto visa à criação de estratégias que auxiliem na adaptação aos novos padrões produtivos trazidos por essa transformação disruptiva.

Arbix et al. (2017) reforçam essa perspectiva ao apontar que, apesar dos desafios impostos pela crise econômica, a diversificação do sistema nacional de inovação demanda investimentos que possibilitem parcerias entre o setor público e a iniciativa privada, promovendo a elevação da indústria manufatureira brasileira a um nível mais competitivo. Já Yamada e Martins (2018) observam uma perspectiva otimista, afirmando que o contexto atual do Brasil pode ser encarado como uma oportunidade de crescimento, não apenas no âmbito econômico, mas também social. Eles destacam que há potencial para se explorar novos formatos de trabalho, gerando maior qualidade de vida, reduzindo desperdícios e aprimorando a qualidade na produção.

Apesar de barreiras como elevado custo de energia, insumos e mão de obra, complexidade tributária e a burocracia, infraestrutura tecnológica incipiente, e escassez de mão de obra qualificada em tecnologias emergentes, nos últimos anos houve um aumento nas iniciativas governamentais de incentivo à modernização industrial. Programas como e-Digital, Plano Nacional de Internet das Coisas, Finep Inovacred 4.0, e o regime Ex-Tarifário oferecem hoje incentivos fiscais e facilidades para a aquisição de tecnologias avançadas e para o desenvolvimento de projetos de digitalização nas empresas. Essas iniciativas buscam aumentar a produtividade e a competitividade da indústria brasileira (CNI, 2022; Kubota e Rosa, 2024).

Para grande parte dos autores, portanto, a transição para a Indústria 4.0 no Brasil deve ser vista como um processo em andamento, que depende de uma mudança cultural nas empresas, da melhoria na infraestrutura e de maior acesso a financiamento e políticas de fomento mais robustas, especialmente voltadas para as PMEs. Somente com esses avanços, o Brasil poderá integrar-se plenamente à nova era industrial global.

A AGENDA BRASILEIRA PARA A INDÚSTRIA 4.0

Do ponto de vista institucional, o tema “Indústria 4.0” começou a ser tratado de forma sistemática pelo governo federal em 2016, com a elaboração de um estudo estratégico sobre o futuro da indústria no Brasil. Esse estudo foi conduzido por uma força-tarefa formada por diversas entidades, incluindo o BNDES, Finep, CNI, ABDI, CNPq, EMBRAPPII, Senai, Anpei e Abimaq, e culminou em um relatório apresentado pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços durante o seminário “Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Oportunidades e Desafios para a Manufatura Avançada no Brasil”, realizado na sede do CNPq. O objetivo do estudo era fornecer subsídios para a formulação de uma política nacional voltada para a manufatura avançada (Brasil, 2018).

Em 2017, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) lançou o Plano de CT&I para Manufatura Avançada, conhecido como ProFuturo, que foi fundamentado na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016-2022. O desenvolvimento desse plano envolveu a participação de especialistas em workshops realizados em sete estados brasileiros, cujas recomendações foram consolidadas no documento Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil (Brasil, 2016). Além disso, o ProFuturo foi embasado por pesquisas realizadas pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e por um estudo da Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften),

contratado pela GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), em cooperação com a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha. A iniciativa também contou com a colaboração de atores dos setores governamental, acadêmico e empresarial, comprometidos com a promoção da manufatura avançada no país (Brasil, 2018).

Frente à necessidade de estabelecer estratégias e parcerias que incentivem o avanço industrial no Brasil, o governo lançou, em 2018, a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0. Este conjunto de medidas foi implementado pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (atualmente Ministério da Economia) e pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), com o objetivo de apoiar o setor produtivo na transição para a nova era tecnológica (Brasil, 2018). A Agenda abrange diversas ações, incluindo a disseminação dos conceitos da Indústria 4.0 por meio de campanhas permanentes utilizando mídias e eventos, além da criação de uma plataforma de autoavaliação para que as empresas possam medir seu grau de maturidade em relação à Indústria 4.0.

Outra ação importante é a facilitação da conexão entre empresas e provedores de tecnologia, promovendo a digitalização e a modernização industrial. O programa Brasil Mais Produtivo 4.0 foi criado para apoiar empresas que buscam implementar a manufatura enxuta e iniciar a digitalização de suas operações. O financiamento de projetos de fábricas experimentais e testbeds também faz parte da agenda, permitindo a experimentação de novas tecnologias.

Adicionalmente, a iniciativa inclui a criação de ambientes de colaboração entre startups e indústrias, promovendo inovações tecnológicas, e foca na requalificação de trabalhadores para a Indústria 4.0. A proposta de reformas legais e regulamentares busca acelerar a robotização e a digitalização das indústrias, enquanto parcerias com bancos e agências de fomento visam oferecer financiamento acessível às indústrias (Brasil, 2018).

Por fim, a agenda propõe a redução de tarifas de importação de bens e insumos estratégicos para a Indústria 4.0, integrando o tema nos acordos bilaterais de comércio internacional. Essas medidas foram discutidas amplamente com o setor produtivo e visam criar condições para que as indústrias brasileiras possam incorporar inovações tecnológicas e alcançar maior competitividade no mercado global. Entre as ações, destacam-se a promoção de campanhas de divulgação dos conceitos da Indústria 4.0 e o financiamento de projetos voltados à criação de “fábricas do futuro”. O Centro de Excelência em Tecnologia

4.0 (CET 4.0), inaugurado em 2021 em Sorocaba-SP, é um exemplo dessas ações (CET 4.0, 2024).

Posteriormente, o governo federal promulgou a Portaria MCTI Nº 6.998, de 10 de maio de 2023, estabelecendo diretrizes para a elaboração da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) de 2023 a 2030, enfatizando a importância da Indústria 4.0 como um elemento central na promoção do desenvolvimento econômico e social do Brasil (Brasil, 2023).

Na nova estratégia, a Indústria 4.0 é tratada como um motor de inovação, enfatizando a necessidade de integrar tecnologias digitais aos processos produtivos, o que abrange a utilização de inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), big data e outras tecnologias emergentes. A ENCTI visa apoiar a transformação digital das indústrias brasileiras, promovendo um ambiente favorável à pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D+i) e à colaboração entre os setores público e privado (MCTI, 2024).

Além disso, a estratégia destaca a importância da capacitação e formação de recursos humanos qualificados para atender às demandas da nova era industrial. O incentivo à inovação e à modernização das empresas é considerado essencial para aumentar a competitividade do Brasil no cenário global. Essas diretrizes buscam não apenas fortalecer o setor industrial, mas também fomentar a sustentabilidade e a inclusão social, garantindo que os benefícios da Indústria 4.0 sejam amplamente distribuídos na sociedade brasileira (MCTI, 2024).

METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa, de caráter qualitativo e exploratório, visa analisar a criação e os impactos do Centro de Excelência em Tecnologia 4.0 (CET 4.0) de Sorocaba por meio de revisão conceitual, pesquisa documental e observação direta (Yin, 2001; Richardson, 2008). Inicialmente, a revisão conceitual foi realizada com foco em literatura sobre a Indústria 4.0, tecnologia avançada e políticas de inovação, ciência e tecnologia no Brasil. Esse levantamento teórico (tópico 2) forneceu a base para a análise do papel do CET 4.0 na transformação digital das indústrias locais.

A segunda etapa envolveu a pesquisa documental, conforme proposto por Godoy (1995), para coleta de dados relativos à implementação e operações do CET 4.0. Os documentos selecionados incluem relatórios, atas de reuniões, sites institucionais, planos de trabalho, comunicados do Parque Tecnológico de Sorocaba e materiais governamentais e empresariais que abordam as atividades e resultados do centro. A seleção dos documentos seguiu critérios de relevância, autenticidade e

acessibilidade, priorizando aqueles mais diretamente relacionados ao desenvolvimento do CET 4.0, e que pudessem oferecer informações sobre sua história e organização. O recorte temporal focou no período de 2020 até setembro de 2024, período correspondente à inauguração e consolidação das operações do centro.

Os dados documentais foram categorizados em temas como “infraestrutura”, “parcerias estratégicas”, “resultados alcançados” e “desafios operacionais”, permitindo uma análise estruturada. Paralelamente, foram realizadas observações diretas nas instalações do CET 4.0. As visitas tiveram o objetivo de acompanhar as atividades de inovação, interações entre empresas e universidades, além de analisar o funcionamento das tecnologias avançadas disponíveis no local.

A análise seguiu uma abordagem descritiva e interpretativa, comparando as informações dos documentos com as observações de campo e com a literatura revisada. A triangulação dos dados, essencial para garantir a confiabilidade dos resultados (Richardson, 2008; Gibbs, 2009), permitiu a construção de um quadro detalhado das contribuições do CET 4.0 para o cenário industrial de Sorocaba e sua relevância para a Indústria 4.0 no Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sorocaba, situada no estado de São Paulo, é historicamente conhecida como um importante polo industrial, especialmente devido à sua localização estratégica e infraestrutura robusta. No início, a cidade se destacou pela indústria têxtil, mas com o tempo, atraiu empresas dos setores automobilístico, metalúrgico e de bens de consumo. A cidade tem evoluído continuamente e, com a criação do Parque Tecnológico de Sorocaba (PTS), fortaleceu ainda mais sua posição como um hub de inovação e tecnologia.

O PTS, inaugurado em 2012, foi criado para integrar indústrias, universidades e centros de pesquisa, fomentando o desenvolvimento de novas tecnologias e a modernização do parque industrial local. Ele é responsável por promover a inovação nas empresas da região, capacitar profissionais e facilitar o acesso a tecnologias de ponta, como inteligência artificial, automação e robótica. O CET 4.0, como parte desse ecossistema, tem um papel central em preparar as indústrias locais para a revolução digital.

O Centro de Excelência em Tecnologia 4.0 (CET 4.0) foi inaugurado em 25 de junho de 2021 em Sorocaba, SP, como parte das iniciativas do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) no contexto da Agenda Brasileira para a Indústria 4.0. Como o primeiro centro do Brasil dedicado integralmente

à implementação desse conceito, o CET 4.0 tinha o objetivo de apoiar empresas de todos os portes na adoção de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT), robótica, big data, entre outras.

O projeto contou com um investimento inicial de R\$ 1 milhão, sendo R\$ 500 mil provenientes do MCTI e outros R\$ 500 mil de uma emenda parlamentar. Além disso, o CET 4.0 recebeu apoio de diversas instituições, como universidades, centros de pesquisa, consultorias especializadas, e também do setor privado, incluindo indústrias e empresas de diferentes áreas. Organizações como o Ciesp, Sebrae e Senai, além do poder público municipal, também estiveram integradas ao projeto, promovendo a colaboração entre diferentes setores para o desenvolvimento tecnológico e inovação.

Sua concepção, começou em setembro de 2020, por iniciativa do Parque Tecnológico de Sorocaba, que buscou, por meio de sua presidência, reunir atores do ecossistema de inovação de Sorocaba para a criação de um Hub de tecnologia 4.0 no município, conforme detalhado por Gonçalves et al. (2024). Para isso foi constituído um comitê, composto por representantes do alto escalão do poder público local, de empresas e associações empresariais, de universidades, centros de pesquisa, que passou a trabalhar no planejamento das ações do CET 4.0 em reuniões periódicas e grupos de trabalho, e que continuou atuando enquanto um comitê gestor e de apoio pelo menos até meados de 2024, quando a presente pesquisa foi finalizada.

Este grupo, que chegou a ter mais de 40 integrantes, foi formado por diretores de empresas, diretores e coordenadores de Instituições de ensino técnico e superior, incluindo escolas técnicas estaduais, faculdades e universidades com sede no município, diretores do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) e do SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), diretores do Parque Tecnológico de Sorocaba, secretários municipais, além de um deputado federal.

Passado o período de distanciamento social imposto pela Pandemia da COVID-19, as reuniões ordinárias do comitê gestor passaram a ocorrer principalmente de forma presencial, com frequência mensal, e de forma itinerante, que foi uma estratégia pensado pelo grupo para estreitar as relações entre os participantes, permitindo com que estes conhecessem as instalações físicas das instituições participantes.

De acordo com informações coletadas nos registros das atividades deste comitê gestor, a partir da reunião de planejamento realizada no início de 2021, foram formados 10 grupos de trabalho, cada um responsável por desenvolver uma ação específica ou entregar um resultado concreto: 1) Plataforma virtual,

2) Governança interna, 3) Questionário/Diagnóstico, 4) Tiers, 5) Força de Trabalho, 6) Financiamento, 7) Trilhas de Capacitação, 8) Parceria Empresa/Escola, 9) Seminário CET 4.0 e 10) Capacitação. Ao longo do tempo, os grupos foram sendo desativados à medida que concluíam suas respectivas ações dentro do prazo estabelecido, e seus integrantes passavam a auxiliar os outros grupos ainda em atividade.

Entre os objetivos do CET 4.0, consolidados em sua fase de planejamento, constam o fomento à Inovação, por intermédio de um ambiente propício para que as empresas desenvolvam e implementem soluções tecnológicas inovadoras; oferecer treinamentos e capacitação para os profissionais, preparando-os para as novas demandas do mercado de trabalho; Integração de Conhecimento, promovendo a colaboração entre empresas, universidades e instituições de pesquisa, facilitando a troca de conhecimentos e experiências; apoio às pequenas e médias empresas na implementação de tecnologias que aumentem sua competitividade e eficiência; e contribuir para o desenvolvimento econômico e social da região, impulsionando a indústria local e criando novos empregos.

Segundo uma das representantes do Parque Tecnológico de Sorocaba, e responsável pela coordenação das ações do CET 4.0, em entrevista durante o lançamento em 2021, um dos maiores diferenciais da iniciativa seria o foco em atender não apenas grandes empresas multinacionais, mas também a cadeia de fornecedores, independentemente do porte das empresas. A intenção era prepará-las para se adequarem às novas exigências de um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico.

Uma das primeiras entregas concretas do CET 4.0 foi o desenvolvimento de uma plataforma digital que utilizaria inteligência artificial para avaliar o nível de maturidade das empresas em relação à adoção de novas tecnologias. Esta foi desenvolvida sob encomenda por uma empresa de software especializada, e em sua fase de testes trabalhou com 30 empresas previamente selecionadas pelo comitê gestor, para um estudo piloto sigiloso. Após ajustes, a plataforma foi disponibilizada de forma aberta e gratuita para outras empresas.

O objetivo principal desta plataforma era (e ainda é) auxiliar as empresas na transição para a Indústria 4.0, permitindo que estas avaliassem seu nível de maturidade tecnológica diante de um conceito teórico-prático do que seria uma empresa de alto grau de maturidade tecnológica. Especificamente, a plataforma oferecia um teste de maturidade, por meio de perguntas e respostas, no qual as empresas poderiam identificar em que estágio estavam na adoção daquelas tecnologias, descritas na segunda

seção deste trabalho, apontando áreas que necessitariam de melhorias e esforços para uma completa transformação digital. Ao final do cadastro a plataforma emitia um relatório detalhado daquela empresa, sigiloso e exclusivo.

Além disso, a plataforma também disponibilizava uma série de ferramentas e recursos, incluindo indicadores que ajudam no planejamento estratégico, informações sobre linhas de financiamento disponíveis, e conexões com os demais integrantes do ecossistema local de inovação, fornecendo informações de contato sobre as universidades, centros de pesquisa e outras empresas locais, no intuito de fomentar a formação de uma rede de colaboração para a implementação das novas tecnologias.

Em conjunto com a plataforma, também foi criado um website próprio do CET4.0 (<https://cet40.org.br/>), que além de permitir o acesso à plataforma, também teve como objetivo catalisar inovações tecnológicas no contexto da Indústria 4.0, promovendo a interação entre empresas, governo, instituições de ciência e tecnologia, universidades, e a sociedade. O site também inclui dados sobre indicadores tecnológicos, oportunidades de financiamento, cursos voltados à capacitação técnica e profissional, artigos com informações detalhadas sobre os principais pilares da Indústria 4.0, além de destacar a importância da inovação aberta, onde tecnologias e ideias são compartilhadas para criar soluções mais eficazes para os desafios atuais (CET 4.0, 2024).

Observou-se na pesquisa, que uma das grandes dificuldades enfrentadas pelo CET 4.0 foi a divulgação da plataforma para as empresas, que foi um assunto recorrente no registro de várias reuniões após o seu lançamento. Devido a falta de recursos para um trabalho mais amplo de marketing, coube aos integrantes do comitê gestor divulgar a plataforma em suas redes de contato, o que surtiu poucos resultados ao longo do tempo. Inicialmente a plataforma era vista com certa desconfiança pelas empresas, que não entendiam o seu propósito, e temiam pelo uso indevido de dados sigilosos, algo visto como nevrálgico pelos integrantes do comitê gestor.

Uma estratégia empreendida ao longo desse tempo foi a realização e promoção da plataforma em eventos. O próprio CET 4.0 organizou alguns workshops on-line e um evento presencial em 2022, tratando temas relacionados à indústria 4.0, linhas de financiamento, e também buscou divulgar a plataforma em outros eventos promovidos pelo PTS em 2023.

No final do ano de 2023, outro entrave observado foi a migração da plataforma para os servidores do Parque Tecnológico, devido ao término do contrato com a empresa de software, que fez com que a plataforma ficasse inoperante durante vários meses, sendo que até o primeiro semestre de 2024 o problema ainda não havia sido completamente solucionado, apesar das constantes cobranças do comitê gestor.

Uma das entregas planejadas pelo CET 4.0, ainda relacionada à plataforma, consistia em oferecer às empresas cadastradas acesso a uma equipe de consultores especializados em tecnologia 4.0. Para isso, o CET 4.0 assumiria a responsabilidade de manter um curso de formação e credenciamento de consultores, ministrado por membros das instituições participantes. Este curso, estruturado por um dos grupos de trabalho, foi realizado nas instalações do Parque Tecnológico de Sorocaba entre 2022 e 2023, contando com 14 participantes na primeira turma. No entanto, até o fechamento desta pesquisa, a realização de um segundo curso não estava programada.

Em 2023, o comitê gestor desenvolveu a ação de ampliar seu espaço físico nas dependências do Parque Tecnológico de Sorocaba (PTS), buscando consolidar um espaço para exposições de novas tecnologias, conforme previsto no projeto inicial. Iniciaram-se discussões sobre a criação de um ambiente que atraísse visitantes interessados nas inovações da indústria 4.0 e envolvesse as empresas responsáveis por essas tecnologias. Registros dessas reuniões indicam um sinal positivo da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) para atuar nesse espaço.

Essas discussões evoluíram para o projeto de um espaço onde empresas e universidades parceiras pudessem divulgar suas tecnologias, expondo equipamentos e soluções inovadoras, além de servir como um ponto de encontro para troca de ideias, projetos e parcerias. Durante a fase final do projeto, a presidência do PTS propôs a transferência do prédio onde seriam instaladas as novas dependências do CET 4.0 para uma área maior dentro do prédio principal, proporcionando maior visibilidade.

Como resultado, foi desenvolvido um projeto para um laboratório de Experimentações em Tecnologias 4.0, incluindo espaço para exposições, reuniões, cursos e palestras, além de equipamentos para prototipagem e prestação de serviços. Para viabilizar o projeto, foi firmado um convênio com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, através da Coordenadoria de Ciência e Tecnologia (CCTI), que destinou aproximadamente R\$ 1 milhão ao projeto.

O projeto foi concretizado e inaugurado em outubro de 2023, ocupando um espaço de 400 metros quadrados. Este novo ambiente abriga a área de exposições, um Laboratório de Experimentações em Tecnologias 4.0 (LabX 4.0), uma sala de palestras, uma sala de reuniões e quatro boxes para empresas parceiras. De acordo com os idealizadores, o espaço foi estruturado com base em quatro pilares principais: Inspirar, Saber, Prototipar e Conectar. Cada um desses pilares foi projetado para proporcionar suporte técnico e infraestrutura às empresas da região para o desenvolvimento e teste de soluções tecnológicas avançadas.

Desde sua inauguração, o LabX 4.0 tem atraído um número crescente de visitantes, incluindo estudantes, empresários e demais interessados em conhecer as tecnologias. O espaço para exposições permanece ativo, e atualmente, o comitê gestor discute a implementação de uma taxa de cobrança para os expositores, que já conta com uma fila de espera. O laboratório de prototipagem abriga equipamentos como impressoras 3D e cortadoras a laser, realizando diversos serviços de prototipagem para empresas interessadas, mediante uma taxa de utilização e de materiais. O espaço é operado por profissionais qualificados e oferece estágios para estudantes das escolas técnicas e universidades parceiras.

Até o fechamento desta pesquisa, todos os boxes destinados às empresas estavam locados e em pleno funcionamento. Da mesma forma, as salas de palestras e reuniões têm sido frequentemente utilizadas, tanto por instituições de ensino e pesquisa quanto por empresas da região, evidenciando o sucesso inicial das ações do CET 4.0 em Sorocaba.

No entanto, durante as reuniões do grupo gestor em 2024, observou-se uma queda considerável na participação dos integrantes, possivelmente refletindo a ausência de novos projetos ou entregas que motivaram o envolvimento do grupo até a inauguração das novas instalações. Na última reunião registrada na pesquisa, o grupo fez um balanço de suas atividades e discutiu a realização de um novo planejamento para dar continuidade aos trabalhos do CET 4.0, agora já consolidado. As propostas em debate sinalizaram a necessidade de fortalecer o espaço como um ponto de conexão entre parceiros e promover a divulgação de suas iniciativas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar a criação, os objetivos e os impactos do CET 4.0, além de avaliar seu papel na modernização tecnológica das indústrias brasileiras. A pesquisa examinou as parcerias e as metodologias aplicadas, identificando desafios e oportunidades futuras para expandir sua influência e apoio à transformação digital no Brasil.

A Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais, físicas e biológicas, representa uma oportunidade ímpar para as empresas brasileiras se posicionarem de maneira competitiva no cenário global. Nesse contexto, a iniciativa do CET 4.0, lançada pelo governo federal em 2021, surge como um marco estratégico para fomentar a transformação digital e industrial na região.

A importância da iniciativa CET 4.0 para o desenvolvimento regional não pode ser subestimada. Ao criar um ambiente propício para a inovação e a integração entre empresas e instituições de ensino, o governo não apenas impulsiona a competitividade local, mas também contribui para o crescimento econômico da região como um todo. Ao adotar tecnologias inovadoras, as empresas de Sorocaba se posicionam de forma robusta no mercado global e colaboram para o desenvolvimento econômico do país.

Além dos benefícios diretos para as indústrias, as iniciativas do CET 4.0 também desempenham um papel crucial na capacitação profissional, preparando trabalhadores para as exigências do futuro. Esse alinhamento entre educação, inovação e indústria fomenta a criação de empregos qualificados e reduz a lacuna tecnológica enfrentada pelo Brasil. O sucesso do CET 4.0 em Sorocaba pode servir de modelo replicável para outras regiões, ampliando o alcance da transformação digital em nível nacional.

Contudo, os desafios enfrentados, como a resistência inicial das empresas e a dificuldade na divulgação de ferramentas digitais, reforçam a necessidade de estratégias de comunicação mais eficazes e do fortalecimento das parcerias público-privadas. Essas lições aprendidas são fundamentais para a expansão do CET 4.0 e de outros centros semelhantes, garantindo sua sustentabilidade a longo prazo.

Por fim, o CET 4.0 representa uma estratégia importante para que o Brasil não apenas acompanhe, mas também se destaque na era da transformação digital, preparando as empresas para um futuro em que a tecnologia será fundamental para a sobrevivência e o crescimento no mercado global. Ao fortalecer a capacidade inovadora e tecnológica de suas indústrias, o Brasil estará melhor equipado para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades da economia global, consolidando-se como um player relevante na Quarta Revolução Industrial.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, B. T.; INÁCIO, D.; SENFF, C. S.; SELEME, R. Análise Bibliométrica das Principais Tecnologias que permitem a Indústria 4.0. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, XXXIX, outubro, 2019, Santos-SP. Anais ENEGEP 2019. Santos-SP: ABEPRO, 2019. p. 1-21.
- AHMAD, M.A. **Comunicação de pesquisa Indústria 4.0**: Contribuições para setor produtivo moderno. *Revista Intellectus*, v. 6, p. 53-58, 2017.
- Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos estud. CEBRAP**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 29-49, 2017.
- ARBIX, G *et al.* O Brasil e a Nova Onda de Manufatura Avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos estud. CEBRAP**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 29-49, 2017.
- BARBOSA, M. T.J.; BAISSO, M.; ALMEIDA, M. T. Surge uma nova sociedade. In: SILVA, Elcio B. et al. (org.). *Automação & Sociedade: Quarta Revolução Industrial, um olhar para o Brasil*. Rio de Janeiro: Brasport, 2018, v. 2, p. 4-11.
- BRASIL. **Agenda Brasileira para a Indústria 4.0**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br>. Acesso em: 03 jun. 2024.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Portaria MCTI Nº 6.998, de 10 de maio de 2023**. Estabelece diretrizes para a execução de ações estratégicas no âmbito da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2023-2030. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 maio 2023. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_6998_de_10052023.html#:~:text=Portaria%20MCTI%20n%C2%BA%206.998,%20de%2010.05.2023.%20Estabelece%20as%20diretrizes%20para. Acesso em: 04 out. 2024.
- CET 4.0. **Centro de Excelência em Tecnologia 4.0**. Disponível em: <https://cet40.org.br>. Acesso em: 4 out. 2024.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0: cinco anos depois**. Brasília: CNI, 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-83-industria-40-cinco-anos-depois/>. Acesso em: 8 maio 2023.
- COELHO, P. M. N. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Indústria 4.0 e digitalização da economia**. Propostas da indústria eleições 2018. Brasília: CNI, 2018, v. 32, 50 p.
- COSTA, C. **Indústria 4.0: O Futuro da Indústria Nacional**. *Posgere*, v. 1, n. 4, p. 5-14, 2017.
- GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. v35, n.3, p. 20-29, Mai./Jun. 1995.
- HERMANN, Mario; Pentek, Tobias; Otto, Boris. **Design principles for Industrie 4.0 Scenarios: a literature review**. Working Paper n.01/2015, Technische Universität Dortmund, 15p, 2015.
- INVESTE SP. **Sorocaba ganha Centro de Excelência em Tecnologia**. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/noticia/sorocaba-ganha-centro-de-excelencia-em-tecnologia/>. Acesso em: 4 out. 2023.
- JORNAL CRUZEIRO DO SUL. **Parque Tecnológico de Sorocaba inaugura laboratório**. Disponível em: <https://www.jornalcruzeiro.com.br/sorocaba/noticias/2023/10/1272845-parque-tecnologico-de-sorocaba-inaugura-laboratorio.html>. Acesso em: 4 out. 2023.
- KAGERMANN, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Indústria 4.0: final report of the Industria 4.0 Working Group**. 82p, 2013.
- KUBOTA, Luis Claudio; ROSA, Maurício Benedeti. **Adoção de tecnologias da indústria 4.0 por empresas brasileiras**. 2024.
- LEE, E. A. **Cyber Physical Systems: Design Challenges**. [S.l.]: Computing, p. 369, 2008.

LORENZ, M.; RUBMANN, M.; et al. *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group, New York. 2015. Disponível em: . Acesso em 10 de Junho de 2019.

MCTIC. *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCTI 2016-2022*. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/assuntos/estrategias/estrategia-nacional-de-ciencia-tecnologia-e-inovacao-2016-2022>. Acesso em: 4 out. 2023.

MDIC; MCTIC. *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre a Manufatura Avançada no Brasil*. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/mdic/mdic-lanca-estudo-sobre-oportunidades-e-desafios-para-a-manufatura-avancada-no-pais>. Acesso em: 4 out. 2023.

MONTEIRO, M. T. F. *A Impressão 3D no meio produtivo e o design: um estudo na fabricação de jóias*. 2021. Dissertação (Mestrado em Design) - Escola de Design, Universidade Do Estado De Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2015. Disponível em: <http://www.ppgd.uemg.br/publicacoes/dissertacoes/>. Acesso em: 05 abr. 2021

NAKAYAMA, R. S. **Oportunidade de atuação na cadeia de fornecimento de sistemas de automação para Indústria 4.0 no Brasil**. 2017. 240 f. Tese (Doutorado em Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo. 2017.

OLIVEIRA, F. T.; SIMÕES, W. L. *A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia*. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2017. Disponível em: https://sienpro.catalao.ufg.br/up/1012/o/Fernanda_Tha%C3%ADs_de_Oliveira.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. *Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil*. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 01-09, 2018.

RAMPIM FILHO, Nelson. **A indústria 4.0 e as mudanças na formação de tecnólogos**: implantação do curso superior de tecnologia em manufatura avançada na FATEC José Crespo Gonzales – FATEC Sorocaba-SP. 2021. 86 f. Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais) - Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP, 2021. Disponível em: <https://uniso.br/mestrado-doutorado/pta/dissertacoes/2021/dissertacao-nelson-rampim-filho.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2023.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social**: métodos e técnicas. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SACOMANO, J. B.; SÁTYRO, W. C. *Indústria 4.0: conceitos fundamentais*. São Paulo: Blusher, 2018.

SANTOS, B. P *et al.* *Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades*. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. **Indústria 4.0**: Desafios e oportunidades para o Brasil. In: Simpósio de Engenharia da Produção de Sergipe, 10, 2018, São Cristóvão. **Anais [...]**. SC: SIMPROD, 2018.

SCHUH, G. *Industrie 4.0 Maturity Index - Managing the Digital Transformation of Companies (acatech STUDY)*. Munich. 2017. ISSN 2192-6174.

SCHWAB, K. *A quarta revolução industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SEIXAS, J. A.; CASOTTI, M. F.; MAIA, R. F. *Mundo Digital 1: Internet das Coisas (IoT)*. In: SILVA, Elcio B. et al. (org.). *Automação & Sociedade: Quarta Revolução Industrial, um olhar para o Brasil*. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

SILTORI, P. F. S. *Análise dos Impactos da Indústria 4.0 na sustentabilidade empresarial*. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Materiais e Processos de Fabricação) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2020.

WENDEL, A. et al. *Indústria 4.0 Conceitos e Fundamentos*. São Paulo, Blucher, 2018.

YAMADA, V. Y.; MARTINS, L. M. *Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo*. **Revista Terra & Cultura**, v. 34, n. especial, p. 95-109, 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.



UNITAU
Universidade de Taubaté