



A INDÚSTRIA 4.0 E SUAS REVOLUÇÕES NOS SETORES DA BIOTECNOLOGIA E AGRICULTURA

INDUSTRY 4.0 AND ITS REVOLUTIONS IN BIOTECHNOLOGY AND AGRICULTURE

DOI: 10.5281/zenodo.8312424

Maria Helena Krueger¹
Amanda Tavares de Andrade²
Carlos Emanuel Vieira Flores Soares³

RESUMO: A implementação dos avanços da indústria 4.0 é um assunto de grande interesse, com vários desenvolvimentos tecnológicos em andamento e alguns que já estão implementados, em especial, relacionados com uso de sensores, robôs e de drones na agricultura. Em geral são previstos melhores cultivos, bem-estar animal e redução do uso de defensivos químicos e o melhoramento da indústria de alimentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 nos setores de biotecnologia, agricultura e de alimentos. A metodologia utilizada foi o levantamento da literatura publicada entre 2013 e 2023 utilizando termos como “biotecnologia”, “Agricultura” e “Indústria 4.0” nos segmentos alvo. Foi levantado nesta revisão diferentes tecnologias e avanços que permitem a integração de diferentes setores, que visam a conquista de estratégias sustentáveis e que possibilitem melhor uso do meio ambiente para benefício geral da sociedade como o uso de *softwares*, drones e bancos de dados em nuvens para tomada de decisões mais corretas e benéficas para a indústria.

Palavras-chaves: Indústria 4.0; Agricultura; Alimentos; Biotecnologia; Agritech.

ABSTRACT: The implementation of Industry 4.0 advances is a subject of great interest, with several technological developments in progress and some that are already implemented, especially related to the use of sensors, robots and drones in agriculture. In general, better crops, animal welfare and a reduction in the use of chemical pesticides and the improvement of the food industry are foreseen. The objective of this work was to evaluate the application of Industry 4.0 concepts in the sectors of biotechnology, agriculture and food. The methodology used was a review of the literature published between 2013 and 2023 using the terms “biotechnology”, “Agriculture” and “industry 4.0” in the

- 1 Engenheira de Alimentos. Me. em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo ITAL. Pesquisadora no Departamento de Microbiologia Agrícola e Bioprocessos na CES My Tech.
- 2 Graduada em Gestão de Redes Sociais pelo IESB. Social Media e Pesquisadora de Iniciação Científica no Departamento de Gestão de Negócios Digitais da CES My Tech
- 3 Biólogo. Dr. em Tecnologias Químicas e Biológicas pela Universidade de Brasília - UnB. Diretor de PD&I e coordenador dos departamentos de Microbiologia Agrícola e Bioprocessos e Departamento de Gestão de Negócios Digitais da CES My Tech.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

target segments. This review raised different technologies and advances that allow the integration of different sectors, which aim to achieve sustainable strategies and that enable better use of the environment for the general benefit of society, such as the use of software, drones and databases in clouds to make more correct and beneficial decisions for the industry.

Keywords: Industry 4.0; Agriculture; Foods; Biotechnology; Agritech.

1 INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 tem impactos significativos na economia, na sociedade e no meio ambiente, pois pode gerar mais inovação, competitividade, sustentabilidade e empregos qualificados (SUITE, 2023).

É um conceito utilizado pelo setor da indústria que visa representar a transformação digital no setor industrial, utilizando tecnologias avançadas como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e computação em nuvem para aumentar a produtividade, a qualidade e a flexibilidade dos processos de fabricação (CNI, 2023).

Os avanços adquiridos ao longo do tempo possibilitaram a integração entre setores da indústria desde a cadeia de valor, o desenvolvimento de produtos, até o seu pós-venda. Além disso, o uso das inteligências artificiais (IAs) auxilia o avanço da análise dos bancos de dados e da tomada de decisão em tempo real (LIMA; GOMES, 2020).

As tecnologias promovidas pela indústria 4.0 afetam de diferentes formas o meio ambiente. De maneira positiva, a indústria 4.0 pode contribuir para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável diminuindo os impactos causados pelo extenso uso de defensivos químicos e buscando sua substituição por insumos biológicos (SOARES, 2023).

Os avanços tecnológicos da indústria 4.0 estão presentes principalmente em setores da *agritech* e *biotech*, na busca por melhoria de alimentos e tecnologias para otimização na obtenção de produtos, serviços ou processos do campo.

A biotecnologia por sua vez é uma área de estudo com organismos, que possibilitam alcançar esses objetivos de maneira integrada com outras áreas de atuação como engenharia, marketing, medicina, ciência aplicada e bioinformática.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

Esta revisão teve como objetivo apresentar os avanços da indústria 4.0 sobre a perspectiva das tecnologias envolvidas nos setores de produção industrial, agrícola e de biotecnologia levantando suas principais atividades envolvidas no dia a dia da sociedade geral.

2 METODOLOGIA

Para a revisão de literatura foram consultados artigos científicos publicados entre 2013 e 2023, obtidos através da base de dados Science Direct, Elsevier, Scopus, Google Acadêmico, CAPES Periódicos, sites do governo e entidades ligadas a indústria, livros e teses de doutorado disponíveis nos repositórios de universidades. Foram utilizados durante a busca os termos “biotecnologia”, “Agricultura”, “Agro 4.0”, “Big-data” e “Indústria 4.0” de forma separadas e/ou combinados entre si, sendo os critérios de inclusão no presente estudo a abordagem das tecnologias de biotecnologia aplicadas no Brasil e no mundo, intersecção da biotecnologia com os avanços tecnológicos ligados à indústria 4.0 e perspectivas dentro dos segmentos da agroindústria, de alimentos e tecnologias digitais aliadas a biotecnologia. Apesar do importante papel em outras indústrias e aplicações, foram excluídos artigos não relacionados com os segmentos de interesse e também excluídos artigos sem forte evidência científica. As informações presentes aqui foram analisadas pelos autores e organizadas em tópicos correlacionados de forma a ser compreendida em todos os níveis de conhecimento (LUNETTA GUERRA, 2023).

3 BIOTECNOLOGIA E INDÚSTRIA: UM CONTEXTO HISTÓRICO

A biotecnologia sempre esteve presente em diferentes atividades humanas, desde tecnologias relacionadas ao controle da produção de alimentos e a compreensão de processamento e preservação, a humanidade passou a produzir alimentos com alterações biológicas. Podemos considerar que queijos, cerveja, vinho e pães fermentados estão entre os primeiros produtos da biotecnologia (VERMA et al., 2011).

A partir de 1800, com a evolução dos conhecimentos científicos, a biotecnologia evoluiu, em especial com novos conhecimentos de microbiologia e genética (SILVA;



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

MACAGNAN; CARDOSO, 2021). A moderna biotecnologia é entendida pelos avanços e conexões entre biologia, química e engenharia (ITO, 2018).

Na atualidade, as aplicações da biotecnologia são percebidas em vários segmentos: biofertilizantes, produção de organismos geneticamente modificados (OGM) ou plantas e animais melhorados para aplicação na agricultura, produção de medicamentos como antibióticos, vacinas e testes rápidos para detecção de doenças na área da saúde, síntese de enzimas e ácidos orgânicos na indústria, tratamento de lixo, purificação de água no meio ambiente, uso de nanotecnologia para produção de cosméticos (SILVA; MACAGNAN; CARDOSO, 2021; VARGAS et al., 2018).

A revolução industrial teve diferentes fases ao longo do tempo, sendo representada como um processo contínuo de transformações que impactam a sociedade e a economia em relação aos processos produtivos. As transformações estão baseadas principalmente nas inovações tecnológicas como, por exemplo, a criação de máquinas a vapor, novas fontes de energia, métodos e materiais de produção (ROCHA; LIMA; WALDMAN, 2020).

O marco inicial da revolução industrial ocorreu no século XVIII com a criação de máquinas a vapor, permitindo o avanço da produção artesanal e de baixa escala para uma maneira automatizada e em larga escala, o que ocasionou um aumento significativo dos lucros, do poder de compra, da qualidade de vida para os consumidores (CAVALCANTE; DA SILVA, 2011).

No século XIX o desenvolvimento de tecnologias com máquinas industriais movidas por energia elétrica permitiu o avanço da indústria quanto à produção em larga escala. Após o fim da Segunda Guerra Mundial, a gestão da manufatura e equipamentos eletrônicos se desenvolveram e otimizaram o processo produtivo. Com o desenvolvimento da internet a sociedade chegou à Quarta Revolução Industrial, apelidada de Indústria 4.0 (SACOMANO et al., 2018).

Em 2011, na Alemanha, foi usado pela primeira vez o termo “Indústria 4.0”, com foco na busca de alta tecnologia para controle, integração e automatização do processo produtivo. Esses processos via conexão on-line ocorreram devido a facilidade da integração remota entre



fornecedores e clientes, computadores mais baratos e potentes e programas que transformaram mais uma vez o modo de se produzir (HERMANN et al., 2015).

A Indústria 4.0 possui alguns elementos entendidos como base desta revolução: conexão (CPS) entre o mundo físico (objetos, máquinas) e o virtual (sensores, processadores, leitores), “Internet das coisas” (IoT) onde temos a interação entre cada conector do mundo virtual permitindo colaboração das “coisas” físicas, “Internet dos Serviços” onde as demandas de uma fábrica com seus fornecedores pode ser integrada para produção dos componentes realmente necessários e “Fábrica inteligente”, onde as máquinas e as pessoas se assistem na execução de tarefas através das conexões CPS pela interação IoT (HERMANN et al., 2015).

As formas de favorecer estas comunicações e interações são pelo uso da automação, de integração de sistemas, de inteligências artificiais e análises de vários bancos de dados, também conhecidos como o Big-data (SACOMANO et al., 2018).

A biologia não fica à parte destas demandas, sendo também base para a construção das novas tecnologias digitais por meio da biotecnologia e da genética. A união entre as especialidades como a engenharia química, genética e bioinformática é citada como forma de aprimorar o funcionamento de moléculas e organismos. Mais especificamente podem ser desenvolvidos biocompostos, nanomateriais, biomanufatura, biocombustíveis, que suportem e auxiliem às novas demandas (LIMA; GOMES, 2020).

3.1 AGRO 4.0: A INFLUÊNCIA DA INDÚSTRIA 4.0 NA AGRICULTURA

O conceito utilizado da indústria 4.0 para agricultura é chamado de “Agricultura 4.0”, “Agro 4.0”, “Fazendas inteligentes” ou pelo seu termo em inglês *agritech* onde fazem referência ao uso de tecnologias automatizadas (KLERKX; ROSE, 2020; LIU et al., 2021; WALTER et al., 2017).

O uso destas tecnologias já é uma realidade, em especial na Europa, onde em 2019 vários países assinaram uma declaração de cooperação para desenvolvimento de tecnologias específicas para o agro (BACCO et al., 2019).



Os trabalhos de Klerkx & Rose (2020) e Liu et al., (2020) destacam que existe uma dificuldade em se estabelecer um ponto de mudança efetiva na agricultura baseada na indústria 4.0, uma vez que países desenvolvidos e em desenvolvimento apresentam realidades bastante diferentes quanto a industrialização e a inovações tecnológicas.

Na literatura vários projetos, pilotos ou mais avançados, são descritos, apresentando várias oportunidades da aplicação das tecnologias da Indústria 4.0. Em especial relacionados com imagens de satélites, uso de robôs e veículos aéreos não tripulados e grande uso de sensores para coleta de dados (BACCO et al., 2019; BAI et al., 2020; LIU et al., 2021)

Liu et al. (2020) mencionam o uso da Internet das Coisas abrangendo agricultura de precisão, monitoramento do gado, estufas inteligentes e rastreamento climático. Bacco et al. (2019) comentam da IoT utilizada para gerenciar a irrigação, de modo a garantir uso preciso e eficiente, tanto para evitar excesso como a falta de água.

Klerkx e Rose (2020) relatam sobre máquinas-robotizadas autônomas encontradas no plantio e colheita e drones usados para controlar a plantação. Bai et al. (2020) citam a IoT usada para avaliação do solo e do clima em agriculturas de precisão. Braun et al. (2018) abordam sobre máquinas com sensores para identificação de ervas daninhas e aplicação de herbicidas apenas na área exata afetada.

Todos os dados coletados por sensores, de condições ambientais, do solo, dentre outras, vão armazenar a Big Data para servirem de fonte de informação para tomada de decisões futuras (LIU et al., 2020).

A tecnologia da indústria 4.0 fortalece a agricultura, mas gera uma demanda de qualificações e infraestrutura, que ainda está em desenvolvimento, em especial para o crescimento em conjunto com o setor de produção de alimentos (BRAUN; COLANGELO; STECKEL, 2018).

3.2 INDÚSTRIA 4.0 E NO SETOR ALIMENTÍCIO

Já a alguns anos são aplicadas tecnologias robóticas, que trouxeram automação das atividades produtivas, como pesar ingredientes, misturar na ordem correta, colocar em esteiras



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

para os processos seguintes, até a formação do palete totalmente automatizada por robôs (SUN et al., 2015).

Processos inovadores envolvem o uso de impressoras 3D, que permite automatização da produção de alimentos (LIU et al., 2020). O processo inicia virtualmente em software específico e com robô o alimento é construído camada por camada, trazendo misturas precisas de ingredientes e que permite, por exemplo, produção de alimentos personalizados para atender necessidades individuais de cada consumidor. São mencionadas aplicações para biscoito, chocolate, macarrão (SUN et al., 2015).

Com a implementação avançada das tecnologias de inteligência artificial, de internet das coisas e tecnologia de sensores será possível o rastreamento de um alimento desde a produção na fazenda à mesa dos consumidores. Esses conhecimentos trarão aprofundados conhecimentos sobre surtos de origem alimentar e possibilidade de correção e controles imediatos e ações para eliminação de problemas futuros (GALANAKIS et al., 2021).

Também o entendimento das vendas, das quantidades existentes de cada diferente produto acabado e suas localizações nos centros de distribuição permite melhora na eficiência logística (SAVASTANO et al., 2018).

A troca de informações entre fábricas de alimentos, seus fornecedores e seus clientes traz o potencial de aprimorar as relações. Digitalização dos estoques permite controle centralizado das demandas de matérias-primas, em especial para empresas com várias unidades produtivas.

Savastano et al. (2018) e Qu et al., (2018) mencionam que os controles e avaliações de dados favorecem a redução significativa do tempo de produção, redesenho de formulações com menos ingredientes, redução de desperdício e descarte. Galanakis et al. (2021) comentam como investimentos em armazenamento e digitalização dos dados de cada etapa do fluxo produtivo permitem uma completa rastreabilidade e mitigação de riscos. Klerkx e Rose (2020) comentam sobre evolução da biotecnologia em proteínas sintéticas, carnes cultivadas, biorreatores com microalgas.



O processo digitalizado de vendas permite análises dos dados por Inteligência artificial favorecendo desenvolvimentos de novos alimentos que atendam à demanda dos consumidores. A inteligência artificial também pode ser aplicada para encontrar formulações inovadoras que entregam alimentos com benefícios reais à saúde (GALANAKIS et al., 2021).

O entendimento aprofundado do desejo dos consumidores, através de big data, fomenta novas pesquisas e desenvolvimento de produtos que atendam seus interesses, sendo exemplos desde desenvolvimento desde novas fontes de proteínas até novos reaproveitamentos dos resíduos dos alimentos (GALANAKIS et al., 2021).

3.3 APLICAÇÕES DA INDÚSTRIA 4.0 NA AGRITECH E BIOTECH

A aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 no setor agrícola e de biotecnologia (*agritech* e *biotech*), tem previsões muito positivas, sendo esperado que a eficiência obtida pelos controles detalhados dos plantios leve a uma expansão do volume produzido sem uma necessidade de expandir as áreas cultivadas, deste modo reduzindo desmatamentos (LIU et al., 2020). Isso permite antecipar um impacto positivo para o meio ambiente.

Com os dados de monitoramento de estágios das plantas, condições dos animais e mesmo do solo é entendida a possível otimização na aplicação mínima de água, de fertilizantes, pesticidas e de medicamentos (WALTER et al., 2017). Novamente impacto positivo para o meio ambiente e mais ganhos para os agricultores.

Com os controles do solo, espera-se que rotações de cultura sejam mais efetivas, favorecendo o equilíbrio do solo e aumentando produtividade (LIU et al., 2020). Com o crescimento da população global, toda otimização que traga mais produção é um claro benefício para a humanidade.

A tecnologia 4.0 deve fortalecer a agricultura também pelo aumento da qualidade dos produtos e bem-estar dos animais, porque com a coleta de dados robustos será possível transformar as escolhas em quantitativas e precisas (BRAUN et al., 2018). Algumas percepções até então subjetivas, poderão ser feitas de modo objetivo e estruturado.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

Uma grande dificuldade para implementação e uso da inteligência artificial está relacionada com o fato que a agricultura não tem facilidade de padronização, com muitas variáveis constantemente em mudança, não há uma solução única definida para situações diversas, por isso a inteligência artificial neste caso precisa ser muito mais robusta que a utilizada no ambiente industrial, demandando que os programadores realmente entendam o ambiente agrícola (LIU et al., 2020).

Pelos esforços já em andamento na Europa e alta tecnologia e investimentos necessários, podemos antecipar que os países em desenvolvimento podem ficar novamente em posição desigual em relação aos países desenvolvidos. O campo tende a ter poucas unidades de grandes fazendas e muitos pequenos fazendeiros e produções familiares que eventualmente não terão capacidade de investir em equipamentos robustos e caros (KLERKX E ROSE, 2020; WALTER et al., 2017).

Na indústria de alimentos a implementação dos conceitos da Indústria 4.0 se mostra mais fácil, pelos processos sistemáticos, onde a automação aumenta eficiência e qualidade final do produto (SUN et al., 2015).

O controle total dos dados permite conhecimentos importantes sobre as necessidades dos consumidores, que precisam ser atendidas por novos produtos alimentícios. Também o amplo conhecimento beneficia a segurança alimentar, com rápida rastreabilidade e entendimentos detalhados que permitem ações para eliminação dos riscos.

O uso da automação por impressão 3D permite a flexibilização da produção de alimentos, com produção de lotes pequenos customizados (SAVASTANO et al., 2018; LIU et al., 2020). Movimento interessante por trazer custos baixos para produtos até então inviáveis.

Porém, a implementação dos conceitos da Indústria 4.0 na manufatura, traz importante ponto negativo que a automação gera: uma grande redução de postos de trabalho, especialmente ligados à linha de produção (SUN et al., 2015). Esta transformação, assim como no agro, indica a necessidade de especialização e estudos por parte dos trabalhadores, para serem absorvidos no ambiente digital.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

Com o levantamento dos dados aqui apresentados, a tabela 1 destaca as principais tecnologias desenvolvidas pela indústria 4.0 com foco em aplicações na agricultura, na indústria de alimentos e biotecnologia, apresentando suas características e funções para a sociedade geral.

Tabela 1 - Tecnologias desenvolvidas pela Indústria 4.0 e suas aplicações na *agritech*

Tipo de Tecnologias	Ferramentas da Tecnologia	Produtos Utilizados	Função da Tecnologia	Referências
Autônomo	Veículos	Terrestres; Aéreos.	Detecção, avaliação Predição e decisão Irrigação, semeadura e colheita Controle de pragas	Bacco et al., 2019 Hermann et al., 2015 Lima & Gomes, 2020 Liu et al., 2020
	Robôs	Drones	Aplicação de Defensivos Químicos Captura de imagens Processos produtivos repetitivos Controle de Qualidade de alimentos Impressão Alimentos 3D	Bai et al., 2020 Braun et al., 2018 Byrne et al., 2018 Savastano et al. 2018 Qu et al., 2019
Big Data	<i>Softwares</i>	Computadores	Análise de grande volume de dados Infraestrutura de armazenamento de dados Informação Centralizada Tratamento dos dados	Bacco et al., 2019 Sacomano et al., 2018 Jamwal et al., 2021 Galanakis et al., 2021
Inteligência Artificial	Aplicativos	Algoritmos de redes sociais; Assistentes pessoais digitais.	Máquina Inteligentes que avaliam conceitos humanos, como Chat GPT; Alexa; Bard, Bing etc.	Klerkx & Rose, 2020 Bacco et al., 2019 Lima & Gomes, 2020
Internet das Coisas	Satélite e Cabos de Fibra ótica	Internet; Celulares; Computadores	Plataformas de Integração Conectividade de dispositivos eletrônicos Armazenamento de dados Gerenciamento de dados	Sacomano et al., 2018 Liu et al., 2020 Bacco et al., 2019 Sacomano et al., 2018
Nuvem (Cloud)	Empresas de Gerenciamento de dados	Google Drive; Apple; Amazon; Dropbox.	Integração de dados e dispositivos; Transferência de dados Comunicação Banco de dados	Hermann et al., 2015 Lima & Gomes, 2020 Bai et al., 2020 Savastano et al., 2018



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo movimento percebido da aplicação de tecnologia em todos segmentos da sociedade, é possível prever que o setor agrícola também terá o mesmo movimento inevitável. Várias ações já estão em implementação das tecnologias da Indústria 4.0 para o Agro e a Indústria de Alimentos. A implementação no Agro se mostra mais desafiadora, pela presença de pequenos agronegócios que terão maiores dificuldades nos investimentos iniciais necessários. Claramente os suportes governamentais serão fundamentais para a evolução da Agricultura 4.0.

Neste aspecto é possível concluir que os países em desenvolvimento, em especial o Brasil, precisam iniciar essa nova revolução o quanto antes, para manterem seus posicionamentos como importantes fornecedores globais de alimentos. Do mesmo modo, apresenta a oportunidade de fortalecer suas indústrias de alimentos com os conceitos 4.0, favorecendo a produção otimizada de produtos saudáveis e a drástica redução de desperdício.

REFERÊNCIAS

- BACCO, M. et al. The Digitisation of Agriculture: a Survey of Research Activities on Smart Farming. *Array*, v. 3–4, 1 set. 2019.
- BAI, C. et al. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, v. 229, 1 nov. 2020.
- BRAUN, A. T.; COLANGELO, E.; STECKEL, T. **Farming in the Era of Industrie 4.0**. *Procedia CIRP. Anais...Elsevier B.V.*, 2018
- CAVALCANTE, Z. V.; DA SILVA, M. L. S. A Importância da Revolução Industrial no mundo da tecnologia. **VII Encontro Nacional de Produção Científica**, p. 2–3, 2011.
- CNI, C. N. DA I. **Indústria 4.0: Entenda seus conceitos e fundamentos**. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>>. Acesso em: 21 ago. 2023.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

GALANAKIS, C. M. et al. Innovations and technology disruptions in the food sector within the COVID-19 pandemic and post-lockdown era. **Trends in Food Science and Technology**, v. 110, n. July 2020, p. 193–200, 2021.

HERMANN, M. et al. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review** Technische Universität Dortmund. Lukasstr.: [s.n.]. Disponível em: <www.snom.mb.tu-dortmund.de>.

ITO, A. G. T. P. **Biotecnologia e Produção de Alimentos**. 1. ed. Londrina - PR: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

JAMWAL, A. et al. Industry 4.0 technologies for manufacturing sustainability: A systematic review and future research directions. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 11, n. 12, 2021.

KLERKX, L.; ROSE, D. Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? **Global Food Security**, v. 24, 1 mar. 2020.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200023, 28 dez. 2020.

LIU, Y. et al. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and Research Challenges. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 17, n. 6, p. 4322–4334, 1 jun. 2021.

GUERRA, A. de L. e R. METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA E ACADÊMICA. **Revista OWL (OWL Journal)**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 149–159, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8240361. Disponível em: <https://www.revistaowl.com.br/index.php/owl/article/view/48>. Acesso em: 3 set. 2023.

QU, Y. J. et al. Smart manufacturing systems: state of the art and future trends. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 103, n. 9–12, p. 3751–3768, 2019.

ROCHA, B. A. B.; LIMA, F. R. D. S.; WALDMAN, R. L. Mudanças No Papel Do Indivíduo Pós-Revolução Industrial E O Mercado De Trabalho Na Sociedade Da Informação. **Revista Pensamento Jurídico**, v. 14, n. 1, p. 298–318, 2020.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

SACOMANO, J. B. et al. **Indústria 4.0: Conceitos e Fundamentos**. 1. ed. São Paulo - SP: Editora Edgar Blucher Ltda., 2018.

SAVASTANO, M.; AMENDOLA, C. Network, Smart and Open. **Network, Smart and Open**, v. 24, p. 127–142, 2018.

SILVA, E. F. E; MACAGNAN, K. L.; CARDOSO, T. F. **BIOTECNOLOGIA: UM PANORAMA AO LONGO DOS SÉCULOS**. 1. ed. Iguatu - CE: Editora Itacaiúnas, 2021.

SOARES, C. E. V. F. Mini Revisão: Leveduras Não-Convencionais com Potencial Biotecnológico para Aplicação de Bioinsumos. **Revista OWL (OWL Journal)**, v. 1, n. 2, p. 197–213, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.8271234.

SUITE, I. M. A. **O que é indústria 4.0?** Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/topics/industry-4-0>>. Acesso em: 21 ago. 2023.

SUN, J. et al. An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 8, p. 1605–1615, 1 ago. 2015.

VARGAS, B. D. et al. Biotecnologia E Alimentos Geneticamente Modificados: Uma Revisão. **Revista Contexto & Saúde**, v. 18, n. 35, p. 19–26, 2018.

VERMA, A. S. et al. Biotechnology in the realm of history. **Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences**, v. 3, n. 3, p. 321–323, 2011.

WALTER, A. et al. **Smart farming is key to developing sustainable agriculture** **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** National Academy of Sciences, , 13 jun. 2017.

Recebido em: 23/08/2023

Aprovado em: 31/08/2023

Publicado em: 03/09/2023