

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR DE AGRICULTURA: UMA ANÁLISE DO ESTADO DA ARTE ORIUNDO DE TESES E DISSERTAÇÕES NO BRASIL (2018-2022)

SERGIO AUGUSTO TORRES MENDES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

ODERLENE VIEIRA DE OLIVEIRA

ARMANDO ARAUJO DE SOUZA JUNIOR

ALEXANDRE PIRANGY DE SOUZA

CRISTIANE DO NASCIMENTO BRANDÃO

Introdução

A literatura científica já aponta aplicações das tecnologias da Quarta Revolução Industrial em campos de atuação alheios as companhias industriais. Um deles é a Agricultura: os processos braçais e as técnicas que por décadas foram utilizadas nas atividades de plantio e colheita estão sendo gradativamente acompanhados por inovações tecnológicas atinentes a Quarta Revolução Industrial, conforme será demonstrado no decurso deste estudo. Os estudos de Borges et al. (2019) aponta que o agronegócio é uma das atividades.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Os estudos de Borges et al. (2019) aponta que o agronegócio é uma das atividades mais representativas no cenário econômico nacional, a ponto de responder por ¼ do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil no ano de 2017. Para que o agronegócio continue sendo relevante, um dos fatores condicionantes é a modernização do setor, a qual já é apontada por pesquisas científicas no âmbito da literatura nacional. Portanto, o objetivo geral deste artigo é evidenciar a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 em processos correlatos a agricultura.

Fundamentação Teórica

A conceituação presente nos estudos de Lee et al. (2018) e Megawati (2018) aponta que a Quarta Revolução Industrial é um fenômeno que ocorre por conta da proliferação da tecnologia da informação nos setores primário, secundário e terciário. Foi através desta expansão que os processos industriais foram digitalizados (Ahmadi et al., 2023; Ammirato et al., 2023; Baur; Wee, 2015), o que por sua vez elevou o nível de assertividade na produção de bens e serviços.

Metodologia

Estudo descritivo acompanhado da realização de uma bibliometria, Os conceitos teóricos foram localizados na base de dados Google Scholar. Desta forma teve como lapso temporal os anos entre 2018 e 2022. Os esforços de pesquisa foram envidados na busca por dissertações e teses que versassem sobre agricultura 4.0, sendo localizados 13 estudos no total na base de dados Biblioteca Digital de Teses e Dissertações.

Análise dos Resultados

Os estudos selecionados versam basicamente sobre Tecnologias 4.0 na agricultura, Internet das Coisas e Irrigação. Notou-se uma escassez de estudos sobre agricultura 4.0 na região norte. Mediante os grandes desafios que o setor agropecuário enfrenta, é mister que mais estudos sejam desenvolvidos nesta área para que haja a compreensão sobre a aplicabilidade de tecnologias 4.0 na agricultura.

Conclusão

O presente estudo demonstrou que o estado da arte concernente ao emprego de tecnologias da Indústria 4.0 na literatura nacional ainda se mostra incipiente, com poucos estudos ainda existentes no levantamento que compreende o período entre 2018- 2022. Apesar da quantidade de estudos e pesquisas ainda não se mostrar em um nível expressivo, os poucos registros existentes demonstram que as tecnologias da Quarta Revolução Industrial podem representar uma oportunidade de redução de custos e elevação dos patamares de produtividade das organizações agroindustriais.

Referências Bibliográficas

ALVES, R.G. Fazenda inteligente: desenvolvimento de um gêmeo digital para o sistema de irrigação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021. MOURARIAS, M.N. Ferramenta para recomendação de tecnologia 4.0: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Palavras Chave

Fábricas Inteligentes, Redução de Custos, Produtividade

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NO SETOR DE AGRICULTURA: UMA ANÁLISE DO ESTADO DA ARTE ORIUNDO DE TESES E DISSERTAÇÕES NO BRASIL (2018-2022)

1 INTRODUÇÃO

O movimento intitulado Indústria 4.0 tem sido objeto de estudos por conta de seus grandes impactos, os quais vão além do ambiente fabril. Assim como aconteceu nas demais revoluções industriais, a Quarta Revolução Industrial se notabiliza pelo surgimento de inovações tecnológicas, as quais atuam de forma concomitante assegurando níveis elevados de qualidade e principalmente de produtividade (Schwab, 2017). Estes resultados sempre foram o objetivo das companhias e a amplitude de alcance deste novo modelo de produção de bens e serviços é tão alta que tem orientado a formulação das políticas industriais das nações em desenvolvimento (Santos; Belém, 2018).

Diegues e Rosalino (2019) apontam que o nascedouro deste movimento se deu na Alemanha com o intuito de promover um salto tecnológico na política industrial daquele país. A utilização do termo “salto tecnológico” sugere uma grande mudança de condição para um *status* consideravelmente superior ao convencional. Nesse sentido, Hirsch-Kreinsen (2016) aborda que o termo Indústria 4.0 foi mencionado pela primeira vez na Alemanha em 2011 e representa uma grande mudança nos padrões de produção, a qual acarreta em um grande desenvolvimento no campo fabril. Isto ocorre por conta da aplicação de tecnologias avançadas no processo produtivo, o que dá a esse novo modo de se produzir coisas o aspecto da digitalização, o qual faz surgir as chamadas fábricas inteligentes (Baur; Wee, 2015; Strozzi *et al.*, 2017).

É por isso que Freitas, Fraga e Souza (2016) apontam que a Indústria 4.0 representa uma nova mentalidade, a qual é formada por conceitos presente na automação industrial e pelo uso da internet em larga escala no meio produtivo. Por sua vez, Ferreira *et al.* (2017) e Milagre *et al.* (2018) apontam outro ponto vantajoso deste fenômeno latente nas organizações que é a possibilidade de customizar produtos. Isso significa dizer que as empresas poderão personalizar seus artefatos produzidos conforme a necessidade dos clientes, o que torna as fábricas mais competitivas em seu cenário concorrencial, visto que as organizações atuais fabricam seus produtos conforme um padrão definido pelos seus setores de pesquisa e desenvolvimento.

Uma das características que fazem a Indústria 4.0 ser bem vista pelas companhias nos tempos hodiernos é a inclusão de robôs nas linhas de produção. Isto faz com que o grau de precisão do processo produtivo se eleve, o que, por conseguinte, resulta na redução de desperdícios (Billig, 2016). Até a Terceira Revolução Industrial, diversas inovações foram criadas e implementadas com vistas ao alcance da melhoria contínua (Bertani, 2012; Turati, 2015). Entretanto, os arranjos produtivos ainda demandavam um grande número de operadores para fazer as tarefas mais repetitivas: tal quadro tende a mudar de maneira drástica com o emprego dos conceitos da Indústria 4.0 por parte das organizações fabris.

Isso explica o fato de Schwab (2017) afirmar que com o advento da Quarta Revolução Industrial, algumas ocupações, como, por exemplo, o operador de telemarketing tendem a desaparecer, enquanto outras profissões que ainda nem existem ainda surgirão nas próximas décadas. A questão do emprego é um item delicado neste contexto, uma vez que Frey e Osborne (2017) fizeram um levantamento referente a 702 ocupações. Deste montante, 47% das profissões analisadas nesta pesquisa estão sujeitas a passarem pelo processo de digitalização (Bauer; Wee, 2015).

Outra questão que faz com que a Indústria 4.0 se notabilize é a junção de várias tecnologias que tornam os processos produtivos mais ágeis e confiáveis. Dentre essas inovações, destacam-se a Internet das Coisas, a *Big Data* e a Computação em Nuvem (Medeiros

et al., 2018; Silveira; Moura; Almeida, 2019). O emprego destas tecnologias faz com que as informações concernentes aos resultados dos processos produtivos sejam transmitidas em grande velocidade e armazenadas em dispositivos que suportam volumes substanciais de dados.

A efetivação das mudanças de uma planta industrial considerada como convencional para os preceitos da Indústria 4.0 exige da organização não apenas aportes financeiros com vistas a compra das tecnologias que compõem este arranjo produtivo. Freddi (2017) registra que esta mudança de padrão de produção tem como requisito a estruturação correta de todos os processos, além do investimento em questões concernentes ao tratamento e armazenamento dos dados produzidos (Silveira; Moura; Almeida, 2019).

Apesar deste novo ordenamento ser recente, conforme indicado por Hirsch-Kreinsen (2016), a literatura científica já aponta aplicações das tecnologias da Quarta Revolução Industrial em campos de atuação alheios as companhias industriais. Um deles é a Agricultura: os processos braçais e as técnicas que por décadas foram utilizadas nas atividades de plantio e colheita estão sendo gradativamente acompanhados por inovações tecnológicas atinentes a Quarta Revolução Industrial, conforme será demonstrado no decurso deste estudo.

Os estudos de Borges *et al.* (2019) aponta que o agronegócio é uma das atividades mais representativas no cenário econômico nacional, a ponto de responder por $\frac{1}{4}$ do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil no ano de 2017. Para que o agronegócio continue sendo relevante no que tange a sua contribuição para os indicadores econômicos do país, um dos fatores condicionantes é a modernização do setor, a qual já é apontada por pesquisas científicas no âmbito da literatura nacional (Carraro; Godinho Filho; Oliveira, 2019; Fernalda, 2018; Ribeiro; Marinho; Espinosa, 2018).

Portanto, o objetivo geral deste artigo é evidenciar a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 em processos correlatos a agricultura. Os objetivos específicos do estudo são: 1) Definir o conceito de Quarta Revolução Industrial conforme a literatura científica; 2) Realizar um levantamento bibliométrico do estado da arte concernente a temática do estudo no período entre 2018 e 2022, e; 3) Descrever os resultados dos principais estudos selecionados nesta pesquisa, os quais evidenciam a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 em processos agroindustriais.

2 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

O estudo de Bogner *et al.* (2016) destaca que a Quarta Revolução Industrial representa uma elevação da flexibilidade das organizações industriais na elaboração e oferta de seus artefatos produzidos. Isto é fruto do processo de digitalização da produção, o qual é apoiado pelo uso concomitante das tecnologias de informação e comunicação (Datta, 2023; Schneider, 2018). Os dados produzidos nos processos produtivos são processados por objetos inteligentes e armazenados em dispositivos com elevada capacidade de armazenamento (Medeiros *et al.*, 2018; Silveira; Moura; Almeida, 2019). Isto faz com que os processos produtivos sejam interligados pelas tecnologias da Quarta Revolução Industrial, o que por conseguinte torna estes processos mais ágeis e com elevado grau de produtividade (Aigbavboa; Ebekoziem; Mkhize, 2023; Schwab, 2017).

A conceituação presente nos estudos de Lee *et al.* (2018) e Megawati (2018) aponta que a Quarta Revolução Industrial é um fenômeno que ocorre por conta da proliferação da tecnologia da informação nos setores primário, secundário e terciário. Foi através desta expansão que os processos industriais foram digitalizados (Ahmadi *et al.*, 2023; Ammirato *et al.*, 2023; Baur; Wee, 2015), o que por sua vez elevou o nível de assertividade na produção de bens e serviços. A utilização de soluções tecnológicas de forma concomitante, como a Internet das Coisas, o Big Data e a Computação em Nuvem (Medeiros *et al.*, 2018; Silveira; Moura;

Almeida, 2019) são reflexo desta nova forma de se produzir artefatos, a qual tem sido um dos principais pilares da Indústria 4.0.

Na interpretação de Indruchová (2019), a Quarta Revolução Industrial pode ser definida como a implementação da inteligência artificial nas atividades de fabricação de artefatos, com destaque para a automação industrial e da robótica. Isso explica o porquê este novo tipo de organização é denominado como fábrica inteligente, a qual para operar precisa apresentar as seguintes características: atuação concomitante de sistemas de informação e comunicação, infraestrutura voltada para o gerenciamento de dados e a inclusão de tecnologias diversas nas atividades diretas e indiretas da linha de produção (Datta, 2023; Mbiza; Sinha, 2023; Strozzi *et al.*, 2017).

Nos dizeres de Lee *et al.* (2018) e Kim, Choi e Lee (2020), a Quarta Revolução Industrial consiste em uma nova forma de se produzir bens e serviços baseada nos princípios da Terceira Revolução Industrial aliados com a onipresença da internet, sensores modernos, inteligência artificial e máquinas inteligentes (Indruchová, 2019). De posse desta informação, infere-se que os pilares da Terceira Revolução Industrial, cujo enfoque era a inclusão de tecnologias da informação e comunicação em busca da melhoria contínua (Bertani, 2012; Schneider, 2018; Turati, 2015) serviram de base para que ocorresse uma evolução na fabricação de bens e serviços. Atualmente, estas atividades contam com tecnologias que atuam de forma síncrona, como, por exemplo, a Internet das Coisas, o Big Data e a Computação em Nuvem (Medeiros *et al.*, 2018; Silveira; Moura; Almeida, 2019), o que fazem com que o nível de excelência nos processos produtivos se eleve de forma substancial.

Isto corrobora com os estudos de Loureiro (2018), o qual aponta que a Quarta Revolução Industrial surgiu da necessidade que as organizações perceberam de se tornarem mais competitivas em seu âmbito concorrencial. Esse é um dos motivos que justifica a expansão da digitalização e da robótica nos arranjos produtivos que se mostram conexos a Quarta Revolução Industrial (Ammirato *et al.*, 2023; Hirsch-Kreisen, 2016). Rodrigues e Alcântara (2019) apontam que o fenômeno denominado como Quarta Revolução Industrial como a integração dos sistemas produtivos com o intuito de reduzir custos e elevar os índices de produtividade (Schwab, 2017). Isso significa que apesar da necessidade de aporte na aquisição das tecnologias da Indústria 4.0 com vistas a adaptação das plantas fabris a este novo ordenamento (Freddi, 2017), o retorno deste investimento ocorre no longo prazo, com a inclusão de robôs e a integração dos processos produtivos, o que garante a redução dos desperdícios e a consequente elevação nos níveis de qualidade e produtividade da produção (Billig, 2016; Hirsch-Kriesen, 2016; Schwab, 2017).

Constata-se que a Quarta Revolução Industrial consiste na integração de diversas tecnologias, bem como sua inclusão nos meios produtivos (Souza, 2020). Neste processo, estão consideradas a inteligência artificial e os nanomateriais (Chaka, 2023; Hassoun *et al.*, 2023; Indruchová, 2019; Santos *et al.*, 2014). Além disso, essa conceituação também aponta a Internet das Coisas (Medeiros *et al.*, 2018), a impressão 3D, os veículos autônomos e a engenharia genética como tecnologias conexas a Indústria 4.0 (Souza, 2020). A enormidade de tecnologias empregada neste novo arranjo produtivo é um dos pontos que justifica o porquê da utilização do termo Quarta Revolução Industrial, uma vez que a ideia de revolução pressupõe o desuso das técnicas que até então eram tidos como ideias e sua substituição por novas maneiras de se produzir coisas, as quais se mostram mais eficientes e vantajosas do que os métodos que eram considerados como padrões a serem seguidos (Nascimento-e-Silva, 2017).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa se notabiliza por ser de cunho descritivo. Na visão de Fontelles *et al.* (2009), uma pesquisa descritiva pode ser considerada como aquela que é realizada com o

intento de observar e descrever um determinado fenômeno. É por essa razão que na realização de pesquisas descritivas o investigador focaliza no detalhamento da questão a ser estudada, sem interferir de maneira direta no objeto de estudo (Prodanov; Freitas, 2013).

Como resposta ao objetivo específico (1) Definir o conceito de Quarta Revolução Industrial conforme a literatura científica, utilizou-se o método bibliográfico conceitual desenvolvido por Nascimento-e-Silva (2012). Este conjunto de técnicas redacionais é formado pelas seguintes fases: a) definição das perguntas de pesquisa; b) coleta de dados; c) organização e análise de dados, e; d) redação das respostas para as perguntas de pesquisa. Com vista ao atendimento deste primeiro objetivo delineado, a seguinte questão foi definida: O que é Quarta Revolução Industrial? As respostas foram coletadas, organizadas e interpretadas com base nos conceitos localizados nos estudos selecionados, com preferência para artigos e demais materiais bibliográficos da literatura científica internacional. As frases afirmativas que suprimam a questão de pesquisa foram localizadas na base de dados *Google Scholar*.

Como resposta ao objetivo específico (2) Realizar um levantamento bibliométrico do estado da arte concernente a temática do estudo no período entre 2018 e 2022, efetuou-se uma pesquisa na base de dados *Google Scholar* com vistas a localizar estudos cujo título ou resumo evidenciasse o emprego de inovações tecnológicas da Indústria 4.0 em processos agroindustriais. Na visão de Junger *et al.* (2019) e Soares *et al.* (2016), as pesquisas bibliométricas servem para identificar o nível de produção científica a respeito de um determinado tema em um espaço temporal definido pelo pesquisador. Para este estudo, adotou-se como lapso temporal o período entre 2018 e 2022, tendo como enfoque a busca por teses e dissertações oriundas de programas de pós-graduação *stricto sensu*.

As produções selecionadas foram analisadas tanto em aspectos quantitativos como também qualitativos (Oliveira, 2019). Nas questões concernentes aos aspectos quantitativos, optou-se pela representação dos dados em gráficos e em quadros com o intuito de evidenciar, por exemplo, qual o ano em que foi registrado o maior número de produções a respeito da temática pesquisada, bem como o campo de aplicação das tecnologias da Indústria 4.0.

Como forma de atender ao objetivo específico (3) Descrever os resultados dos principais estudos selecionados nesta pesquisa, os quais evidenciam a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 em processos agroindustriais, foi criada uma seção no presente estudo dedicada para descrever de forma sucinta os resultados de cada estudo coletado na presente pesquisa. Através da efetuação desta ação, foi possível avaliar quais inovações tecnológicas estão sendo empregadas em processos agrícolas.

A coleta de dados para a construção do presente estudo foi dividida em duas fases. A primeira delas consistiu em buscar, com base na questão norteadora de pesquisa (Brei; Vieira; Matos, 2014), as respostas presentes nos estudos científicos internacionais. Para facilitar esta coleta, foi inserida entre aspas no mecanismo de busca da base de dados *Google Scholar* as frases “*Fourth Industrial Revolution is...*” e “*Fourth Industrial Revolution can be defined...*”. Também foram pesquisados artigos localizados na base de dados *Science Direct*. As respostas coletadas foram selecionadas e organizadas em um quadro de referência denominado massa de dados (Nascimento-e-Silva, 2012). De posse destas informações, cada frase afirmativa foi interpretada e reescrita no marco teórico do presente estudo. Estas conceituações permitiram entender de forma clara o significado e as principais características concernentes a Quarta Revolução Industrial.

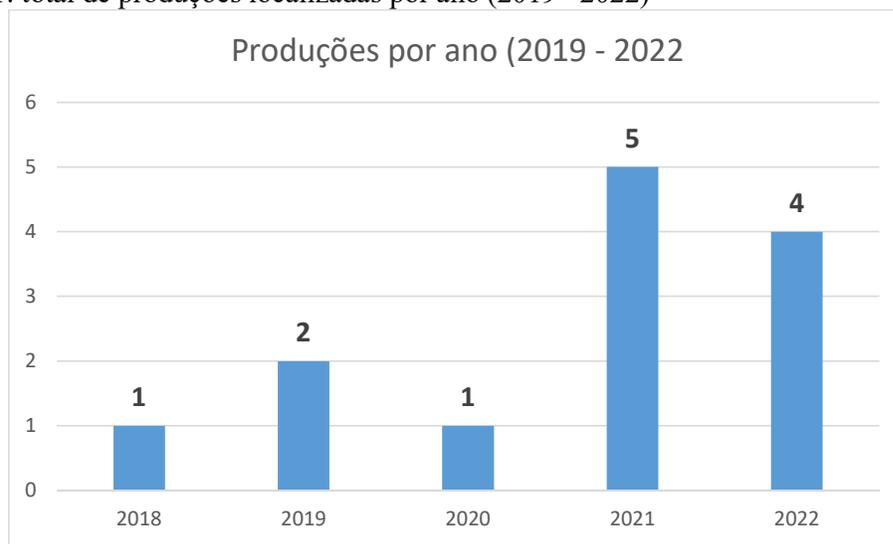
A segunda fase da coleta de dados buscou detectar a existência de estudos cujo teor retratassem o emprego de inovações tecnológicas conexas a Quarta Revolução Industrial em processos agrícolas. Para tanto, fez-se uso da base de dados conhecida como Biblioteca Digital de Teses e Dissertações – BDTD. Nascimento-e-Silva (2020) explana que as bases de dados são locais recomendados pela ciência para a busca de respostas que possam vir a suprir as

perguntas de pesquisa. A prática de pesquisa permitiu a localização de 13 estudos, dentre teses e dissertações no intervalo de tempo considerado para a feitura do estudo bibliométrico.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O primeiro levantamento realizado consistiu na verificação dos trabalhos por ano de publicação. No triênio definido para fins de pesquisa (2017-2010), foram localizados 13 estudos cujo título ou resumo se mostrava conexo com os objetivos pretendidos pelo presente estudo. O Gráfico 1 evidencia este resultado detectado.

Gráfico 1: total de produções localizadas por ano (2019– 2022)



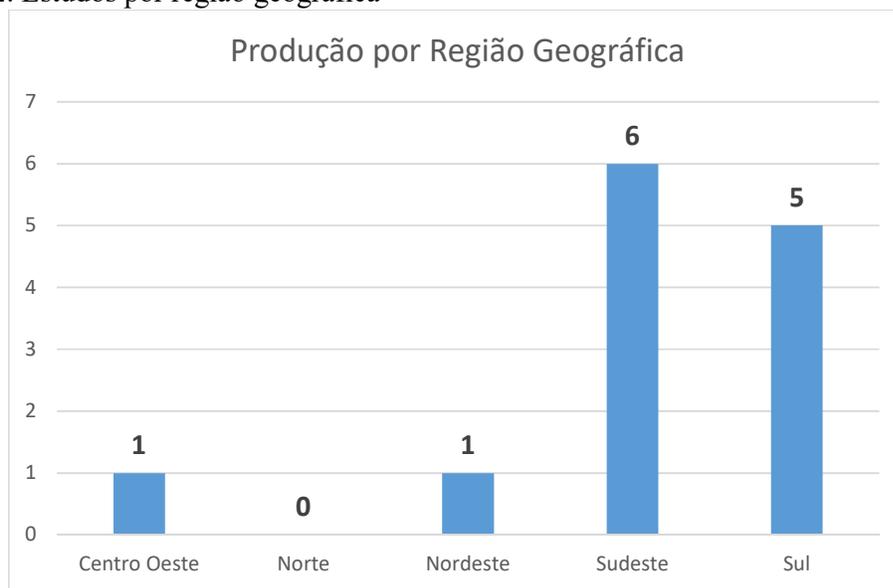
Fonte: Autoria própria (2023).

Este resultado descrito aponta que as pesquisas focalizadas na análise da inclusão de inovações tecnológicas na seara da agricultura estão em franca expansão. O baixo volume de estudos no ano de 2020 pode ser explicado pelo fato de que nesse ano está ocorrendo a pandemia de Covid-19 (Silva; Nascimento-e-Silva, 2020), a qual dificulta a obtenção de dados de forma presencial, através de entrevistas ou questionários (Gil, 2019; Zanella, 2013). O pico de produções ocorreu em 2021, situação essa que de acordo com Nascimento-e-Silva (2020) corrobora para a elevação do estoque de conhecimento sobre as temáticas pesquisadas nas práticas investigativas de cunho científico.

Conforme descrito por Rocha (2021), a temática da agricultura no Brasil em termos de pesquisas científicas ainda é recente, de maneira que há a necessidade da realização de mais estudos para que este fenômeno seja compreendido com maior patamar de precisão. Por sua vez, Alves (2021) afirma que o setor de agricultura no contexto mundial enfrenta o desafio de elevar a produção em 50% até o ano de 2050, mas para isso é necessário reduzir o consumo de água doce, contexto esse que por si só suscita a necessidade de novas temáticas atinentes a agricultura 4.0.

A segunda verificação realizada nesta fase da pesquisa consistiu na identificação região geográfica correlata aos estudos selecionados na bibliometria realizada. Os resultados pertinentes a este levantamento estão exibidos no Gráfico 2.

Gráfico 2: Estudos por região geográfica



Fonte: Autoria própria (2023).

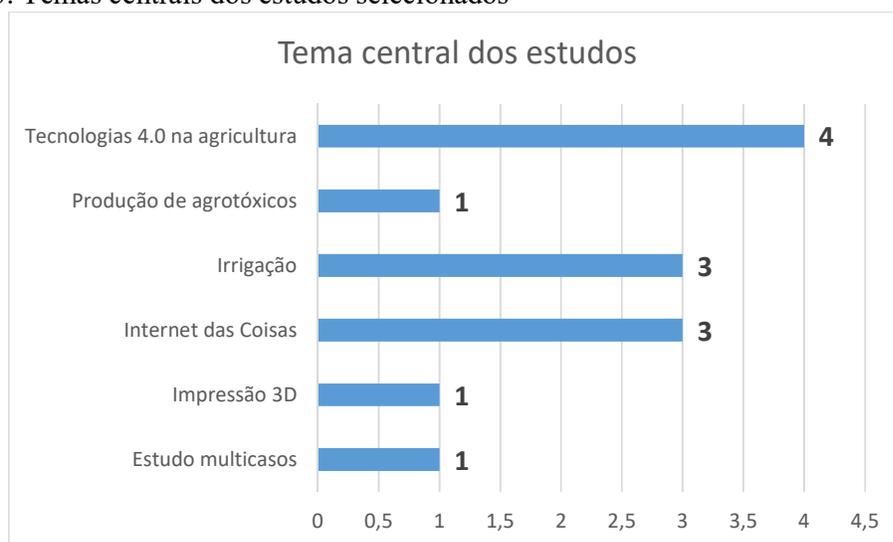
Chama a atenção neste levantamento os poucos resultados correlatos tanto com a Região Norte como também a Região Nordeste. No caso específico da Região Norte, na qual o estado do Amazonas é situado, há um polo de desenvolvimento socioeconômico chamado Zona Franca de Manaus que é conhecido por gerar empregos e auxiliar na preservação da biodiversidade da Região (Bispo, 2009; Tolentino, 2020; Silva; Costa; Lucas, 2019). Consoante Barbosa (2017), as ações da Superintendência da Zona Franca de Manaus não se limitam somente ao campo industrial, abarcando também o setor primário. Destarte, o estímulo para que pesquisas sejam feitas nesta região tendo como enfoque a aplicabilidade de tecnologias 4.0 em processos agropecuários pode fazer com que os plantios e lavouras amazônicos se adequem ao cenário de grandes transformações tecnológicas que caracterizam hodiernamente o setor de agropecuária (Rocha, 2021).

A partir desta lacuna de pesquisa detectada, infere-se que estudos voltados para a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 voltados para a agricultura sejam estimulados com vistas a colaborar com o desenvolvimento desta região. Consoante Souza (2020), os efeitos da Quarta Revolução Industrial vão além do ambiente fabril, manifestando-se noutras dimensões e campos de atuação, sendo a agricultura uma de suas áreas de influência. No

Para Pasquini (2022), um dos maiores óbices que caracterizam o cenário nacional da agricultura 4.0 diz respeito a falta de conectividade em áreas rurais periféricas, as quais não dispõem de uma rede satisfatória de internet. Este é um cenário que acaba arrefecendo a expansão da agricultura 4.0 em regiões rurais (Varella, 2022). Isto pode ajudar a explicar o porquê da agricultura 4.0 ainda não ser uma realidade na Região Norte conforme exposto no Gráfico 2, posto que uma das condições *sine qua non* para a utilização de tecnologias 4.0 é a disponibilidade de internet (Souza, 2020).

O próximo levantamento consistiu na temática abordada em cada um dos 13 estudos localizados para atender o objetivo específico (2). Nesse sentido, elaborou-se um gráfico cujo objetivo foi sintetizar os resultados abordados no decurso desta pesquisa. O resultado deste levantamento encontra-se descrito no Gráfico 3.

Gráfico 3: Temas centrais dos estudos selecionados



Fonte: Autoria própria (2023).

Os resultados exibidos no Gráfico 3 demonstram que a temática central mais presente nos estudos selecionados diz respeito a “Tecnologias 4.0 na Agricultura”, representada por 4 das 13 pesquisas identificadas no decurso da bibliometria. Um exemplo de produção acadêmica *stricto sensu* que trabalhou este assunto é da autoria de Mourarias (2021) e que teve como cerne o desenvolvimento de uma ferramenta voltada para a recomendação de tecnologias da Indústria 4.0 para as pequenas e médias empresas atuantes na seara da agropecuária. As outras temáticas mais predominantes neste levantamento referem-se à aplicabilidade da Internet das Coisas na agricultura e as tecnologias voltadas para modernização e melhorias do sistema de irrigação (Monteleone, 2022; Prado, 2019; Paula, 2018; Vasconcelos, 2020; Varella, 2022).

Como é possível observar, os estudos selecionados para esta construção textual abordam sobre a adoção das tecnologias concernentes a Indústria 4.0 em áreas específicas da agricultura. Todavia, o baixo volume de produções bibliográficas detectadas neste estudo sugere que a inclusão de tecnologias da Quarta Revolução Industrial em processos agrícolas ainda é um campo de pesquisa pouco explorado no contexto brasileiro. Isto corrobora com a visão de Monteleone (2022), a qual diz que embora no contexto mundial o setor de agricultura esteja passando por uma revolução, no cenário brasileiro isto não ocorre com tanta intensidade, o que inspira a realização de estudos que retratem o porquê este fenômeno acontece. Isto representa uma oportunidade para que pesquisadores realizem levantamentos teóricos e práticos focalizados em compreender de que forma acontece esta modernização do agronegócio, a qual fez surgir a expressão Agricultura 4.0 (Massruhá; Leite, 2017; Ribeiro; Marinho, Espinosa, 2018).

Numa visão mais macro, é mister reconhecer que além das transformações tecnológicas, existem outros fatores que justificam o porquê da realização de mais estudos tendo a agricultura 4.0 como enfoque. No contexto mundial, o setor de agricultura enfrenta muitos desafios, tais como: a) necessidade de se produzir mais alimentos; b) consumo consciente de recursos como energia e água; c) populações concentradas em áreas urbanas; d) condições do solo e do clima nem sempre favoráveis; e) sazonalidade (Mendes, 2022; Varella, 2022). Diante disso, pode-se considerar que o emprego de tecnologias 4.0 em processos de produção agropecuários pode representar aos fazendeiros e proprietários atuantes no setor de agricultura quanto ao alcance de melhores resultados em sua respectiva área de atuação (Alves, 2021; Rocha, 2021).

Após a descrição do levantamento do estado da arte pesquisado para esta construção textual, o próximo passo consistiu em efetuar uma breve descrição dos principais trabalhos selecionados com vistas a atender o objetivo específico (3), o qual consiste em descrever os resultados dos principais estudos selecionados nesta pesquisa, os quais evidenciam a utilização de tecnologias da Indústria 4.0 em processos agroindustriais. O primeiro deles é o da autoria de Pasquini (2022), o qual propôs um *framework* sobre transferência de tecnologia no âmbito da agricultura 4.0. A intenção de Pasquini (2022) com seu estudo foi contribuir para que haja uma geração de valor mais robusta neste setor de atuação econômica, de maneira que a conectividade das áreas rurais para a utilização de tecnologias 4.0, como, por exemplo, a Internet das Coisas passe a ser facilitada.

Na visão de Pasquini (2022), para que esta conectividade em áreas remotas seja facilitada, faz-se necessário que o trinômio universidade-indústria-governo não se limite ao campo das teorias, devendo haver maior nível de interface entre os elementos que integram esta tríade. Entretanto, Pasquini (2022) assevera que o maior gargalo para que a conectividade seja favorecida em áreas rurais é justamente a falta de diálogo entre estes atores mencionados. Para que a proposta de Pasquini (2022) possa lograr êxito, faz-se necessário que o governo, as universidades e a indústria desenvolvam planos de conectividade em áreas rurais por meio de alianças estratégicas (Wang; Wang; Mardani, 2023). Esta seria uma forma de modernizar o setor de agricultura, inserindo-o no contexto de revolução tecnológica que caracteriza o momento hodierno conexo a esta área de atuação (Monteleone, 2022).

O segundo estudo cujo destaque é devido foi produzido por Alves (2021), o qual teve como enfoque o desenvolvimento de um gêmeo digital para ser aplicado num sistema de irrigação. Este termo gêmeo digital é utilizado para se referir a configurações que são espelhadas num determinado sistema físico, as quais se equiparam ao seu respectivo funcionamento em tempo real (Campos; Moutinho, 2022). Para viabilizar esta melhoria no sistema de irrigação, Alves (2021) fez uso de uma plataforma, a qual, por sua vez, utiliza a Internet das Coisas para subsidiar as tomadas de decisão sobre irrigação. No entender de Alves (2021), este sistema de irrigação auxiliado pela aplicabilidade de um gêmeo digital pode não só integrar o mundo virtual com o mundo físico como também habilitar o fazendeiro no que se refere a adotar as recomendações do sistema para fins de irrigação, sendo que este processo pode ser acompanhado durante toda uma safra.

O terceiro estudo destacado em tela é da autoria de Rocha (2021), o qual produziu um estudo do tipo multicase sobre a aplicabilidade de tecnologias da Indústria 4.0 na região de São Gotardo, Minas Gerais, junto a 6 produtores de soja. No que tange aos estudos do tipo multicase, Soares e colaboradores (2021) explicam que isto se trata de uma abordagem mais ampliada do estudo de caso, cuja respectiva prática permite ao pesquisador observar mais de um caso, o que, por sua vez, gera resultados mais amplos sobre um dado fenômeno estudado. Para tanto, Rocha (2021) aplicou um questionário para que fosse percebido não somente o nível de conhecimento dos fazendeiros sobre Indústria 4.0, como também os resultados econômicos oriundos da aplicabilidade das tecnologias desta revolução industrial. Rocha (2021) constatou que embora os agricultores não tenham muito conhecimento sobre o que é e quais são as características da Indústria 4.0, os resultados econômicos identificados são satisfatórios e as tecnologias 4.0 fazem parte disto, posto que elas estão inseridas nos processos de agricultura analisados nesta pesquisa.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que o estado da arte concernente ao emprego de tecnologias da Indústria 4.0 na literatura nacional ainda se mostra incipiente, com poucos estudos ainda existentes no levantamento que compreende o período entre 2018- 2022. Apesar

da quantidade de estudos e pesquisas ainda não se mostrar em um nível expressivo, os poucos registros existentes demonstram que as tecnologias da Quarta Revolução Industrial podem representar uma oportunidade de redução de custos e elevação dos patamares de produtividade das organizações agroindustriais.

No que tange ao objetivo específico 1, a pesquisa evidenciou que a Quarta Revolução Industrial é um movimento que se mostra latente no mundo todo, a ponto de ser um dos tópicos que orienta a formulação das políticas industriais tanto de países de primeiro mundo como também das nações em desenvolvimento. Constatou-se que a Quarta Revolução Industrial consiste na reunião de diversas tecnologias, dentre elas o *Big Data*, a Internet das Coisas, a Computação em Nuvem, o emprego de robôs nos processos produtivos e a impressão 3D. A personalização dos artefatos produzidos e a redução dos desperdícios no decurso dos processos são outros aspectos vantajosos que justificam o porquê deste novo ordenamento mundial ser o novo padrão de produção a ser adotado pelas organizações industriais.

Concernente ao objetivo específico 2, observou-se no período de 2017 a 2020 um total de 11 produções conexas a temática trabalhada no presente estudo. A escassez de produções bibliográficas focalizadas no emprego das tecnologias da Indústria 4.0 em processos agroindustriais influenciou na decisão que consistiu em ampliar o universo de pesquisa para o presente estudo. Constatou-se uma baixa quantidade de dissertações de mestrado e a ausência de teses de doutorado neste levantamento, o que sugere que a temática na qual o presente estudo foi focalizado ainda é pouco explorada nos programas de pós-graduação *stricto sensu* no contexto nacional.

Atinente ao objetivo específico 3, optou-se por fazer uma descrição sucinta dos principais trabalhos detectados neste levantamento bibliométrico. Verificou-se que há uma literatura existente sobre esta temática advinda de pesquisas em programas de pós-graduação *stricto sensu*, mas que pode ser expandida com a feitura de mais estudos. As temáticas das tecnologias 4.0 na agricultura, irrigação e internet das coisas foram as mais predominantes, com flagrante escassez de estudos na Região Norte. Nos estudos destacados, observa-se que o emprego de tecnologias da Quarta Revolução Industrial em processos agrícolas faz com que melhores resultados sejam alcançados, o que auxilia a agricultura brasileira a ser mais congruente com o contexto de revolução tecnológica pelo qual este setor está passando no contexto mundial.

Na seara das contribuições teóricas, o estudo trouxe o escopo conceitual atinente a Indústria 4.0, tendo o setor de agricultura como campo de aplicação das tecnologias que integram esta revolução hodierna. É inegável a relevância da agricultura para a sociedade, englobando desde seus métodos de produção até a chegada dos alimentos na mesa dos consumidores. Este é um setor de atuação que está passando por uma revolução tecnológica, a qual tem nas tecnologias da Quarta Revolução Industrial uma via possível para modernizar processos de trabalho, elevar a eficiência e reduzir desperdícios. As contribuições práticas são correlatas com o fato de haver pouca literatura oriunda de dissertações e teses, o que, por sua vez, suscita a realização de mais pesquisas sobre este tema, em especial nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Para agenda de estudos futuros, sugere-se a visão de fazendeiros ou gestores de agricultura com relação ao escoamento de produtos agrícolas, tendo como enfoque os gargalos logísticos existentes no contexto amazônico.

REFERÊNCIAS

AHMADI, M. *et al.* The impact of fourth industrial revolution of the transitory stage of the automotive industry. **Sustainable Manufacturing in Industry 4.0: Pathways and Practices**. Singapore: Springer Nature, 2023, p.79 – 96.

AIGBAVBOA, C.O.; EBEKOZIEN, A.; MKHIZE, N. An assessment of South African Airlines' growth in the era of fourth industrial Revolution Technologies: the unexplored dimension. **Journal of Facilities Management**, p. 1 – 15, 2023.

ALVES, R.G. **Fazenda inteligente**: desenvolvimento de um gêmeo digital para o sistema de irrigação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2021.

AMMIRATO, S. *et al.* Still our most importante asset: a systematic review of human resource management in the midst of the fourth industrial revolution. **Journal of Innovation & Knowledge**, v.8, n.3, p.100403, 2023.

BARBOSA, E.A. **Distrito agropecuário da SUFRAMA (DAS)**: gênese, desenvolvimento e dilemas para o século XXI. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

BAUR, C.; WEE, D. Manufacturing's next act. **McKinsey and Company** – 2015.

BERTANI, T.M. **Lean Healthcare: recomendações para implantações dos conceitos de produção enxuta em ambientes hospitalares**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

BILLIG, O. A. O. **Restrições e perdas no contexto do transporte rodoviário de cargas**: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016.

BISPO, J.S. **Criação e distribuição de riqueza pela Zona Franca de Manaus**. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BOGNER, E.A. *et al.* Study based analysis on the current digitalization degree in the manufacturing industry in Germany. **Procedia CIRP**, v.57, p.14 – 19, 2016.

BORGES, L.E.B. Viabilidade econômica de implementação da tecnologia RFID na indústria de semente de soja. **Produção Online**, v.19, n.4, p.1470 – 1490, 2019.

BRAGA, F.L.; LEAL JUNIOR, R.P.; SANTOS, M.R. **Automatização no agronegócio de pequeno porte**: automatização da irrigação em cultivo de morango. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

BREI, V. A.; VIEIRA, V. A.; MATOS, C. A. Meta-análise em Marketing. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 13, n.2, p.84-97, maio/2014.

CAMPOS, N.F.S.S.; COUTINHO, M.M. Gabinetes de crise no metaverso e a descentralização física na tomada de decisões apoiada por gêmeos digitais. In: XIII COLÓQUIO ORGANIZAÇÕES, DESENVOLVIMENTO E SOCIEDADE. **Anais...**Universidade da Amazônia, Belém, 7 a 10 de novembro de 2022.

CARRARO, N.C.; GODINHO FILHO, M.; OLIVEIRA, E.C. Technologies of the Industry 4.0: perspectives of application in the Brazilian Agribusiness. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v.6, n.7, p.319 – 330, 2019.

CHAKA, C. Fourth industrial revolution – a review of applications, prospects, and challenges for artificial intelligence, robotics and blockchain in higher education. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, v.18, p. 1- 39, 2023.

- DIEGUES, A.C.; ROSELINO, J.E. Indústria 4.0 e as redes globais de produção e inovação em serviços intensivos em tecnologia: uma tipologia e apontamentos de política industrial e tecnológica. **Texto para Discussão (Unicamp)**, n. 356, p. 1-23, 2019.
- FERNEDA, R. **Adoção de tecnologias da Indústria 4.0 por firmas do agronegócio do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.
- FERREIRA, I. V. *et al.* Proposta de um modelo para aplicação da internet das coisas industrial. **Anais... XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE**, Porto Alegre, 1 a 4 out. 2017.
- FONTELLES, M.J. *et al.* Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Rev Par Medicina**, v. 3, n. 23, p. 1-9, 2009.
- FREDDI, D. Digitalisation and employment in manufacturing. **AI & SOCIETY**, p. 1-11, 2017.
- FREITAS, M.M.B.C.; FRAGA, M.A.F.; SOUZA, G.P.L. Logística 4.0: conceitos e aplicabilidade: uma pesquisa-ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico. **Cadernos PAIC**, v.17, n.1, p.237 – 261, 2016.
- FREY, C. B; OSBORNE, M. A. The future of employment: how susceptible are jobs to computerization? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 114, p. 254-280, 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GONÇALVES, C. F. B. *et al.* Um estudo sobre a influência da IOT no agronegócio. **Gestão, Inovação e Empreendedorismo**, v. 1, n. 1, p. 24-35, ago. 2018.
- HASSOUN, A. *et al.*, Implementation of relevant fourth industrial revolution innovations across the supply chain of fruits and vegetables: a short update of traceability 4.0. **Food Chemistry**, v.409, p. 1 – 13, 2023.
- HIRSCH-KREINSEN, Hartmut. Digitalization of industrial work: development paths and prospects. **Journal of Labour Market Research**, v.49, n.1, p.1-14, 2016.
- INDRUCHOVÁ, I. The impact of Industry 4.0 aspects on logistic service providers. **Perner's Contacts**, v.14, n.4, p.26 – 34, 2019.
- JUNGER, A.P. *et al.* Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre gestão educacional. **FTT Journal of Engineering and Business**, v.1, n.5, p.8-18, 2019.
- KIM, S.; CHOI, Y.; LEE, S. Emerging business opportunities based-on venture capital investment data in the Fourth Industrial Revolution. **IEE Access**, v.8, p.123419 – 123429, 2020.
- LEE, M. *et al.* How to respond to the Fourth Industrial Revolution, or the second information technology information? Dynamic new combinations between technology, market , and society through open innovation. **Jurnal Open Innovation: Technology, Market and Complexity**, p, 1-24, 2018.
- LIMA, D.L.F. *et al.* COVID-19 no estado do Ceará, Brasil: comportamentos e crenças na chegada da pandemia. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.25, n.5, p.1575 – 1586, 2020.
- LOUREIRO, C.J. **Cobots na Indústria 4.0: impactos sociais e económicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2018.
- MASSRUHÁ, S.M.F.S.; LEITE, M.A.A. Agro 4.0- rumo à agricultura digital. *In: Embrapa Informática Agropecuária – Artigo em anais de congresso (ALICE)*. *In: MAGNONI*

- JÚNIOR, L. *et al.* (Orgs.). *JC na Escola, Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil*. 2 ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017.
- MENDES, S.A.T. **Planejamento orçamentário como ferramenta de gestão para o agronegócio**. Tese (Doutorado em Administração de Empresas). Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2022.
- MBIZA, N.; SINHA, S. The fourth industrial revolution: conceptual paradoxo or catalyst for achieving the sustainable development goals? **South African Journal of Science**, v.119, n.7/8, p. 1 – 3, 2023.
- MEDEIROS, F.S.B. *et al.* *Internet of things: uma investigação do conhecimento científico em artigos acadêmicos na última década*. **Revista Eletrônica de Administração e Turismo**, v.12, n.7, p.1652 – 1674, 2018.
- MEGAWATI, E. Peran corporate social responsibility (CSR) dalam revolusi Industri 4.0. **Jurnal Ilmiah Bisnis**, v.1, n.2, p.79 – 84, 2018.
- MILAGRE, A. P. A. *et al.* Mapeamento do uso de tecnologias no agronegócio na microrregião de Frutal. **Gestão, Inovação e Empreendedorismo**, v. 1, n. 1, p. 9-23, ago. 2018.
- MONTELEONE, S. **Exploração da adoção da agricultura de precisão no contexto da Agricultura 4.0**: proposta de um modelo de gestão das operações de irrigação. Tese (Doutorado em Administração). Centro Universitário FEI, São Paulo, 2022.
- MOURARIAS, M.N. **Ferramenta para recomendação de tecnologia 4.0**: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.
- NASCIMENTO-E-SILVA, D. **Manual de redação para trabalhos acadêmicos: position paper**, ensaios teóricos, artigos científicos, questões discursivas. São Paulo: Atlas, 2012.
- NASCIMENTO-E-SILVA, D. **Gestão de organizações de ciência e tecnologia**: ferramentas e procedimentos básicos. Saarbrücker: Novas Edições Acadêmicas, 2017.
- NASCIMENTO-E-SILVA, D. **Manual do método científico-tecnológico**: versão sintética. Florianópolis: DNS Editor, 2020.
- OLIVEIRA, E.S. **Criação de um portfólio de cursos de extensão para o Campus Itaituba da Universidade Federal do Oeste do Pará**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto Federal do Amazonas, Manaus, 2019.
- PASQUINI, T.C.S. **Transferência de tecnologia na agricultura 4.0**: proposta de um framework estratégico para embasar a ampliação da conectividade em áreas remotas e rurais brasileiras. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022.
- PAULA, F.O. **Sistema de gerenciamento de maquinário agrícola baseado em internet das coisas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Automação). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- PRADO, A.B. **Proposta de sistema de aquisição e transmissão de dados para suporte à irrigação**. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2019.
- PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas de pesquisa. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

- RIBEIRO, J.G.; MARINHO, D.Y.; ESPINOSA, J.W.M. Agricultura 4.0: desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. *In: Anais... SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIENPRO*. Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, 28 a 30 de agosto de 2018.
- RODRIGUES, J.C.; ALCÂNTARA, M.F.S. A indústria 4.0 introduzida na Alemanha aplicada no Brasil. *In: Anais... 3º CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso, Campus Rondonópolis, 4 a 6 de julho de 2019.
- ROCHA, E.T.B. **Agricultura 4.0 nas lavouras**: estudo multicaso para caracterização em propriedades rurais. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2021.
- SANTOS, C. M.; BELÉM, J. F. Indústria 4.0 e manufatura aditiva: um estudo de caso com os consumidores de calçados produzidos nas indústrias de calçados de Juazeiro do Norte. **Id On Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 12, n. 42, p. 1059-1072, 2018.
- SANTOS, J.M. *et al.* Perspectivas de utilização de nanomateriais em nanodiagnóstico. **Acta Farmacêutica Portuguesa**, v.3, n.1, p.3-14, 2014.
- SCHNEIDER, J. **Medição do nível de maturidade no uso de tecnologia em um ambiente da indústria 4.0**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2018.
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2017.
- SILVA, M.L.A.; COSTA, M.F.; LUCAS, M.M.B. Análise do modelo Zona Franca de Manaus com base nas teorias de desenvolvimento regional. *In: IX SEMINÁRIO INTERDISCIPLINAR SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Anais...*Santa Cruz do Sul, RS, 11 a 13 de setembro de 2019.
- SILVEIRA, S.A.; MOURA, L.V.; ALMEIDA, L.T.G. A reprogramação da sociedade no discurso sobre algoritmos. *In: Anais... VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL LAVITS 2019*. Salvador, 26 a 28 de junho de 2019.
- SOARES, P. B. *et al.* Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre tecnologia de construção e edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 175-185, jan./mar. 2016.
- SOARES, L.F. *et al.* Aprendendo a significância dos testes de protótipo para a garantia da qualidade na engenharia de produtos tecnológicos. *In: IV SIMPÓSIO DE BOAS PRÁTICAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM. Anais....*Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, 9 de setembro de 2021.
- SOUZA, S.S. **Criação do curso de extensão “Conhecendo a Indústria 4.0 sob o olhar da ciência”**. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica). Instituto Federal do Amazonas, Manaus, 2019.
- STROZZI, F. *et al.* Literature review on the ‘Smart Factory’ concept using bibliometric tools. **International Journal of Production Research**, v.55, n.22 p.6572-6591, 2017.
- TOLENTINO, A.S. **Zona Franca de Manaus em análise**: razões jurídicas, econômicas e sociais. Dissertação (Mestrado em Direito Constitucional). Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2020.

TURATI, R.C. **Desenvolvimento de uma abordagem estratégica dos tempos para o Lean Healthcare:** uma proposta para a análise dos tempos nos processos hospitalares. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

VARELLA, W.A. **Arquitetura de serviços integrada para promover a economia circular na agricultura 4.0.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2022.

VASCONCELOS, A.S. **Plataforma IoT para rastreamento e monitoramento para bovinos a pasto.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

WANG, M.; WANG, Y.; MARDANI, A. Empirical analysis of the influencing factors of knowledge sharing in industrial technology innovation strategic alliances. **Journal of Business Research**, v. 157, p. 113635, 2023.

ZANELLA, L.C.H. **Metodologia de pesquisa.** 2 ed. reimpr. Florianópolis: Departamento de Administração da UFSC, 2013.