

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**TATIANA CABREIRA DE SEVERO PASQUINI**

**TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA 4.0: PROPOSTA DE  
UM FRAMEWORK ESTRATÉGICO PARA EMBASAR A AMPLIAÇÃO DA  
CONECTIVIDADE NAS ÁREAS REMOTAS E RURAIS BRASILEIRAS**

**PONTA GROSSA**

**2022**

**TATIANA CABREIRA DE SEVERO PASQUINI**

**TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA 4.0: PROPOSTA DE  
UM FRAMEWORK ESTRATÉGICO PARA EMBASAR A AMPLIAÇÃO DA  
CONECTIVIDADE NAS ÁREAS REMOTAS E RURAIS BRASILEIRAS**

**Proposal of a strategic framework to support to expand of connectivity in  
Brazilian remote rural areas**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Regina Negri Pagani

**PONTA GROSSA  
2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Ponta Grossa



TATIANA CABREIRA DE SEVERO PASQUINI

**TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA 4.0: PROPOSTA DE UM  
FRAMEWORK ESTRATÉGICO PARA EMBASAR A AMPLIAÇÃO DA CONECTIVIDADE  
NAS ÁREAS REMOTAS E RURAIS BRASILEIRAS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado  
como requisito para obtenção do título de Mestre  
Em Engenharia De Produção da Universidade  
Tecnológica do Paraná (UTFPR). Área de  
concentração: Gestão Industrial.

Data de aprovação: 08 de Abril de 2022

Profa. Dra. Regina Negri Pagani, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Augusto Foronda, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Helyane Bronoski Borges, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Joao Luiz Kovaleski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Dra. Taiane Ritta Coelho, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 08/04/2022.

Dedico esta dissertação à minha filha Mariana, pela compreensão e paciência com que suportou a minha ausência, durante a elaboração deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e aos meus pais Ricardo e Ana pelo dom da vida, pelos ensinamentos e apoio diário. Eternamente grata pela oportunidade de estar aqui.

Ao meu esposo, Renato Sampaio Pasquini, que pacientemente suportou, apoiou e me incentivou em todos os momentos, a minha eterna admiração e amor pelo ser de luz que você é na minha vida.

Agradecimento especial à minha orientadora Profa. Dra. Regina Negri Pagani, pela forma com que conduziu a elaboração deste trabalho, dedicando seu precioso tempo às orientações e correções, que com seus questionamentos me instigaram a procurar as respostas adequadas. A forma que transmite o seu conhecimento é um dom maravilhoso.

Aos amigos compreensivos da minha ausência, aos novos amigos mestres e incentivadores, que me acolheram e dividiram comigo as angústias e a alegria de cada etapa vencida.

À Fabiane Souza, pelo apoio incansável, pelas correções, dicas e amizade.

Ao Tibério Bruno Rocha e Cruz, colega dessa caminhada.

Ao Myller Augusto Gomes, pela disposição em me auxiliar todas as minhas dúvidas.

À Angélica Duarte, pelas palavras, assistência e incentivo.

À Sabrina Pereira, amiga querida, por todo o apoio.

À banca pelas orientações, correções e principalmente pelo apoio.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por prover os recursos e a estrutura com excelência em ensino, para que essa dissertação fosse construída.

E a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Os avanços tecnológicos observados no contexto da Agricultura 4.0 apresentam inúmeras oportunidades de promover a conectividade nas áreas rurais remotas. São nestas áreas que se destacam a produção de insumos para a indústria na economia da maioria dos países e no fornecimento de alimentos para uma crescente população. Entretanto, ainda pouco se explorou sobre a cobertura de conectividade necessária para atender a Internet das Coisas embarcada no maquinário agrícola. A falta de conectividade onipresente e eficiente nas áreas rurais remotas torna a *Internet of Things* (IoT), uma importante tecnologia, subutilizada e deixando de contribuir com o seu potencial para uma geração ainda maior de valor na agricultura. Entre inúmeros benefícios, a conectividade no campo é um diferencial para o rápido diagnóstico de defeito no maquinário agrícola e o mapeamento *on-line* da produção. Portanto, este estudo tem como objetivo geral propor um *framework* estratégico para embasar a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas para impulsionar a utilização das informações fornecidas pela IoT embarcada no maquinário agrícola, por intermédio de uma aliança estratégica dos atores da Hélice Sêxtupla. Para alcançar este objetivo, foi realizada uma pesquisa exploratória em material técnico e científico para melhor conhecimento sobre a temática abordada nessa dissertação, bem como o panorama brasileiro atual relacionado ao assunto. Foi também conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), por meio da metodologia *Methodi Ordinatio*, para servir como fonte para a coleta de dados e análise de conteúdo. Os resultados da RSL mostram que a defasagem da cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas é mundialmente reconhecida e que existe uma lacuna urbano-rural a ser resolvida em muitos países, não só para atender a agricultura, mas para levar todas as oportunidades existentes através da conexão com a internet. Finalmente, por meio de análise documental do estudo “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” divulgado pelo governo federal brasileiro, verificou-se que existe um grande potencial para alavancar a Agricultura 4.0 no Brasil por meio da integração entre Universidade, Indústria e Governo, porém, desafios como integração dos atores devem ser vencidos.

Palavras-chave: agricultura 4.0; área rural; conectividade; internet das coisas; maquinários agrícolas; modelos de negócio; tecnologias de informação e comunicação.

## **ABSTRACT**

Technological advances observed from the Agriculture 4.0 context present numerous opportunities to promote connectivity in rural, remote and shady areas. It is in these areas that the production of inputs for industry stands out in the economy of most countries, and in the supply of food to the growing world population. However, little has been explored about the connectivity coverage needed to meet the Internet of Things (IoT) embedded in agricultural machinery. The lack of ubiquitous and efficient connectivity in rural and remote areas makes the IoT, embedded in agricultural machinery, an important underused technology, failing to contribute its potential to generate even greater value in agriculture. Among numerous benefits, connectivity in the field is a differential for rapid diagnosis of defects in machinery and online mapping of production. Therefore, this study has the general objective of proposing a strategic framework to expand connectivity coverage in rural, remote and shaded areas. For this, an exploratory research was carried out in technical and scientific material for better knowledge on the subject and on the panorama in Brazil. A Systematic Literature Review (RSL) was also conducted, using the Methodi Ordinatio methodology, which resulted in a portfolio of articles with scientific relevance. The generated portfolio served as a source for data collection and content analysis, leading to the reflection that the gap in connectivity coverage in rural and remote areas is globally recognized, there is an urban-rural gap to be resolved in many countries, not only to serve agriculture, but to take all the existing opportunities through the internet connection. Through additional exploratory research on technical materials, it was also found that there is great potential to leverage Agriculture 4.0 in Brazil through the integration between university, industry and government, however, challenges such as connectivity need to be overcome.

**Keywords:** agriculture 4.0; rural area; connectivity; internet of things; agricultural machinery; business model; communication and information technologies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conceitos utilizados no trabalho e relacionados a Engenharia de Produção.....	20
Figura 11 - Procedimentos da <i>Methodi Ordinatio</i> .....	27
Figura 2 - Revoluções da Agricultura 1.0 à Agricultura 4.0 .....	37
Figura 3 - Modelo de Referência de IoT - ITU-T .....	42
Figura 4 - Taxa de dados concedida versus capacidade de alcance das tecnologias de comunicação sem fio.....	50
Figura 5 - Distância de transmissão versus vida útil da bateria .....	51
Figura 6 - Cobertura do sistema de comunicação móvel na tecnologia 4G .....	57
Figura 7 - Mapa de orientação para gestão territorial .....	58
Figura 8 - Compilado da Trílice Hélice à Hélice Quintupla .....	61
Figura 9 - Hélice Sêxtupla.....	63
Figura 10 - Esquema para desenvolver <i>framework</i> conceitual .....	66
Figura 12 - Quantidade de publicações por ano do portfólio de artigos.....	74
Figura 13 - Número de publicações por país .....	75
Figura 14 - Termos abordados no portfólio de artigos .....	77
Figura 15 - Termos citados juntos .....	78
Figura 16 - Iniciativas do governo brasileiro e modelos de negócio estudados .....	83
Figura 17 - FECONAGRO - <i>Framework</i> estratégico para a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas .....	85
Figura 18 - FECONAGRO - Conexão entre os <i>stakeholders</i> .....	86
Figura 19 - Atividades-chave do FECONAGRO .....	90
Figura 20 - Resultado do modelo.....	93

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Órgãos de padronização da IoT .....</b>	<b>41</b>
<b>Quadro 2 - Sistemas e equipamentos para controle de ervas daninhas.....</b>	<b>46</b>
<b>Quadro 3 - Algumas das tecnologias da IoT existentes no maquinário agrícola .....</b>	<b>48</b>
<b>Quadro 4 - Parâmetros das tecnologias LPWAN.....</b>	<b>52</b>
<b>Quadro 5 - Modelos de negócio para a área rural identificados na literatura ....</b>	<b>70</b>
<b>Quadro 6 - Conexão em blocos de empresas privadas .....</b>	<b>72</b>
<b>Quadro 7 - Etapas da organização da pesquisa .....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 8 - Comparativo dos modelos de negócio propostos .....</b>	<b>79</b>
<b>Quadro 9 - Portfólio de artigos científicos ordenados.....</b>	<b>113</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Resultado da busca nas bases de dados .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 2 - Resultados do processo de filtragem .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 3 - Relação da representatividade dos periódicos do portfólio .....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i>
5G	Quinta geração
BS	<i>Base Stations</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
Fi	Fator de impacto
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineering</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
LPWAN	<i>Low Power Wide Area Network</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MNO	<i>Mobile Network Operator</i>
OCB	Organização das Cooperativas Brasileiras
PA	<i>Precision agriculture</i>
P&L	Perdas e lucros
PIB	Produto Interno Bruto
RMIO	<i>Remote I/O Module</i>

ROI	<i>Return on Investment</i>
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UNB	<i>Ultra Narrow Band</i>
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
VRA	<i>Variable Rate Application</i>
VBP	Valor Bruto de Produção
VNC	<i>Value Network Configuration</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Problema de pesquisa</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>17</b>
1.2.1	Objetivo Geral .....	17
1.2.2	Objetivos Específicos .....	17
<b>1.3</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4</b>	<b>Inserção na Engenharia de Produção</b> .....	<b>19</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura do trabalho</b> .....	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da pesquisa</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2</b>	<b>Organização da pesquisa</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Primeira etapa: Revisão da Literatura</b> .....	<b>25</b>
2.2.1.1	Pesquisa exploratória.....	25
2.2.1.2	Revisão Sistemática da Literatura (RSL) .....	26
2.2.1.3	Pesquisa sobre as tecnologias emergentes que atendem aos requisitos de conectividade para <i>Internet of Things</i> .....	32
2.2.1.4	Análise e tabulação dos dados.....	32
<b>2.2.2</b>	<b>Segunda etapa: pesquisa documental</b> .....	<b>33</b>
2.2.2.1	Análise do estudo “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” .....	33
2.2.2.2	Análise do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” .....	33
2.2.2.3	Revisão dos modelos de negócio e conexões em blocos de empresas privadas.....	33
2.2.2.4	Análise e tabulação dos dados.....	34
<b>2.2.3</b>	<b>Terceira etapa: construção do <i>framework</i></b> .....	<b>34</b>
<b>2.3</b>	<b>Considerações sobre a seção</b> .....	<b>35</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>36</b>

<b>3.1</b>	<b>Agricultura 4.0</b> .....	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Internet of Things</b> .....	<b>40</b>
3.2.1	Tecnologias da IoT existentes no maquinário agrícola .....	45
<b>3.3</b>	<b>Tecnologias de conectividade</b> .....	<b>49</b>
<b>3.4</b>	<b>A conectividade nas áreas rurais remotas</b> .....	<b>54</b>
<b>3.5</b>	<b>A relação entre atores chaves para uma aliança estratégica</b> .....	<b>60</b>
<b>3.6</b>	<b>Modelo e <i>framework</i>: conceitos e definições</b> .....	<b>65</b>
<b>3.7</b>	<b>Considerações sobre a seção</b> .....	<b>72</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>74</b>
<b>4.1</b>	<b>Revisão de literatura</b> .....	<b>74</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultados da pesquisa documental</b> .....	<b>80</b>
4.2.1	Estudos e iniciativas do governo brasileiro.....	80
4.2.2	Revisão de modelos e <i>frameworks</i> sobre expansão da conectividade nas áreas rurais disponíveis na literatura .....	82
<b>4.3</b>	<b>Proposta de um <i>framework</i> conceitual estratégico para ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas</b> .....	<b>84</b>
<b>4.4</b>	<b>Discussão</b> .....	<b>95</b>
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>100</b>
	<b>APÊNDICE A - Portfólio de Artigos Ordenados</b> .....	<b>112</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 (I4.0) é definida pelo Ministério Federal da Economia e Energia da Alemanha, país onde o conceito I4.0 foi discutido pela primeira vez, como uma rede de processos e máquinas inteligentes, formada por Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para a conectividade digital e física de recursos (LALANDA; MORAND; CHOLLET, 2017; SILVA; KOVALESKI; PAGANI, 2020). A partir disso, a utilização do conceito se disseminou para diversos setores, como na agricultura, por exemplo, onde o termo Agricultura 4.0 passou a ser empregado ao tratar sobre o uso das TICs e a conectividade nessa área (DRATH; HORCH, 2014). A popularização das TICs como as tecnologias sem fio somado a sensores, Inteligência Artificial, *Machine Learning*, *Big Data Analytics*, sistema de posicionamento e análise de imagens, entre outros, passaram a ser incorporadas aos processos agrícolas, para a melhoria genética vegetal e animal, adoção de sistemas de monitoramento, rastreamento, suporte à decisão e tecnologias embarcadas no maquinário agrícola (MILANEZ *et al.*, 2020). Nesse cenário evidencia-se a *Internet of Things* (IoT)<sup>1</sup>, por proporcionar conectividade aos dispositivos inteligentes, promovendo maior assertividade durante a tomada de decisão (ALBIERO *et al.*, 2020; OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2020).

A tecnologia IoT permite automatizar processos por meio da coleta de dados, sendo possível averiguar condições climáticas, umidade do solo, temperatura, monitoramento do gado etc., permitindo uma redução de custos e gerenciamento do negócio (KAUR; SINGH; SOHI, 2020). Nesse sentido, a indústria de maquinário agrícola se destaca por já oferecer a tecnologia IoT, que dá suporte a tarefas como: piloto automático, aplicações em taxas variáveis de insumos agrícolas, sensores que monitoram a cultura, o ambiente, as perdas e parâmetros operacionais, que são apresentados ao operador através de monitores na cabine (REIS *et al.*, 2020).

No entanto, desafios como eficiência energética, recursos de rede e a falta de conectividade são apontados como limitadores para a adoção da IoT na agricultura (RAY, 2017; JELLASON; ROBINSON; OGBAGA, 2021). A conectividade instantânea para o maquinário agrícola na extensão da área de plantio não é uma realidade em muitos países e torna-se cada vez mais necessária principalmente para o rápido diagnóstico de defeito e o mapeamento *on-line* da produção, destaca Ray (2017). A

---

<sup>1</sup> Internet das Coisas.

utilização de sistemas de telemetria para coleta e compartilhamento de dados também depende da conectividade (REIS *et al.*, 2020).

Globalmente, em 2019, cerca de 95% das áreas urbanas eram atendidas por rede de banda larga móvel, enquanto nas áreas rurais esse número estava em torno de 71% de acesso com a tecnologia 4G (ITU, 2020). Segundo a pesquisa realizada pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, publicado em 2020, a lacuna de conectividade acessível, econômica e confiável é o que separa os países ativamente engajados no desenvolvimento de aplicações tecnológicas e os países com baixa penetração de conectividade (NAÇÕES UNIDAS, 2021).

Sob o ponto de vista brasileiro, ofertar conectividade em um território em torno de 8 milhões de Km<sup>2</sup> (851.600,000 hectares), considerando as diferenças topográficas, densidade populacional e demográficas, não é uma tarefa simples. De acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a área rural é de 351 milhões de hectares, ou seja, 41% da área total do país (IBGE, 2017) e apenas 23% da área rural nacional é atendido com algum tipo de tecnologia móvel (ANATEL, 2021). É importante ressaltar que o agronegócio no Brasil representou 26% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2020 (CEPEA, 2020) e, na opinião de *stakeholders*, a conectividade é o grande acelerador dos negócios.

Com o rápido crescimento populacional, a agricultura desempenha um papel vital, tanto na economia da maioria dos países, quanto na responsabilidade de alimentar a população mundial. Para atender esta demanda os agricultores precisam de tecnologias sofisticadas para produzir mais com mão-de-obra e terras limitadas (TANG *et al.*, 2021). A alternativa para aumentar a eficiência, qualidade e quantidade dos produtos agrícolas é uma agricultura baseada nas TICs (VERMA; CHUG; SINGH, 2020).

Perante o exposto, as operadoras de telecomunicações desempenham um papel proeminente para levar conectividade às áreas rurais remotas (considera-se áreas rurais remotas aquelas que além da condição de ruralidade encontram-se com elevado distanciamento dos centros urbanos), através de tecnologias licenciadas desenvolvidas para atender a IoT. As tecnologias licenciadas, de área ampla e de

baixa potência (LPWAN)<sup>2</sup> são oportunidades para expandir a rede de comunicação móvel (TANG *et al.*, 2021).

Entretanto, implantar infraestrutura de telecomunicações em áreas rurais remotas, pode ser cerca de duas a três vezes mais caro do que fazê-lo em áreas urbanas (CAVALCANTE *et al.*, 2021). Essa situação exige o desenvolvimento de soluções econômicas, novos modelos de negócio e *framework* para enfrentar os desafios relacionados à conectividade nas áreas rurais remotas. Assim surge a problemática deste estudo definido pelo problema de pesquisa.

### 1.1 Problema de pesquisa

No relatório *Measuring Digital Development* da *International Telecommunication Union* (ITU, 2020a)<sup>3</sup>, publicado em 2020, foi constatado que o acesso à internet residencial em áreas urbanas é mais alto do que nas áreas rurais. A lacuna de conectividade urbano-rural era pequena nos países desenvolvidos, mas nos países em desenvolvimento o acesso urbano à internet é cerca de duas vezes maior do que o acesso rural. Sendo assim, as áreas rurais dos países em desenvolvimento ainda são as mais penalizadas.

O Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC.br) publicou, em novembro de 2021, o resultado da pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos domicílios brasileiros, denominada TIC Domicílios. Esta pesquisa teve como objetivo medir a posse e o uso das TICs entre a população residente no Brasil. A 16ª edição da TIC Domicílios evidenciou o cenário de conectividade dos domicílios brasileiros e o uso da internet durante a pandemia Covid-19. Os dados da pesquisa mostraram a migração das atividades presenciais para o ambiente digital, devido as medidas restritivas, gerando um aumento da demanda por internet nos domicílios, assim como um aumento da proporção de usuários e das atividades realizadas *on-line* no período. Em 2020 a proporção de domicílios com algum tipo de conexão com a internet chegou a 83%, um aumento de 12 pontos percentuais em relação a 2019 (71%). O uso da internet nas áreas rurais atingiu um marco de 70% da população entrevistada. A pesquisa também mostrou que 84% dos usuários de internet nas áreas rurais utilizam o dispositivo

---

<sup>2</sup> Tecnologias de área ampla e de baixa potência.

<sup>3</sup> União Internacional de Telecomunicações.

celular para a conexão com a internet. O custo da conexão seguiu como a principal barreira ao acesso domiciliar. Entre os domicílios sem acesso à internet, os motivos mais mencionados foram o fato de os moradores considerarem a conexão muito cara (28%), o desconhecimento dos moradores sobre como usar a internet (20%) e a falta de interesse (15%) (CETIC, 2020).

Diante disso, os principais obstáculos que as operadoras de telecomunicações encontram para implantarem infraestrutura de redes móveis nas áreas rurais foram identificados:

- a) O fornecimento estável de energia por meio de torres de transmissão denominadas *Base Stations* (BS)<sup>4</sup> requer energia constante para o funcionamento dos equipamentos e na maioria das cidades rurais o fornecimento de energia é intermitente. Em alguns casos, mais de 80% das falhas nas BS em áreas rurais não são causadas por mau funcionamento da estação, mas por queda de energia (MENDES *et al.*; 2020);
- b) As populações rurais vivem em áreas menos densas e mais dispersas do que as urbanas. Isso faz com que sejam necessários mais pontos de acesso a rádio para que o sinal digital alcance o usuário e conseqüentemente, um alto *Capital Expenditure* (CAPEX)<sup>5</sup> para prover a infraestrutura necessária de energia, *backhaul*, torres etc. (SALLE; MARQUESINI, 2019);
- c) As informações sobre oportunidades de receita rural são limitadas, uma vez que o estudo estatístico referente a uma população (censo) não é realizado com muita frequência e a dinâmica das populações rurais está em constante mudança, dificultando uma análise de receita potencial para realização de investimentos em infraestruturas (CAVALCANTE *et al.*, 2021);
- d) A topologia do terreno também deve ser considerada, já que cada topologia possui diferentes soluções para a propagação do sinal digital. Por exemplo: em uma área montanhosa, a linha de visada das antenas

---

<sup>4</sup> Estações base.

<sup>5</sup> Despesas de Capitais.

tornam-se mais difíceis, enquanto numa superfície plana a chance de possuir obstrução da visada é menor (MENDES *et al.*, 2020).

Diante deste cenário, este estudo buscou responder a seguinte pergunta: Como construir um *framework* estratégico para embasar a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras e impulsionar a utilização das informações fornecidas pela IoT embarcada nas máquinas agrícolas?

## 1.2 Objetivos

De acordo com o contexto abordado e problematização apresentada, erigem-se os objetivos desta pesquisa.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor um *framework* estratégico para a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- OE1: Compreender o panorama atual das tecnologias de conectividade para IoT na área rural e nos maquinários.
- OE2: Identificar o panorama atual da cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras.
- OE3: Identificar modelos de negócio e *frameworks* apresentados na literatura sobre a expansão da conectividade nas áreas rurais remotas.
- OE4: Reconhecer possíveis atores de uma aliança estratégica.

## 1.3 Justificativa

Segundo a *Food and Agriculture Organization (FAO)*<sup>6</sup>, sete em cada dez pessoas pobres do mundo vivem nas áreas rurais e conforme a Revisão de Perspectivas da População Mundial de 2018, da Organização das Nações Unidas

---

<sup>6</sup> Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.

(ONU), a população rural do mundo está em torno de 3,4 bilhões. O crescimento da agricultura possui um grande impacto na redução da pobreza nas áreas rurais (FAO, 2020).

O valor agregado da agricultura aumentou 68% entre 2000 a 2018, em torno de 34 trilhões de dólares. Mesmo assim, a representatividade do PIB mundial manteve-se estável nos últimos anos, em torno de 4% (FAO, 2020). No Brasil, o agronegócio alcançou 26,6% do PIB em 2020, conforme apontado no relatório do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da ESALQ/USP (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). O desempenho favorável das *commodities* agrícolas fomentou o investimento em pacotes tecnológicos avançados e a renovação da frota de maquinário agrícola foi a maior registrada nos últimos anos (CEPEA, 2020).

O estudo de Wolfert *et al.* (2017) apresentou os fatores de impulso e de atração do uso de tecnologias para melhorar a produtividade no campo, o controle da gestão e a tomada de decisão. A IoT e as tecnologias baseadas em dados trazem um aumento de eficiência por menor preço de custo ou melhor preço de mercado.

Diante do exposto, esta pesquisa se justifica pelas seguintes contribuições:

Contribuição teórico-científica: Estudos anteriores abordam a relação entre a IoT, áreas rurais e conectividade como os de Akpakwu *et al.* (2017), Xu *et al.* (2017) e Mistry *et al.* (2020). Entretanto, uma abordagem sobre as operadoras de telecomunicações no cenário de habilitadores de infraestrutura digital para atender o crescente mercado de IoT é limitada. Por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi constatado uma escassez de estudos sobre como ampliar a cobertura de conectividade, para atender a demanda da IoT nas áreas rurais remotas brasileiras. Assim, este trabalho se propõe a preencher esta lacuna.

Contribuição com a sociedade: este trabalho se propõe a oferecer, por meio do *framework*, uma alternativa estratégica para ampliar a conectividade nas áreas rurais remotas e, conseqüentemente, elevar os índices de produtividade agrícola. Assim, o *framework* estratégico ofertado é também uma contribuição econômica do setor para o país. Segundo a *Global Enabling Sustainability Initiative* (GESI, 2020) as soluções habilitadas pelas TICs colaboram para inclusão dos pequenos produtores no mercado global, fornecendo acesso a informações como mercado, práticas de cultivo,

fornecedores próximos e empresas de transporte; As TICs colaboram para aumentar a produtividade e reduzir os desperdícios de alimentos e contribuem para alimentar uma crescente população global (INICIATIVE, 2020).

Contribuição com inovação tecnológica no agronegócio: A conectividade é onipresente para se obter informações em tempo real que auxiliam no controle e gestão no agronegócio. Assim, este trabalho poderá nortear as estratégias de crescimento da Agricultura 4.0.

#### **1.4 Inserção na Engenharia de Produção**

De acordo com a divisão das áreas propostas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2020), esse trabalho se enquadra na área de Engenharia Organizacional. Segundo Batalha (2008), na Engenharia de Produção usa-se modelos para resolver problemas complexos que as empresas encontram. Além desta área específica, este trabalho busca integrar diferentes conceitos relacionados a Engenharia, conforme demonstrado na Figura 1, com a finalidade de propor um *framework* estratégico visando embasar a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras, auxiliando as organizações a formarem uma aliança estratégica, para fornecer conectividade e atender IoT embarcada no maquinário agrícola, combinando recursos, competências e expertise.

**Figura 1 - Conceitos utilizados no trabalho e relacionados a Engenharia de Produção**



Fonte: Autoria própria (2021).

O foco deste estudo é o desenvolvimento de uma proposta de um *framework* estratégico para embasar a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas, com o intuito de apoiar a construção de elos e a formação de alianças entre empresas de ramos diferentes, mas que buscam atender a defasagem da conectividade em áreas rurais remotas. Assim, configura-se um trabalho focando em inovação tecnológica no campo, alcançada a partir da transferência de tecnologias inteligentes, relacionando-se, portanto, à linha de pesquisa Gestão Industrial, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) e se inserindo na temática de pesquisa do grupo: Gestão da Transferência de Tecnologia.

## 1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. Primeiramente, a pesquisa é contextualizada, são apresentados o problema de pesquisa, os objetivos específicos e geral, a justificativa e a sua inserção da temática na Engenharia de Produção.

A metodologia é apresentada capítulo 2 e descreve os passos traçados para a consecução deste trabalho, detalhando a construção do portfólio de artigos que foi utilizado como base da pesquisa para a coleta de dados e posterior análise dos conteúdos, bem como a construção do *framework* proposto neste trabalho.

O capítulo 3 aborda o referencial teórico, discorrendo sobre os temas que permeiam este trabalho, sendo eles: Agricultura 4.0, conceitualização da *Internet of Things* (IoT) e sua aplicação na agricultura. São apresentadas as tecnologias de conectividade para atender a IoT, um panorama da cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas e a relação entre atores chaves para uma aliança estratégica neste contexto. Por fim, são identificados os modelos de negócio, *frameworks* e as conexões em blocos entre empresas existentes que atuam na expansão da conectividade nas áreas rurais remotas.

No capítulo 4 são apresentados os resultados da revisão de literatura, da pesquisa documental e a proposta do *framework* e no capítulo 5, apresenta-se a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo apresentar o caminho metodológico e os procedimentos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. Para isso, os procedimentos adotados foram descritos em dois tópicos: Caracterização e classificação da pesquisa (2.1); e Organização da pesquisa (2.2).

A organização, por sua vez, foi realizada em três etapas: Revisão de Literatura (2.2.1) que possibilitou identificação do problema, justificativa e objetivos da pesquisa, e também a atingir o OE1; Pesquisa documental, que possibilitou atingir os objetivos específicos OE2 e OE3 (2.2.2); e Descrição das atividades e procedimentos para a construção do *framework*, atingindo o objetivo geral (2.2.3).

### 2.1 Caracterização da pesquisa

Toda a pesquisa decorre de um problema e para cada pesquisa existe a necessidade de ter um delineamento específico que se refere a estratégia definida para integrar os diferentes componentes do estudo (CAUCHICK-MIGUEL *et al.*, 2018).

A classificação desta pesquisa segue a proposta de Gil (2008). Assim, quanto aos objetivos, a pesquisa é exploratória, pois possui o objetivo de proporcionar maior proximidade com o problema em estudo. De acordo com a natureza dos dados esta pesquisa se classifica como qualitativa, uma vez que busca construir, a partir da análise de conteúdo de outras publicações científicas, um *framework* estratégico para embasar a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas e impulsionar a utilização das informações fornecidas pela IoT embarcada nas máquinas agrícolas.

Do ponto de vista da sua finalidade, esta pesquisa se classifica como aplicada, já que está direcionada às necessidades do mercado e a obtenção de conhecimento para aplicação em uma situação específica. Desta forma, este trabalho investiga modelos de negócio e *framework* para atender as áreas rurais remotas brasileiras com conectividade.

Quanto aos procedimentos técnicos é classificada como bibliográfica, pois foi realizada a consulta à trabalhos científicos publicados como suporte para a elaboração do *framework* estratégico, com o objetivo de embasar a ampliação da conectividade e impulsionar a utilização das informações fornecidas pela IoT embarcada nos maquinários agrícolas.

## **2.2 Organização da pesquisa**

Nesta seção, está apresentada a trajetória percorrida para atingir os objetivos da pesquisa. Esta fase foi dividida em três etapas, sintetizadas no Quadro 7 apresentado a seguir:

Quadro 1 - Etapas da organização da pesquisa

Etapas	Atividades e Procedimentos	Metodologia e autores utilizados	Objetivos a serem atendidos
1ª - Revisão de literatura	i) Pesquisa exploratória;	Revisão bibliográfica exploratória (GIL, 2018; CAUCHICK-MIGUEL <i>et al.</i> , 2018).	Identificação do problema, definição da pergunta de partida, justificativa e objetivos da pesquisa.  (OE1): Compreender o panorama das tecnologias de conectividade.
	ii) Revisão Sistemática da Literatura;	Metodologia <i>Methodi Ordinatio</i> (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015; 2017).	
	iii) Pesquisa sobre as tecnologias emergentes que atendem aos requisitos de conectividade da IoT;	Revisão de literatura (SINHA; WEI; HWANG (2017); IKPEHAI <i>et al.</i> (2019); KABALCI; ALI (2019); MEKKI <i>et al.</i> (2019)	
	iv) Análise e tabulação dos dados;	Análise de conteúdo e técnica de tabulação dos dados (BARDIN; SUÁREZ, 2002).	
2ª - Pesquisa documental	i) Análise do estudo “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” (BRASIL, 2021a);	Revisão de literatura (KUMAR <i>et al.</i> (2020); MENDES <i>et al.</i> (2020); CAVALCANTE <i>et al.</i> (2021).	(OE2): Estudar o panorama atual da cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras.
	ii) Análise do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” (BRASIL, 2021c)	Análise de conteúdo e técnicas de tabulação dos dados (BARDIN; SUÁREZ, 2002).	(OE3): Pesquisar sobre os modelos de negócio e <i>frameworks</i> apresentados na literatura, sobre expansão da conectividade nas áreas rurais remotas.
	iii) Revisão dos modelos de negócio;		
	iv) Análise e tabulação dos dados;		
3ª - Construção do <i>framework</i>	i) Cruzamento dos dados encontrados nas revisões de literatura e pesquisa documental;	Análise de conteúdo e técnicas de tabulação dos dados (BARDIN; SUÁREZ, 2002).	(OE): Propor um <i>framework</i> estratégico para embasar a ampliação da conectividade e impulsionar a utilização das informações fornecidas pela IoT embarcada no maquinário agrícola.
	ii) Estruturação dos componentes do <i>framework</i> ;		

Fonte: Autoria própria (2021).

Na sequência, cada uma das etapas será fundamentada, de acordo com a literatura e os procedimentos apresentados de forma detalhada, assim como a metodologia utilizada para a Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

### 2.2.1 Primeira etapa: Revisão da Literatura

Esta subseção objetiva descrever a revisão de literatura realizada na primeira etapa da metodologia, foi dividida em quatro subseções, conforme descrito abaixo.

#### 2.2.1.1 Pesquisa exploratória

A *Methodi Ordinatio* é uma metodologia para revisão sistemática de literatura e uma ferramenta de decisão multicritério. Ela consiste na sistematização da busca de artigos com relevância e de acordo com o tema pesquisado, levando em consideração três variáveis: (i) Fator de impacto (Fi) da revista que o artigo foi publicado; (ii) ano da publicação e; (iii) número de citações (Ci) dos artigos encontrados (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015; 2017).

A partir dos critérios definidos pela *Methodi Ordinatio* é possível obter uma ordenação dos artigos mais relevantes da temática em questão, que através da equação *InOrdinatio* permite estabelecer um *ranking* dos artigos com relevância sobre o assunto pesquisado, facilitando o processo de busca do portfólio bibliográfico. A comunidade científica considera essa combinação de extrema relevância, como detalhado em Pagani, Kovaleski e Resende (2015; 2017), e validado por outros autores (GAO; MELERO; SESE, 2019; SOUZA *et al.*, 2019; CORSI *et al.*, 2020). Através da utilização da metodologia multicritério *Methodi Ordinatio* foi realizado uma revisão bibliográfica exploratória acerca dos temas centrais envolvidos, que são: Conectividade, IoT e Agricultura 4.0, conforme as etapas 1 e 2 descritas na sequência:

Etapa 1 - Estabelecer a intenção da pesquisa: neste estudo, a intenção da pesquisa buscou compreender o panorama atual das tecnologias de conectividade para atender a IoT nas áreas rurais remotas.

Etapa 2 - Pesquisa exploratória: a busca exploratória em diferentes bases de dados, a identificação das palavras-chave e suas combinações foram testadas nesta etapa.

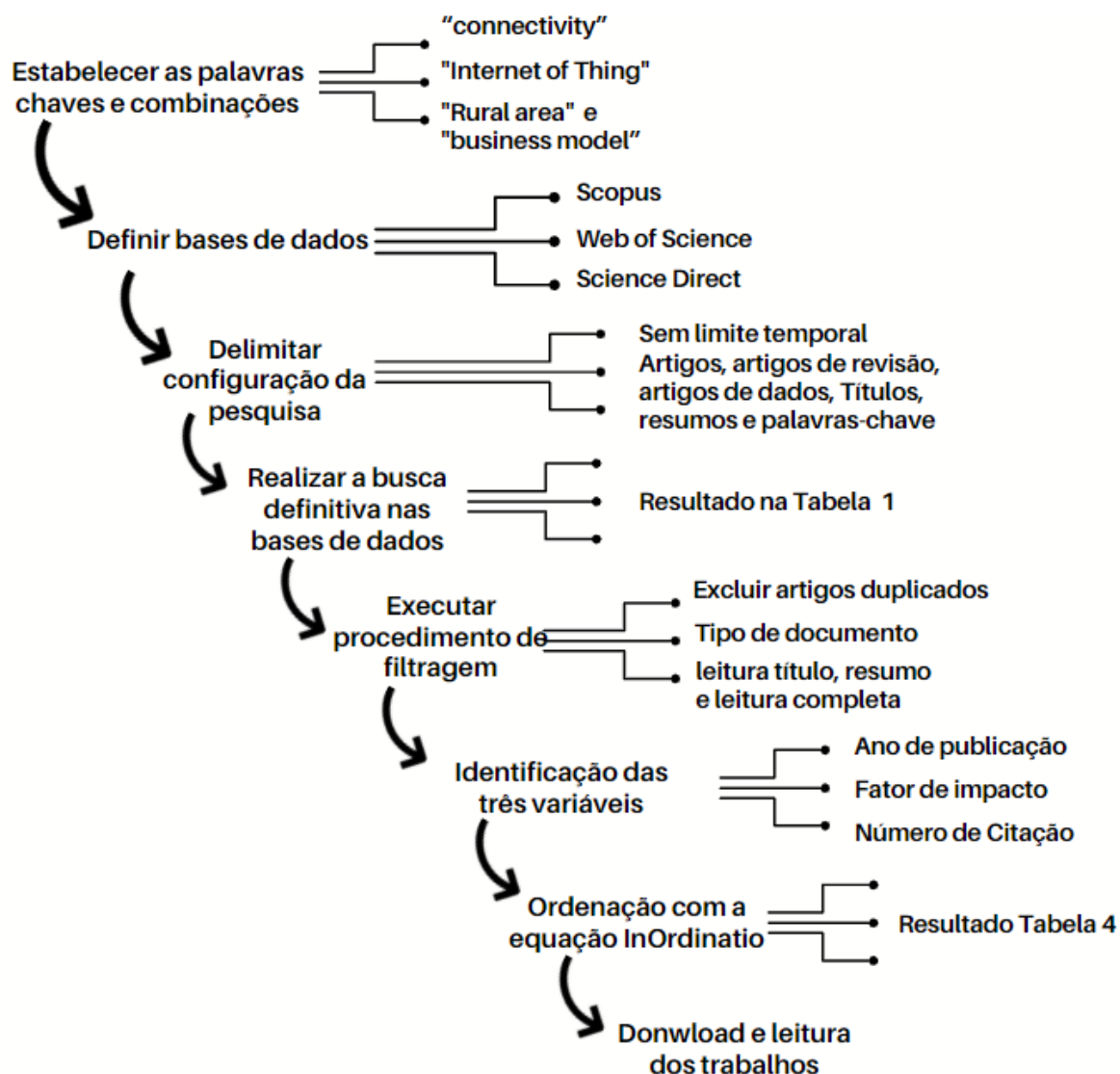
A partir das etapas descritas, originou-se a pergunta de partida, a problemática, a justificativa e a definição dos objetivos da pesquisa. A pergunta de partida que deu origem a este trabalho foi: **Como construir um *framework* estratégico para embasar a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas e impulsionar a utilização da IoT embarcada nas máquinas agrícolas?**

#### 2.2.1.2 Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

Dando sequência na etapa de revisão com o objetivo de responder ao problema da pesquisa e cumprir com os objetivos propostos, foram realizadas as demais etapas da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) - *Methodi Ordinatio* - para os três eixos de pesquisa (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2017).

A partir da aplicação da *Methodi Ordinatio* foi construído o portfólio de artigos científicos com relevância ao tema para a leitura sistemática, a análise de conteúdo e a coletas e tabulação dos dados.

As etapas da metodologia *Methodi Ordinatio* para a presente pesquisa estão representadas na Figura 11 como um resumo dos procedimentos seguidos:

Figura 2 - Procedimentos da *Methodi Ordinatio*

Fonte: Adaptado de Pagani, Kovalski e Resende (2015; 2017).

Etapa 3 - Nesta etapa, com base nos resultados encontrados após as buscas preliminares, foram definidas as palavras-chave, bem como as bases de dados a serem utilizadas. As palavras-chave centrais definidas foram: "*connectivity*", "*internet of things*", "*rural area*" e "*business model*". Optou-se por consultá-las na língua inglesa, visando abranger um maior número de trabalhos. Não foi realizado um recorte temporal com o intuito de conter o início dos estudos que apresentam a combinação das palavras-chave definidas.

As bases de dados utilizadas foram as disponíveis pelo Portal de Periódicos CAPES<sup>7</sup>, sendo consideradas as três bases que retornaram maior quantidade de

<sup>7</sup> Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br>

estudos disponíveis, sendo elas: *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*. Em seguida, foram estabelecidas configurações específicas para cada base de dados, conforme descrito:

- a) *Scopus*: pesquisa por título, resumo e palavras-chave, selecionando somente artigos e revisões, utilizando o operador booleano (\*) ao final de cada palavra;
- b) *Web of Science*: pesquisa por título, resumo e palavras-chave, selecionando somente artigos e revisões, utilizando o operador (\*) ao final de cada palavra;
- c) *Science Direct*: pesquisa por título, resumo e palavras-chave, selecionando somente artigos e revisões, a base não permite o operador booleano (\*).

Etapa 4 - Pesquisa definitiva nas bases de dados: as buscas definitivas foram realizadas entre os meses de março e abril de 2021, resultando em um total de 443 artigos. A combinação das palavras-chaves e os eixos da pesquisa foram estabelecidos da seguinte forma: (i) Eixo 1: compreende a combinação das palavras-chaves: *connectivity*, *rural area* e *internet of things (IoT)*, com o intuito de encontrar artigos referentes às tecnologias de conectividade para IoT nas áreas rurais; (ii) Eixo 2: através da combinação das palavras-chaves *agricultural machine*, *internet of things* e *agribusiness* buscou-se encontrar inovações da IoT existente nos maquinários agrícolas para a agricultura; (iii) Eixo 3: utilizou-se as palavras-chaves *business model*, *connectivity*, *internet of things* e *rural area* buscando informações de modelo de negócio de conectividade para as áreas rurais, buscando atender a IoT. Os resultados da pesquisa nas bases de dados são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Resultado da busca nas bases de dados

Combinação de palavras-chave		Scopus	Web of Science	Science Direct	Total
Eixo1	1 ("connectivity" OR "mobile communication system") AND ("rural area" OR "agribusiness" OR "agriculture" OR "smart farming") AND ("internet of things" OR "IoT")	239	77	18	334
	2 "5G" AND ("connectivity" OR "mobile communication system") AND ("rural area" OR "agribusiness" OR "agriculture" OR "smart farming") AND ("internet of things" OR "IoT")	47	6	2	55
	3 "Mobile communication system" AND innovation AND "rural propert*" OR "rural area" OR "rural business" OR "agribusiness" OR "agriculture"	15	0	0	15
Eixo2	1 ("agricultural mechanization" OR "agricultural machine" OR "agricultural workers") AND ("iot" OR "internet of things")	17	3	2	22
	2 ("agricultural mechanization" OR "agricultural machine" OR "agricultural workers") AND ("agribusiness" OR "smart farming") AND ("internet of things" OR "IoT")	6	0	1	7
	3 ("agricultural mechanization" OR "agricultural machine" OR "agricultural workers") AND ("iot" OR "internet of things") AND innovation AND ("rural property" OR "rural area" OR "rural business" OR "agribusiness" OR "agriculture")	1	0	0	1
	4 ("agricultural mechanization" OR "agricultural machine" OR "agricultural workers") AND ("iot" OR "internet of things") AND innovation AND ("rural property" OR "rural business" OR "agribusiness")	0	0	0	0
Eixo3	1 ("business model" OR "business strategy") AND ("connectivity" OR "mobile communication system") AND ("ICT" OR "Information and communication technolog*") AND ("rural area" OR "rural business" OR "agribusiness")	3	1	0	4
	2 ("business model" OR "business strategy") AND ("connectivity" OR "mobile communication system") AND ("rural area" OR "rural business" OR "agribusiness") AND ("IoT" OR "internet of things")	2	1	0	3
	3 ("connectivity" OR "mobile communication system") AND ("rural area" OR "agribusiness" OR "agriculture" OR "smart farming") AND innovation AND ("internet of things" OR "IoT") AND ("business model" OR "business strategy")	2	0	0	2
<b>Total artigos:</b>					<b>443</b>

Fonte: Autoria própria (2021) baseado em dados da Scopus, Web of Science e Science Direct (2021).

Percebe-se que, para todas as combinações, a base de dados que trouxe maior número de artigos foi a *Scopus*, seguido da *Web of Science* e da *Science Direct* e que, na terceira combinação do eixo 1 e na terceira e quarta combinação do eixo 2, trouxeram poucos ou nenhum artigo publicado referente a combinação realizada, enquanto as combinações do eixo 3 trouxeram pouquíssimos trabalhos, evidenciando uma lacuna na literatura que pode ser explorada.

Etapa 5 - Processo de filtragem: a etapa de filtragem consiste em eliminar da quantidade bruta de artigos, trabalhos duplicados e não relacionados ao tema de estudo, pois, por mais que sejam feitas combinações das palavras-chave, muitos trabalhos que retornam da pesquisa estão fora do escopo.

Os critérios utilizados para a filtragem foram definidos pelo pesquisador e neste estudo foram definidos os seguintes: (i) artigos duplicados, através da utilização do gerenciador de referências *Mendeley Desktop*; (ii) eliminados por tipo de documento (artigos de conferência e capítulos de livro); (iii) exclusão após a leitura do título e; (iv) exclusão após a leitura do resumo; por fim (v) exclusão após a leitura completa do artigo.

Desta forma, objetiva-se com a Tabela 2, demonstrar os critérios utilizados para a filtragem e a quantidade de artigos do portfólio bibliográfico:

**Tabela 2 - Resultados do processo de filtragem**

Procedimentos de filtragem	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Eliminação por duplicatas	148	7	1
Eliminados por tipo de documento	140	7	2
Eliminação por leitura de título	29	2	0
Eliminação por leitura de resumo	28	3	0
Eliminação por leitura completa	4	2	0
Total de artigos eliminados	349	21	3
Total de artigos eliminados de todos os eixos	373		
<b>Total do portfólio</b>	<b>70</b>		

Fonte: Autoria própria (2021).

Como pode ser observado, a maioria das eliminações acontece na verificação das duplicatas, pois os mesmos artigos estavam presentes em diferentes bases de dados. A eliminação por tipo de documento buscou eliminar capítulos de livros, livros e artigos de conferência, conforme orientação da *Methodi Ordinatio* (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2017).

Por fim, foram eliminados os documentos que não estão alinhados à temática desta pesquisa, resultando em um portfólio preliminar de 70 documentos.

Etapa 6 - Identificação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações: as variáveis da metodologia *Methodi Ordinatio* foram coletadas para cada artigo do portfólio. O fator de impacto selecionado para julgar a importância do periódico foi definido na sequência: 1º - *Journal Citation Report* (JCR), 2º - valor *CiteScore*, *Scimago* (SJR) ou SNIPP. Em caso de não apresentar nenhuma das métricas, o valor atribuído para  $F_i$  do artigo foi zero. O ano de publicação foi identificado em cada documento e o número de citações pesquisado no *Google Scholar*.

Etapa 7 - *InOrdinatio*: a aplicação da equação da *Methodi Ordinatio* denominada *InOrdinatio* permite a ordenação dos artigos selecionados para o portfólio bibliográfico final, de acordo com a sua relevância. O ranqueamento se dá por meio da Equação 1 (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015).

$$InOrdinatio = (F_i / 1000) + \alpha * [10 - (AnoPesquisa - AnoPublicação)] + (C_i) \quad (1)$$

Em que:

- $F_i$ : é o Fator de impacto;
- $C_i$ : é o número de Citações;
- $\alpha$ : Peso atribuído pelo pesquisador de 1 a 10, quando mais próximo do 10 maior importância da atualidade do tema;
- AnoPesquisa: ano de realização da pesquisa;
- AnoPublicação: ano de publicação do artigo.

Após a aplicação da *InOrdinatio* os artigos foram ranqueados e definido a priorização da leitura.

Etapa 8 - Localização dos textos em formato integral: todos os artigos foram localizados e realizado o *download* de cada artigo para leitura e análise.

Etapa 9 - Leitura sistemática e análise dos artigos: após os procedimentos descritos, o portfólio final foi composto pelas combinações apresentadas na Tabela 1,

excluindo apenas 1 (uma) combinação que não trouxe resultado. Todos os artigos foram lidos. Em uma primeira etapa, apenas o resumo e aqueles considerados mais relevantes, foram lidos na íntegra.

O portfólio de artigos científicos consta no Apêndice A (Portfólio de artigos ordenados), conforme Quadro 9.

Após a leitura, os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas para a apresentação dos resultados da revisão de literatura, descritos na seção 4.1.

#### 2.2.1.3 Pesquisa sobre as tecnologias emergentes que atendem aos requisitos de conectividade para *Internet of Things*

Através da revisão de literatura dos estudos de Sinha, Wei e Hwang (2017), Ikpehai *et al.* (2019), Kabalci e Ali (2019) e Mekki *et al.* (2019), descrita no referencial teórico (Capítulo 2.3) e da análise de conteúdo, foi possível responder ao Objetivo Específico 1 (OE1): compreender o panorama atual das tecnologias de conectividade.

#### 2.2.1.4 Análise e tabulação dos dados

A análise de conteúdo é uma técnica utilizada para análise de dados qualitativos, e de acordo com Bardin e Suárez (2002), a análise de conteúdo pode ser dividida em três etapas: (i) pré-análise: nesta etapa é escolhido o material a ser analisado, de acordo com a representatividade, pertinência (entre outros), para com a temática do estudo; (ii) exploração do material: nesta etapa é realizada a codificação e categorização do material; (iii) tratamento dos resultados obtidos e interpretação: é nesta fase que é realizada a interpretação dos resultados (que pode ser feita por inferência).

Seguindo as etapas propostas por Bardin e Suárez (2002), a pré-análise foi realizada a partir da aplicação da *Methodi Ordinatio*, onde foi construído um portfólio de artigos científicos com relevância ao tema. A exploração do material foi concluída nas duas primeiras atividades da etapa 1: Pesquisa exploratória (2.2.1.1) e Revisão sistemática da literatura (2.2.1.2).

Diante disso, a leitura dos artigos selecionados no portfólio final utilizado nesta pesquisa permitiu a interpretação dos resultados, sendo essas informações

organizadas em formato de texto, quadros, tabelas e figuras, apresentados no referencial teórico (Capítulo 3).

### 2.2.2 Segunda etapa: pesquisa documental

Após a primeira etapa, percebeu-se a necessidade de aprofundar os conhecimentos empíricos sobre o tema. Para isto, foi realizada uma pesquisa documental exploratória em materiais técnicos, como: “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” (BRASIL 2021a) e “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” (BRASIL, 2021c), além da pesquisa sobre as conexões em blocos realizadas por empresas privadas, descritas na seção 2.6. Adicionalmente, foi realizada uma análise específica na literatura sobre modelos de negócio. Assim, foram selecionados os trabalhos apresentados por Kumar *et al.* (2020), Mendes *et al.* (2020) e Cavalcante *et al.* (2021).

#### 2.2.2.1 Análise do estudo “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro”

A análise de conteúdo deste material, descrito na seção 3.4, permitiu responder ao Objetivo Específico 2 (OE2): estudar a cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas.

#### 2.2.2.2 Análise do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0”

A análise de conteúdo deste estudo, descrito na seção 3.5, permitiu identificar o potencial da interação entre os atores da Hélice Sêxtupla para o contexto da Agricultura 4.0 no Brasil.

#### 2.2.2.3 Revisão dos modelos de negócio e conexões em blocos de empresas privadas

A análise de conteúdo deste estudo, descrito na seção 3.6, permitiu responder o Objetivo Específico 3 (OE3): pesquisar sobre os modelos de negócio e *frameworks* apresentados na literatura sobre a expansão da conectividade nas áreas rurais remotas.

#### 2.2.2.4 Análise e tabulação dos dados

De acordo com Bardin e Suárez (2002) a análise de conteúdo foi dividida em três etapas: (i) pré-análise: identificada a representatividade da pesquisa documental: “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” e “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” com a temática do estudo; (ii) exploração do material: foi compreendido e categorizado o material; (iii) tratamento dos resultados obtidos e interpretação: a leitura na íntegra dos materiais técnicos permitiu interpretar os resultados, sendo essas informações organizadas em formato de texto, quadros, tabelas e figuras, apresentados no referencial teórico (Capítulo 3) e nas subseções 3.4, 3.5 e 3.6, possibilitando atingir os objetivos específicos 2 (OE2), 3 (OE3) e 4 (OE4).

A partir disso, foi possível descrever a etapa da construção do *framework* conceitual.

#### 2.2.3 Terceira etapa: construção do *framework*

A partir do cruzamento dos dados encontrados nas revisões de literatura e pesquisa documental, realizados na seção anterior, foi construído o *framework* conceitual estratégico para ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras.

Para a construção do *framework*, foram considerados os seguintes conhecimentos: (i) base obtida na análise de conteúdo da fundamentação teórica, descritos no Capítulo 2; (ii) conhecimento sobre *frameworks* e modelos de negócio, em específico, os propostos por Kumar *et al.* (2020), Mendes *et al.* (2020) e Cavalcante *et al.* (2021); e (iii) conhecimento sobre modelo teórico Tríplice Hélice e Hélice Sêxtupla.

Perante o observado, os modelos propostos por Kumar *et al.* (2020), Mendes *et al.* (2020) e Cavalcante *et al.* (2021) indicam um acordo de compartilhamento de infraestrutura e receita entre apenas empresas. O conhecimento obtido sobre o modelo teórico Tríplice Hélice e Hélice Sêxtupla permitiu identificar os atores do ecossistema da Agricultura 4.0 e construir um *framework* estratégico de conectividade para ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras através de uma aliança entre atores público, de conhecimento, empresariais, institucionais, de fomento e habitats de inovação.

Ressalta-se que o objetivo geral deste trabalho é propor um *framework* conceitual e estratégico para embasar a ampliação da conectividade e impulsionar a utilização das informações fornecidas pela IoT embarcada nos maquinários agrícolas, através de parcerias entre setores públicos e privados, utilizando o modelo Hélice Sêxtupla.

Na esteira das diretrizes do estudo “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” (BRASIL, 2021a) e do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” (BRASIL, 2021c), buscou-se identificar o papel e função dos atores ligados ao agronegócio nacional.

Trata-se de um *framework* conceitual para auxiliar a compreensão do papel dos atores deste ecossistema, bem como a função deles para formar uma aliança estratégica e alavancar a Agricultura 4.0 no Brasil.

### **2.3 Considerações sobre a seção**

Esta seção descreveu de forma detalhada os procedimentos realizados para atingir os objetivos desta pesquisa. Na primeira etapa, foi realizada a Revisão de Literatura que, através das atividades e procedimentos, identificou-se problema da pesquisa, definiu-se a pergunta de partida, além de permitir atingir o Objetivo Específico 1 (OE1). Na segunda etapa, foi realizada a pesquisa documental exploratória que possibilitou identificar iniciativas do governo e de empresas privadas, além de modelos de negócio descritos na literatura sobre expansão da conectividade nas áreas rurais remotas. Diante disso, foi possível alcançar os objetivos específicos 2 (OE2), 3 (OE3) e 4 (OE4). Na terceira etapa, foi realizado o cruzamento dos dados encontrados e estruturado um *framework* conceitual.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem o intuito de trazer definições importantes e expor os fundamentos teóricos que são mencionados no decorrer deste trabalho. Assim, é apresentado um correlato da evolução da agricultura com as revoluções industriais. Em seguida, o conceito de *Internet of Things* (IoT) é apresentado e contextualizado. Em função do uso da IoT existente no maquinário agrícola, esta tecnologia foi também explorada nesta seção. De maneira semelhante, as soluções de conectividade, tecnologias de frequência licenciadas e não licenciadas e a próxima geração (5G) são abordadas neste capítulo. Como o objetivo deste trabalho é identificar a cobertura de conectividade presente nas áreas rurais remotas, estes espaços serão caracterizados neste capítulo.

A proposta deste trabalho, que é a construção de um *framework* estratégico para embasar a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras, requer um trabalho conjunto, envolvendo a participação da universidade, que orienta o processo de A; da iniciativa privada, que dispõe da infraestrutura necessária para a realização da mesma, e do apoio governamental tanto em termos de incentivos fiscais quanto de parcerias. Contudo, a literatura que aborda o vínculo entre estes três atores - Universidade, Indústria e Governo - é também abordada. Visando apoiar a proposta deste estudo, este capítulo aborda também os modelos de negócio e *frameworks* existentes na literatura para expandir a conectividade nas áreas rurais remotas. Desta forma, a união de todos estes tópicos fundamenta o conteúdo para alcançar o objetivo geral desta pesquisa.

#### 3.1 Agricultura 4.0

A agricultura é a principal fonte de subsistência dos países em desenvolvimento e desempenha um papel vital na economia. Diversos tipos de agricultura são praticados em diferentes regiões do mundo com o foco no fornecimento de alimentos saudáveis para alimentar a crescente população mundial (TANG *et al.*, 2021).

Diante disso, a evolução da agricultura ocorre em paralelo com as evoluções do setor industrial, utilizando o conceito de Indústria 4.0 (ZHAI *et al.*, 2020). Conforme apresentado na Figura 2, a agricultura pode ser dividida em revoluções:

**Figura 3 - Revoluções da Agricultura 1.0 à Agricultura 4.0**



**Fonte: Adaptado de Liu *et al.* (2020).**

A literatura identifica como primeira revolução agrícola ou Agricultura 1.0 quando se utilizava de práticas rudimentares (tradicional) os agricultores dependiam fortemente de ferramentas indígenas como enxada, foice e forcado para o cultivo. A agricultura era realizada através de muito trabalho manual e com baixa produtividade (RAPELA, 2019).

A Agricultura 2.0 foi considerada a partir da inserção do maquinário agrícola que impulsionou o aumento da produção, aproveitando os benefícios da primeira revolução industrial - Indústria 1.0, ocorrida no século XVIII (1760-1850). O maquinário foi introduzido às práticas agrícolas para auxílio na preparação de canteiros, semeadura, irrigação e colheita, com isso, reduzindo o trabalho manual e aumentando significativamente a produção (LIU *et al.*, 2020).

A segunda revolução industrial (Indústria 2.0), ocorrida na metade do século XIX (1850-1870) e foi marcada pela substituição da principal fonte de energia e da descoberta da eletricidade. As novas fontes de energia, juntamente com as inovações no setor de transporte contribuíram para o desenvolvimento da cadeia de abastecimento agroalimentar, proporcionando novos mercados para os agricultores, que antes considerados isolados, começaram a ser conectados (LIU *et al.*, 2020).

A terceira revolução industrial (Indústria 3.0), iniciada em meados do século XX (1950) e conhecida como a era da eletrônica, foi a responsável pela modernização da indústria após a Segunda Guerra Mundial. Devido aos avanços dos sistemas

embarcados, engenharia de *software* e tecnologias de comunicação, os sistemas agrícolas também evoluíram para a conhecida Agricultura 3.0, que visava explorar tecnologias de informação para a Agricultura de Precisão (NARVAEZ *et al.*, 2017) através de sistemas de orientação agrícola e monitoramento da produtividade.

As revoluções industriais modificaram gradativamente a forma das atividades agrícolas. A agricultura nativa passou para a agricultura mecanizada, computadorizada, com o auxílio da Agricultura de Precisão e da Agricultura 4.0 (LIU *et al.*, 2020). O conceito Agricultura de Precisão (PA)<sup>8</sup> surgiu nos anos 90 e tem como princípio focar no processamento específico do local, no qual as condições da produção são otimizadas por meio de sensores e tecnologias de aplicação (SANCHEZ-GOMEZ *et al.*, 2020).

Para Sanchez-Gomez *et al.* (2020) a PA é a integração das tecnologias de informação, comunicação e controle na agricultura. O avanço nos últimos anos em PA tem sido na linha de integração de novas TICs para apoiar os agricultores na gestão e tomada de decisão.

A PA emprega tecnologias para gerenciar a variabilidade espacial e temporal dentro dos campos e para melhorar o rendimento da colheita enquanto diminui o impacto ambiental (JEPPESEN *et al.*, 2018). O aumento da produção de alimentos exigida pela crescente população mundial requer modernização no setor agrícola, sendo que a gestão agrícola baseada em dados mostra grande potencial para facilitar esta exigência (MISTRY *et al.*, 2020).

Já a Agricultura 4.0 surgiu do conceito de Indústria 4.0 para o setor agrícola, uma transição recente e potencialmente revolucionária que, porém, ainda carece de uma definição universalmente aceita (JELLASON; ROBINSON; OGBAGA, 2021). Com base em tecnologias digitais, como IoT, dados de sensores e tecnologias de sensoriamento remoto, a Agricultura 4.0 tem o potencial de aprimorar a PA e de melhorar o desempenho do sistema agrícola e a tomada de decisão precisa, em resposta às incertezas operacionais (KONG *et al.*, 2019).

Segundo Albiero *et al.* (2020), a Agricultura 4.0 tomou forma com base no desenvolvimento da *Internet of Things*, da Inteligência Artificial e da conectividade onipresente, ligada a computação em nuvem, considerando estas três tecnologias o tripé fundamental para a aplicação do conceito Agricultura 4.0.

---

<sup>8</sup> *Precision Agriculture.*

Outros termos estão combinados com o conceito Agricultura 4.0, Agricultura Inteligente e Agricultura Digital (HORVÁTH; SCHMITZ, 2019). De acordo com Albiero *et al.* (2020), a agricultura digital envolve a expansão do conceito de PA que enfatiza os procedimentos de produção, não apenas pela obtenção de dados relevantes e seu tratamento, mas também por meio de funções de decisão ótimas para melhorar os processos agrícolas por meio de tecnologias de Inteligência Artificial.

Para Klerkx, Jakku e Labarthe (2019) a digitalização implica em tarefas de gestão dentro e fora da fazenda e se concentram em diferentes tipos de dados, a saber: consumo, localização, clima, comportamento, preços e informações econômicas etc., usando máquinas, sensores, drones e satélites para monitorar plantas, solo, animais, água, etc. Com esses recursos é possível melhorar as práticas agrícolas e a produtividade.

No caso da produção de alimentos, a preocupação atual com mudanças climáticas, biodiversidade, bem-estar animal, segurança alimentar global e a destinação de recursos naturais evidencia a necessidade do desenvolvimento sustentável da agricultura, que só é possível com o apoio das TICs (TANG *et al.*, 2021).

Em conjunto com o conceito de PA, a eletrônica e a IoT são um importante *player* no maquinário agrícola (HORVÁTH; SCHMITZ, 2019). Na década de 90 surgiram os sistemas de direção automática, controle de taxa de aplicação de pesticidas com base em mapas de prescrição. No início dos anos 2000, os sistemas de telemetria operacional são demonstrados em tratores e os sistemas de direção automática são oferecidos por todos os principais fabricantes (REIS *et al.*, 2020).

Os Estados Unidos foram pioneiros em instalar sistemas de navegação por satélite em máquinas agrícolas, permitindo o uso de equipamentos como sensores de alta tecnologia e alto desempenho, tornando o maquinário agrícola inteligente (CARBONELL, 2016), enquanto que na Europa, a troca de dados foi estabelecida ao utilizar linhas de comunicação sem fio entre os computadores dos escritórios das fazendas e as máquinas em operação, um sistema de gerenciamento de informações foi estabelecido por meio dessas trocas de dados (WOLFERT *et al.*, 2017).

No estudo de Sheng (2017) foi discutido o posicionamento de alta precisão, a tecnologia de navegação e de controle autônomo para o movimento de máquinas agrícolas em ambientes e condições de trabalho complexos. Foi apresentado tecnologias de percepção de visão de máquina e tecnologias de transmissão de dados

de alta cobertura baseada em redes 4G e IoT. Foram apresentados também os dados de pesquisas sobre o posicionamento e navegação de máquinas agrícolas realizados pelos Estados Unidos.

O estudo de Xie *et al.* (2018) informou que o investimento em maquinário agrícola em países desenvolvidos é de 50%, enquanto nos países em desenvolvimento é de 75%, destacando que a inovação na frota de maquinários agrícolas possui um grande valor.

A Itália tem implementado diversos produtos e serviços no campo da PA. Um exemplo é a plataforma esiFARM, que é baseada em tecnologia de computação em nuvem. O sistema de transmissão dos dados para a nuvem é realizado por meio de redes de dados como LPWAN, 2G (GSM)<sup>9</sup> e *wi-fi*, e recomendações relevantes sobre a produção são fornecidas (LI; ZHENG; ZHAO, 2019).

Como pode-se observar, a IoT está remodelando as práticas tradicionais, permitindo automatizar processos através da coleta de dados, gerenciar informações sobre condições climáticas, umidade do solo, temperatura, monitoramento do gado etc., permitindo uma redução de custos e gerenciamento do negócio (KAUR; SINGH; SOHI, 2020). Tecnologias como IoT, GPS (*Global Positioning System*)<sup>10</sup> e *Big Data* são utilizadas para melhorar o gerenciamento agrícola (MISTRY *et al.*, 2020). Nesta pesquisa, o enfoque está na tecnologia IoT, bem como tecnologias acessórias que permeiam este termo. Na próxima seção será abordado o conceito e modelo da IoT.

### 3.2 Internet of Things

Em 1999, o termo *Internet of Things*, popularmente conhecido por sua sigla IoT, foi cunhado pelo pesquisador britânico Kevin Ashton, do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Conceito simples e eficiente, o termo “coisas” consegue exemplificar que um computador pode receber, interpretar e comandar qualquer objeto sem a intervenção humana (ASHTON, 2009).

As aplicações da IoT variam consideravelmente entre os setores de consumo e corporativo, desde aplicações industriais pesadas em mineração e manufatura, até aplicações de saúde para os consumidores (TOUSEAU; SOMMER, 2019).

---

<sup>9</sup> *Global System for Mobile Communications*.

<sup>10</sup> Sistema de Posicionamento Global.

A ITU<sup>11</sup> define IoT como uma infraestrutura global para a sociedade da informação, possibilitando serviços avançados pela interconexão física e virtual, com base em coisas existentes e a evolução da informação e comunicação (ITU, 2016).

O estudo de Mistry (2020) destaca que há uma série de fraquezas a serem verificadas para o uso da IoT como: (i) segurança: à medida que o número de dispositivos conectados aumenta, as chances de explorar vulnerabilidades por ataques externos também aumentam. (ii) padrões: a falta de padrões e regulamentos pode causar consequências indesejáveis ao lidar com os dispositivos conectados. (iii) latência: os padrões de comunicação atuais usados para interação entre vários dispositivos IoT apresentam problemas de latência.

Existem organismos internacionais de padronização para minimizar essas fraquezas, promovendo a convergência em direção a soluções globalmente interoperáveis para IoT (MARTÍNEZ *et al.*, 2016). O Quadro 1 apresenta uma relação de organizações responsáveis pela padronização da IoT.

**Quadro 2 - Órgãos de padronização da IoT**

<b>Órgão</b>	<b>Fonte</b>
<i>3rd Generation Partnership Project (3GPP)</i>	<a href="https://www.3gpp.org">https://www.3gpp.org</a>
<i>Alliance for Internet of Things Innovation (AIOTI)</i>	<a href="https://aioti.eu">https://aioti.eu</a>
<i>European Committee for Standardization (CEN/CENELEC)</i>	<a href="https://www.cencenelec.eu/Pages/default.aspx">https://www.cencenelec.eu/Pages/default.aspx</a>
<i>European Telecommunications Standards Institute (ETSI)</i>	<a href="https://www.etsi.org">https://www.etsi.org</a>
<i>Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE)</i>	<a href="https://www.ieee.org">https://www.ieee.org</a>
<i>International Electrotechnical Commission (IEC)</i>	<a href="https://www.iec.ch/homepage">https://www.iec.ch/homepage</a>
<i>International Organization for Standardization (ISO)</i>	<a href="https://www.iso.org/home.html">https://www.iso.org/home.html</a>
<i>International Telecommunication Union (ITU-T)</i>	<a href="https://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx">https://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx</a>
<i>Internet Engineering Task Force (IETF)</i>	<a href="https://www.ietf.org">https://www.ietf.org</a>
<i>Internet Research Task Force (IRTF)</i>	<a href="https://irtf.org">https://irtf.org</a>
<i>IoT Acceleration Consortium</i>	<a href="https://local-iot-lab.ipa.go.jp/about_iot_acceleration_lab.html">https://local-iot-lab.ipa.go.jp/about_iot_acceleration_lab.html</a>
<i>World Wide Web Consortium (W3C)</i>	<a href="https://www.w3.org">https://www.w3.org</a>

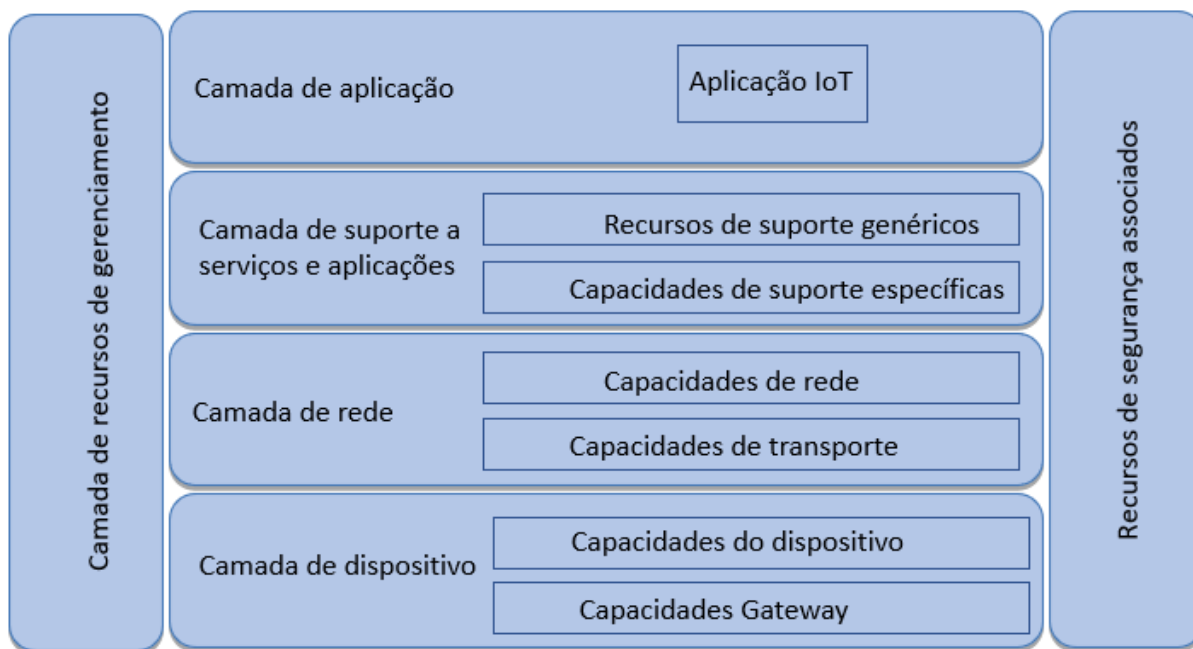
**Fonte: A autoria própria (2021).**

Muitos esforços estão sendo feitos para a interoperabilidade da IoT e, apesar disso, ainda não há uma arquitetura padronizada (MARTÍNEZ *et al.*, 2016). Neste

<sup>11</sup> União Internacional de Telecomunicações.

sentido, a ITU publicou em 2012, um Modelo de Referência ITU-T Y.2060, composto por seis camadas (ITU, 2012) conforme a Figura 3:

**Figura 4 - Modelo de Referência de IoT - ITU-T**



Fonte: Adaptado de ITU-T Y.2060 (2012).

O termo camada é usado no sentido de arquitetura de *software*. Cada camada representa um agrupamento de módulos, que oferece um conjunto coeso de serviços, conforme descrito abaixo:

**Camada de aplicação:** sua principal tarefa é fornecer os serviços solicitados pelo usuário. É a estrutura de aplicativos alimentados por plataformas de computação em nuvem que oferecem serviços aos usuários. Por exemplo, a camada de aplicação pode fornecer medições de temperatura e umidade do ar ao usuário que solicitar estas informações (AL-FUQAHA *et al.*, 2015, RAJU; VIJAYARAGHAVAN, 2020).

**Camada de suporte à serviços e aplicações:** é constituída por dois grupos de suporte a aplicações. Um grupo contém as aplicações genéricas, que são funcionalidades comuns que podem ser usados por várias aplicações IoT e outro contém as aplicações específicas são funcionalidades com atribuições particulares, exclusivas para certas aplicações.

**Camada de rede:** possui como principal tarefa transmitir e processar informações. É a partir dela que as “coisas” podem se tornar conectadas. Consiste em dois tipos de recursos: (i) capacidades de rede: fornece funções de controle relevantes de conectividade, como funções de controle de acesso à rede, gerenciamento de

mobilidade, autenticação, contabilidade e autorização; (ii) capacidades de transporte: foco no transporte dos dados das aplicações e serviços da IoT (ITU, 2016).

Camada de dispositivo: composta por dois conjuntos de capacidades: as relacionadas aos dispositivos e as relacionadas a *gateways*. As capacidades de dispositivo devem levar em conta as diversas funcionalidades que um dispositivo pode ter como, por exemplo, suas formas de comunicação, direta ou indireta, ou seja, com ou sem o uso de *gateways*, suas capacidades energéticas, etc. As capacidades de *gateways* devem suportar diferentes interfaces e protocolos, garantindo a integração de diversos dispositivos à rede (VERDOUW *et al.*, 2019).

Camada de recursos de gerenciamento: de forma semelhante às redes de comunicação tradicionais, os recursos de gerenciamento de IoT cobrem as classes tradicionais de falha, configuração, contabilidade, desempenho e segurança (FCAPS) (ITU, 2016).

Camada de recursos de segurança associados: os recursos desta camada, podem ser classificados em dois tipos: recursos de segurança específico: são aqueles recursos com requisitos especiais como, por exemplo, aplicações de segurança patrimonial e pagamento móvel, e recursos de segurança genéricos que foram subdivididos em três camadas e não dependem de aplicações:

- Camada de aplicação: responsável pela autorização, autenticação, confidencialidade, proteção e integridade dos dados, proteção da privacidade, auditoria da segurança e antivírus.
- Camada de rede: responsável pela autenticação, autorização, confidencialidade dos dados, de uso e de sinalização, e pela proteção à integridade de sinalização;
- Camada de dispositivo: capacidades genéricas de autenticação, controle de acesso, proteção à integridade, confidencialidade de dados, autorização e validade da integridade do dispositivo (ITU, 2016).

Para Al-Fuqaha *et al.* (2015) e Raju e Vijayaraghavan (2020), a arquitetura básica da IoT é composta por três camadas que consistem em camada de percepção, de rede e de aplicação. Alguns outros modelos de arquitetura foram propostos por Atzori, Iera e Morabito (2010), Zhihong *et al.* (2011) e Khan *et al.* (2012), como o modelo de cinco camadas, modelo SOA e modelo baseado em *middleware*.

A IoT se tornou uma ferramenta potencial para ajudar na tomada de decisão e automação na agricultura. Embora ainda não exista uma solução unificada de conectividade para atender a IoT, tecnologias de comunicação diferentes como: Lora, SigFox, NB-Lo, entre outras, foram propostas e estão em operação (AKPAKWU *et al.*, 2017). Nos últimos anos, uma variedade de estudos foi publicada abordando o tópico IoT na agricultura, sendo que alguns desses estudos demonstram casos de aplicações e outros propõem soluções para a indústria rural, estudos como o de Kapetanovic (2017) apresentou uma plataforma IoT de coleta de dados de vários sensores, fornecendo aos agricultores um sistema de monitoramento de temperatura e umidade no armazenamento de alimentos e monitoramento de abrigo de animais. Foi implantado em duas fazendas dos Estados Unidos e obteve resultados satisfatórios aos agricultores.

O estudo de Balamurugan e Sivakami (2019) propôs o conceito *Next Generation Integrated Farming* (NGIF)<sup>12</sup>, utilizando o sistema de comunicação LoRa para IoT, simulando uma rede sem fio que suporta diferentes tecnologias de conectividade IoT. A proposta permitiu minimizar a complexidade e os atrasos no processo de tomada de decisão do cliente final.

A pesquisa de Reis *et al.* (2020) forneceu uma visão geral dos sistemas digitais em máquinas agrícolas e o seu impacto nos processos de *design* em um cenário de Agricultura 4.0. Foram identificadas as operações e sistemas agrícolas mecanizados que já funcionam sob as premissas de uma Agricultura 4.0, como tratores, plantadeiras, pulverizadores, capinadeiras mecânicas e colheitadeiras (grãos e forragens) e tecnologias emergentes que podem afetar as funcionalidades de máquinas agrícolas.

Além disso, foi identificado que uma quantidade expressiva de dispositivos digitais e sensores que monitoram a cultura, o ambiente e o solo, desempenham e dão suporte às tarefas como piloto automático e aplicações de defensivos agrícolas em taxas variáveis, já presentes no maquinário agrícola (REIS *et al.*, 2020). Diante disso, foram pesquisadas as tecnologias da IoT em uso nos maquinários agrícolas, descritas na próxima subseção.

---

<sup>12</sup> Agricultura Integrada de Próxima Geração.

### 3.2.1 Tecnologias da IoT existentes no maquinário agrícola

A aplicação de sistemas digitais para melhorar as funcionalidades das operações agrícolas mecanizadas tornou-se generalizada a partir do uso da eletrônica em máquinas agrícolas, especialmente em tratores, iniciada na década de 1980. Em 1984, a empresa *AGCO Corporation*, fabricante multinacional de equipamentos agrícolas, introduziu o primeiro computador de bordo nos seus maquinários, possibilitando que a área processada e o consumo de diesel, por hora ou área, pudessem ser calculados (VIAN *et al.*, 2013).

No final da década de 1990 surgiram os primeiros sistemas de direção automática nos tratores (HORVÁTH; SCHMITZ, 2019) e em 1998, a necessidade de padronizar a transferência de dados nas máquinas agrícolas levou a formação da norma ISO 11783-1, comumente designada ISOBUS, com o objetivo de fornecer um sistema padronizado para interconectar os sistemas eletrônicos embarcados nas máquinas (ISO, 2017). A ISO 11783-1 tem como objetivo protocolar todo tipo de tecnologia embarcada em máquinas agrícolas de forma que todas as conexões sejam padronizadas através de uma rede de controle e comunicação serial de dados. No Brasil, o protocolo ISO 11783 foi divulgado no evento Agrishow, em Ribeirão Preto (SP), no ano de 2007 (PEREIRA, 2008).

Embora algumas tecnologias estejam no mercado há mais de 30 anos, o maior avanço tecnológico em termos de Agricultura 4.0 foram os sistemas de direção automática oferecidos por todos os principais fabricantes a partir dos anos 2000 (HORVÁTH; SCHMITZ, 2019). Para especialistas do setor, de certa forma, as máquinas agrícolas possuem tecnologias embarcadas que permitem a utilização de muitas práticas da Agricultura 4.0, como por exemplo, a utilização da tecnologia de Aplicação em Taxa Variável (VRA)<sup>13</sup> onde o equipamento, com auxílio de receptores do *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS), faz a leitura de um mapa de prescrição e distribui os insumos no ponto e dose corretos, buscando explorar o potencial produtivo da área determinada. Atualmente, esta tecnologia pode ser encontrada tanto embarcada em conjuntos de tratores-semeadoras, quanto em *kits* que podem ser adquiridos para equipar as máquinas que não possuem este tipo de tecnologia instalada de fábrica (MALISZEWSKI, 2021).

---

<sup>13</sup> *Variable Rate Application*.

A combinação de monitores de PA em tratores e recursos de plantadeira com VRA permite o monitoramento preciso em tempo real das operações de plantio como um meio de gerenciar riscos e manter a lucratividade (VIRK *et al.*, 2020). O controle de ervas daninhas por meios químicos ou mecânicos é uma questão delicada e com muitos fatores técnicos, sociais e ambientais envolvidos (SHAMKUWAR *et al.*, 2019). Diante disso, a Agricultura 4.0 veio para auxiliar, através da implantação de sistemas e equipamentos para monitorar esses fatores. Alguns exemplos desses sistemas e equipamentos estão descritos no Quadro 2.

**Quadro 3 - Sistemas e equipamentos para controle de ervas daninhas**

<b>Sistema</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autores</b>
<i>WeedSeeker</i>	Sistema de pulverização seletiva, usam tecnologia infravermelha (IR).	Fillols <i>et al.</i> (2013)
RTK GPS	RTK GPS é um sistema de posicionamento global cinemático em tempo real, é uma tecnologia de precisão de nível de cm da posição em tempo real.	Passalaqua <i>et al.</i> (2015)
LiDAR	Sistemas automáticos de controle de pressão e vazão de bicos com base em variações de velocidade de deslocamento e identificação de ervas daninhas.	Kunz <i>et al.</i> (2018) Wang, Zhang e Wei (2019)

**Fonte: Autoria própria (2021).**

O sistema *WeedSeeker* é amplamente usada para pulverização em safras de grãos, possui sensores infravermelhos capazes de detectar ervas daninhas. Os sensores são acoplados a um pulverizador e o resultado é um sistema automático de pulverização pontual que potencialmente aplica menos herbicida por hectare (FILLOLS *et al.*, 2013).

O sistema *Real Time Kinematics Global Positioning System* (RTK GPS) é um sistema de correção que apresenta precisão através da repetibilidade da posição obtida pelo meio de um par de receptores. O erro entre a posição fornecida pelos satélites e a posição real é calculado, a base permanece estacionada sobre um ponto de coordenadas conhecidas. Este erro é usado para obtenção do sinal de correção que é enviado pela conexão rádio para outro receptor que está na máquina agrícola e assim, corrige instantaneamente a posição da máquina que está trabalhando em campo (PASSALAUQUA *et al.*, 2015).

O sistema *Light Detection and Ranging* (LiDAR) é um sistema de varredura a laser, automático e de controle de pressão e vazão de bicos com base em variações de velocidade de deslocamento e identificação de ervas daninhas (KUNZ *et al.*, 2018; WANG; ZHANG; WEI, 2019).

As informações sobre o clima também afetam diretamente nas etapas do desenvolvimento das culturas, bem como a relação com a fauna presente no talhão (parte delimitada de uma área), que impacta a ocorrência ou não de ervas daninhas, pragas e doenças na plantação. Assim, a coleta de dados meteorológicos favorece diversas operações no campo, como o preparo do solo, adubação, semeadura, irrigação, colheita, etc. (EMBRAPA, 2017).

Dentro deste conceito, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu, em 2017, um sistema de informações chamado Agritempo GIS, que permite acesso a dados agrometeorológicos de maneira facilitada, para diversos estados e municípios brasileiros, por meio da disponibilização de mapas georreferenciados de monitoramento, previsão, índice de seca e previsão de geada, disponível tanto em versão *web* quanto em aplicativo para celular. Esta solução tecnológica foi desenvolvida pela EMBRAPA em parceria com o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, da Universidade Estadual de Campinas (CEPAGRI/ UNICAMP) (EMBRAPA, 2017).

O desenvolvimento de sistemas de Inteligência Artificial, *Machine Learning* e rede neural possibilitou o projeto e o uso de máquinas autônomas para o controle químico e mecânico de ervas daninhas, sendo que algumas empresas pesquisaram e desenvolveram essas máquinas (SHAMSHIRI *et al.*, 2018; MACHLEB *et al.*, 2020).

As tecnologias embarcadas nas máquinas agrícolas colaboram para uma gestão racional, com ganho de performance operacional e aumento da produtividade agrícola, ao fornecer informações para que o trabalho seja feito de forma preventiva, diminuindo desperdícios e falhas. É o caso da solução OtmisNET de Telemetria da empresa Jacto, fábrica de equipamentos agrícolas brasileira fundada em 1948, que tem o diferencial de ser multimarca, podendo ser usada para plantio, pulverização, adubação, colheita e preparo do solo, independente do fabricante da máquina. Possui versão para *smartphones*, com monitoramento *on-line* e indicadores operacionais (DAL FORNO, 2019). Assim, o produtor rural ou o gestor agrícola acompanha em tempo real todo o processo produtivo. Com o suporte da conectividade, permite a identificação e intervenção de forma ágil quando as falhas estão acontecendo (JACTO, 2020).

Adicionalmente, a otimização do processo de colheita está baseada no monitoramento constante do meio ambiente e parque de máquinas envolvido no

processo, garantindo a geração rápida de informações para a tomada de decisão (REIS *et al.*, 2020).

A tecnologia GPS é um dispositivo que combina informações sobre latitude e longitude das propriedades rurais e quando acoplado às máquinas, abrange possibilidades de automação e análise gerencial como piloto automático. Junto com outras tecnologias e sensores, válvulas eletro-hidráulicas e acelerômetro, o GPS automatiza o direcionamento de máquinas agrícolas na lavoura durante sua operação (MACHLEB *et al.*, 2020). No Quadro 3 apresenta-se um resumo das tecnologias IoT do maquinário agrícola descritas na literatura:

**Quadro 4 - Algumas das tecnologias da IoT existentes no maquinário agrícola**

<b>Tecnologia</b>	<b>Descrição</b>	<b>Autores</b>
Computador de bordo	Sistema que registra as informações dos sensores instalados, podendo gerar mensagens de alerta quando identifica falhas ou problemas.	Vian <i>et al.</i> (2013)
Aplicação em Taxa Variável	Sistemas automáticos de controle de pressão e vazão de bicos com base em variações de velocidade de deslocamento e identificação de ervas daninhas; Sistema de pulverização seletiva, usam tecnologia infravermelha.	Fillols <i>et al.</i> (2013) Kunz <i>et al.</i> (2018) Wang, Zhang e Wei (2019)
Estação meteorológica	Dispositivo que realiza medições e avaliações climáticas, mede e monitora a velocidade e direção do vento e mostra as informações no monitor da cabine da máquina.	Embrapa (2017)
Piloto automático	Permite a execução automáticas de funções da máquina através das informações de posicionamento georreferenciado enviado ao sistema de direção da máquina agrícola. Segue seu caminho pré-determinado, sem a necessidade de intervenção do operador.	Horváth e Schmitz (2019)
Telemetria	Tecnologia que permite a coleta e o compartilhamento de informações sobre máquinas agrícolas de forma remota. Permite a medição e comparação de dados, podem servir como base para delimitar espaços mais produtivos da propriedade, evolução de solo e serve como banco de dados para comparativo das safras.	Dal Forno (2019)
GPS	Sistema de Posicionamento Global (GPS) é um sistema de navegação que permite encontrar localizações geográficas. O GPS automatiza o direcionamento de máquinas agrícolas na lavoura durante sua operação.	Machleb <i>et al.</i> (2020)

**Fonte: Autoria própria (2021).**

As máquinas agrícolas contam com sistemas GPS integrados, sensores capazes de detectar obstáculos no campo e oferecer informações em tempo real sobre as condições do solo e sementes. Porém, para atender estas soluções

embarcadas no maquinário agrícola, é necessário que exista infraestrutura de conectividade nas áreas rurais remotas. A conectividade é fundamental para que as informações fornecidas pelo maquinário agrícola possam ser utilizadas de maneira estratégica pelos administradores das fazendas. O grande benefício de se ter conectividade no campo é a possibilidade de monitorar as atividades em tempo real, e conseqüentemente, intervir de imediato quando alguma operação não estiver sendo realizada de acordo com o planejado. Diante disso, foram pesquisadas as tecnologias de conectividade para atender as tecnologias da IoT do maquinário agrícola, descritos a seguir.

### 3.3 Tecnologias de conectividade

Oferecer conectividade em áreas rurais remotas apresenta-se como um desafio. Os aplicativos IoT têm requisitos específicos de conectividade, como baixa taxa de dados, longo alcance e baixo consumo de energia (AYOUB *et al.*, 2019). As tecnologias rádio de curto alcance, por exemplo ZigBee e *bluetooth*, não são adaptadas para cenários que requerem transmissão de longo alcance. Soluções baseadas em comunicações celulares como as tecnologias 2G, 3G e 4G podem fornecer uma cobertura maior, mas consomem energia excessiva do dispositivo (MEKKI *et al.*, 2019).

Devido a isso, os requisitos específicos dos aplicativos da IoT impulsionaram o surgimento de uma nova tecnologia de comunicação sem fio denominada Low Power Wide Area Network, popularmente conhecida pela sigla LPWAN (SIMIONATO *et al.*, 2020).

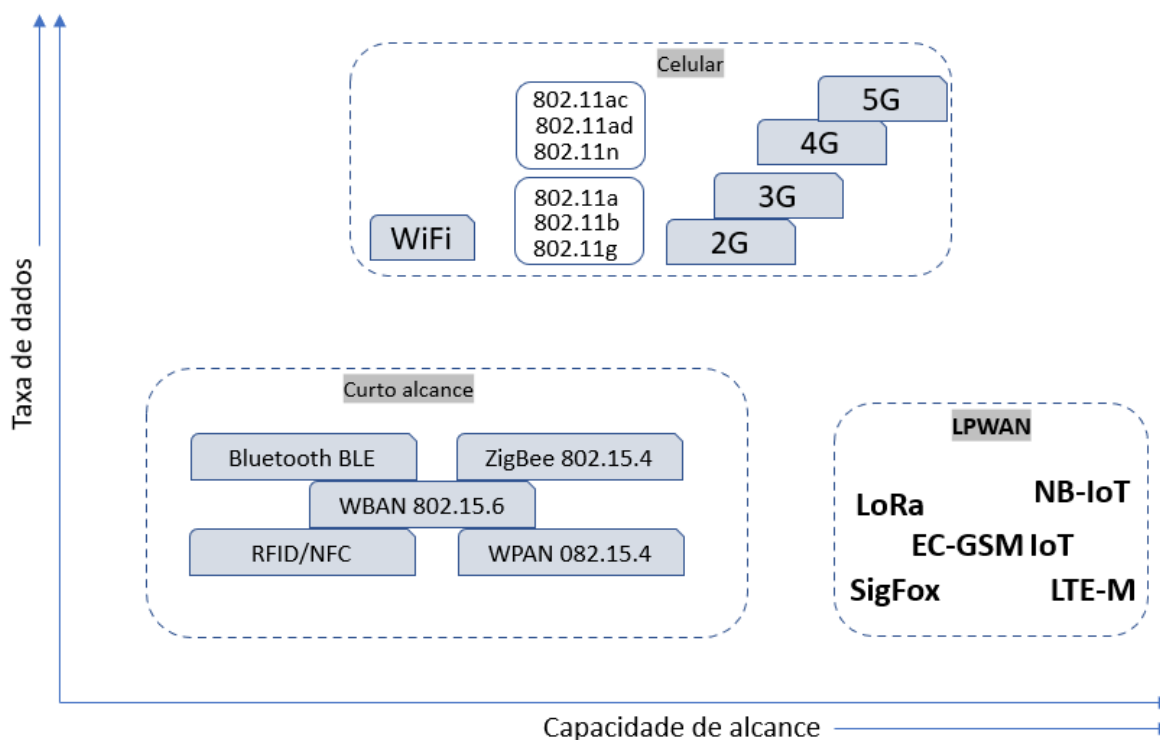
LPWAN trata-se de um grupo de tecnologias que permite comunicações de área ampla com baixo e melhor consumo de energia (SINHA; WEI; HWANG, 2017). Essas tecnologias fornecem conectividade adequada para dispositivos que transferem uma pequena quantidade de dados (ISLAM *et al.*, 2021).

A ITU é um órgão da ONU que apresenta as diretrizes e normas que devem ser seguidas internacionalmente para o uso da frequência/espectro eletromagnético. As normas possibilitam dividir os enlaces rádio em dois tipos: frequência não licenciada, que são enlaces rádio que utilizam equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita como as tecnologias LoRa e SigFox, e frequência licenciada, que são

enlaces rádio regulamentados, como exemplo as tecnologias NB-IoT, EC-GSM-IoT, LTE-M (ITU, 2016; SANCHEZ-IBORRA, 2018).

As tecnologias de frequência não licenciada operam na faixa de frequência Industrial, Científica e Médica (ISM)<sup>14</sup>. A baixa potência desta faixa de frequência dispensa autorização para o uso, uma vez que não causa interferência em outros sistemas de rádio frequência, enquanto a faixa de frequência licenciada necessita de autorização para utilização e é a faixa destinada para os serviços como: serviço móvel pessoal, comunicação aérea (civil e militar), rádio, televisão, entre outras (BOCKELMANN, 2018). A Figura 4 representa as tecnologias de comunicação sem fio posicionadas conforme a taxa de dados concedida *versus* a capacidade de alcance.

**Figura 5 - Taxa de dados concedida versus capacidade de alcance das tecnologias de comunicação sem fio**



Fonte: Adaptado de Sinha, Wei e Hwang (2017) e Mekki *et al.* (2019).

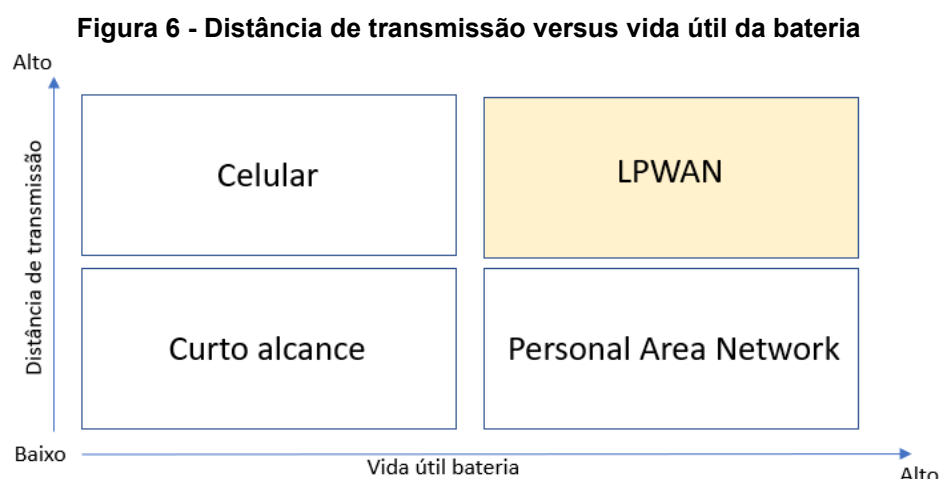
Os estudos de Sinha, Wei e Hwang (2017) e Mekki *et al.* (2019) indicam que as tecnologias LPWAN atendem dois dos três requisitos específicos de conectividade dos dispositivos da IoT, sendo eles: baixa taxa de dados e longo alcance. Já o estudo

<sup>14</sup> Industrial, Scientific and Medical.

de Kabalci e Ali (2019) indica que a vida útil típica da bateria dessas tecnologias é considerada 10 anos ou mais com baterias de células.

No estudo de Ikpehai *et al.* (2019) foi avaliado o desempenho das tecnologias LPWAN em termos de propagação de sinal, cobertura e conservação de energia, sendo analisada a vida útil da bateria e o consumo de energia referente ao transceptor de rádio, incluindo apenas o consumo de transmissão e recepção. Foi comparada a energia de transmissão consumida por mensagem das tecnologias LPWAN e observou-se que, para distâncias abaixo de 2Km, as tecnologias consomem aproximadamente a mesma quantidade de energia. Porém, em distâncias maiores que 2Km, a lacuna de desempenho aumenta conforme a distância. Foi também observado que as condições climáticas interferem na vida útil de dispositivos que utilizam as tecnologias LPWAN.

A Figura 5 representa as tecnologias de comunicação sem fio posicionadas conforme distância de transmissão *versus* a vida útil da bateria.



**Fonte: Adaptado de Ikpehai *et al.* (2019) e Kabalci e Ali (2019).**

Assim, as cinco tecnologias emergentes que atendem aos requisitos específicos de conectividade para IoT são:

LoRa: opera em frequência não licenciada. A área de cobertura desta tecnologia pode ser alcançada em até 8 km para áreas urbanas, enquanto a área de cobertura pode ser estendida em até 22 km para áreas rurais. Além disso, apresenta opções de taxas de dados adaptáveis de 0,3 a 50 Kbps (KABALCI; ALI, 2019). É baseado na técnica de modulação *Chirp Spread Spectrum* (CSS), que mantém as características de baixa potência da modulação FSK, mas aumenta consideravelmente o alcance de comunicação (SINHA; WEI; HWANG, 2017).

SigFox: opera em frequência não licenciada. A área de cobertura desta tecnologia pode ser obtida em até 10 km (urbano) e 40 km (rural). Requer a implantação da rede SigFox e a taxa máxima de dados é de 100bps (NIGUSSIE *et al.*, 2020). Os dispositivos finais (sensores) se conectam às estações base da rede usando esquema de modulação exclusivo *Ultra Narrow Band (UNB)* (AKPAKWU *et al.*, 2017).

NB-IoT: *Internet of Things* de banda estreita. Opera em frequência licenciada LTE. Pode cobrir áreas em ambientes urbanos de 1 a 10 km e suburbano em torno de 25 km. Possui recursos de cobertura em locais subterrâneos ou porões. A taxa máxima de dados é de 200 Kbps (MEKKI *et al.*, 2019) e utiliza como técnica de modulação BPSK, QPSK. A NB-IoT pode oferecer *Quality of Service (QoS)* além de consumir menos energia em comparação com as tecnologias não licenciadas LoRa e SigFox (POPLI; JHA; JAIN, 2018).

EC-GSM IoT: é uma extensão da tecnologia GSM existente e, portanto, opera em frequência licenciada (POPLI; JHA; JAIN, 2018). A extensão de cobertura engloba até 15 km e visa complementar os dispositivos existentes baseados em *Personal Area Network (PAN)* e *Wireless Local Area Network (WLAN)* (WEBER *et al.*, 2017). A taxa máxima de dados é de 70Kbps e utiliza modulação *GSM Based* (IKPEHAI *et al.*, 2019).

LTE-M (Cat-M1): é uma extensão da tecnologia LTE. Opera em frequência licenciada. A extensão de cobertura engloba até 11 km, a taxa máxima de dados é 375 Kbps e utiliza como modulação QPSK, 16QAM, 64QAM (MEKKI *et al.*, 2019).

O Quadro 4 resume os parâmetros das tecnologias LPWAN descritas, conforme:

**Quadro 5 - Parâmetros das tecnologias LPWAN**

Parâmetros	Tecnologias LPWAN				
	LoRa	SigFox	NB IoT	EC GSM IoT	LTE-M
Frequência	Banda ISM não licenciadas		Banda de frequência LTE licenciadas		
Área de Cobertura	8 km (urbano), 22 km (rural)	10 km (urbano), 40 km (rural)	10 km (urbano), 25 km (rural)	15 km	11 km
Taxa de dados	0,3 à 50 Kbps	100 bps	200 Kbps	70 Kbps	375 Kbps
Modulação	CSS	UNB ( <i>Ultra Narrow Band</i> )	BPSK, QPSK	<i>GSM Based</i>	QPSK, 16QAM, 64QAM

Fonte: Autoria própria (2021).

Muitos estudos foram publicados comparando as tecnologias licenciadas e não licenciadas (SINHA; WEI; HWANG (2017); POPLI; JHA; JAIN (2018); SINGH *et al.* (2020), porém, a quinta geração (5G) tem sido sugerida na literatura como a solução apropriada para suportar a necessidade desafiadora de transferência de dados rápida e eficiente da IoT. O padrão formal foi estabelecido em 2017 pelo Projeto de Parceria de 3ª Geração (3GPP)<sup>15</sup> e em fevereiro de 2021, foi publicado pelo setor de Radiocomunicações da ITU (ITU-R) através da *International Mobile Telecommunications* (IMT-2020) o conjunto de especificações mínima exigida para as redes 5G tendo como base os padrões do *release* 15 do 3GPP (ITU, 2021).

A especificação ocorre em *releases*, que são versões dos novos padrões das tecnologias de comunicação móvel. O grupo 3GPP utiliza esse sistema de *release* para tornar os padrões dos sistemas de comunicação móvel compatíveis com versões anteriores e posteriores (3GPP, 2021) garantindo, desse modo, que a operação do equipamento do usuário seja ininterrupta.

Segundo estudo realizado pela CEPAL e IPEA, o 5G é uma mescla entre a evolução natural do desenvolvimento da tecnologia 4G e a revolução no setor das telecomunicações, devido a infinidade de novas aplicações, possibilidades e serviços, trazendo novas características que podem modificar o ecossistema (SPADINGER, 2021).

Em novembro de 2021 foi realizado no Brasil o leilão da frequência 5G. O edital impõe às empresas vencedoras compromissos de cobertura em áreas com pouco ou não servidas de tecnologias móveis (ANATEL, 2022). Está previsto no leilão a obrigação das operadoras de, até julho 2022, atenderem com rede 5G todas as capitais e o Distrito Federal com pelo menos uma antena para cada 100 mil habitantes. A exigência da densidade de cobertura aumenta ao longo dos anos. Está previsto, também, cobrir 7430 localidades não sede, como vilas, áreas urbanas isoladas e aglomerados rurais que possuam população superior a 600 habitantes com a tecnologia 4G ou superior.

Diante das colocações apresentadas, as tecnologias LPWAN e da próxima geração 5G, são alternativas para atender o crescente mercado da IoT do maquinário agrícola. A conectividade torna-se um aspecto fundamental para a melhoria na

---

<sup>15</sup> 3rd Generation Partnership Project.

produção agrícola, além de facilitar a troca de experiências entre os próprios agricultores, especialistas e outras partes interessadas (VISCONTI *et al.*, 2020).

Segundo um relatório publicado em 2019 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, alguns dos benefícios da conectividade nas áreas rurais é tornar as informações acessíveis e acionáveis, aumentando a qualidade e a quantidade dos dados. Com isso, é possível, através de ferramentas aprimoradas, a tomada de decisão integrada aos dados, uma vez que as informações em tempo real possibilitam que os trabalhadores se concentrem em atividades urgentes, além de expandir o acesso a recursos educacionais digitais e dados de negócios (USDA, 2019).

O Japão, por sua vez, desenvolveu o sistema *Smart Assistant* para máquinas agrícolas equipadas com terminais de comunicação, com antena GPS. Realiza vigilância visual antifurto, gerenciamento de *status* de operação, serviço de orientação de manutenção, notificação automática de anormalidades repentinas, além do suporte para automação das máquinas e também funciona com aplicativos agrícolas em nuvem (LI; ZHENG; ZHAO, 2019).

A *European Agricultural Machinery Association* afirma que as máquinas agrícolas estarão habilitadas para atender a Agricultura Digital quando carregarem as seguintes características: (i) quando as máquinas conectadas puderem se comunicar com portais de serviços remotos, incluindo instalações de armazenamento, processamento e visualização; e (ii) quando as máquinas inteligentes puderem reconhecer e se adaptar às propriedades de cultivo variáveis, trabalhando com dados (REIS *et al.*, 2020).

Diante do exposto sobre a importância da conectividade para atender as tecnologias da IoT do maquinário agrícola, este estudo buscou informações do panorama atual da conectividade nas áreas rurais remotas.

### **3.4 A conectividade nas áreas rurais remotas**

O contexto da disponibilidade de conectividade nas áreas rurais remotas é amplamente discutido na literatura. O estudo de Krizanovic, Zagar e Grgic (2018) apresentou uma estrutura para avaliação técnica-econômica ideal de soluções de acesso de banda larga para as áreas rurais. Já a pesquisa de Agarwal *et al.* (2018) apresentou acesso de banda larga rural por meio de comunicação colaborativa. Na pesquisa de Souza (2021) é apresentada uma análise dos principais desafios

relacionados à prestação de serviços de conectividade em áreas remotas, que são: custos de instalação e operações, baixa densidade populacional e pobreza, fornecimento de eletricidade, inclusão digital, geografia e cobertura. A pesquisa estabelece uma estrutura que visa avaliar o processo de planejamento dos serviços de conectividade nas comunidades rurais em áreas remotas e aplica o estudo com base em dados reais obtidos em um município localizado da região amazônica brasileira.

Nesse mesmo sentido, a literatura revela que as comunidades rurais e remotas da Austrália também carecem de conectividade. Para estimular a adoção de tecnologias, o governo criou um programa de subsídio para indivíduos e organizações interessadas em testar e implementar práticas de gestão sustentável. Os recebedores desse subsídio estão validando as tecnologias como cercas virtuais, drones que reúnem ovelhas e monitoramento remoto de bomba solar (MORGAN-SCHMIDT, 2017).

Apesar da identificação das cinco tecnologias (Lora, Sigfox, NB IoT, EC GSM IoT e LTE-M) que atendem aos requisitos específicos de conectividade para IoT, a tecnologia 4G é a que se mostra mais propícia a ser disponibilizada nas áreas rurais remotas. Conforme exigência imposta no leilão 5G, as operadoras vencedoras deverão atender com a tecnologia 4G todo território nacional até 2028 (ANATEL, 2021). Portanto, esta pesquisa buscou informações do mapa de cobertura nas áreas rurais remotas brasileiras da tecnologia 4G.

Visando ampliar o acesso dos produtores as inovações tecnológicas e promover a integração de instituições ligadas ao desenvolvimento rural, foi solicitado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) ao Grupo de Políticas Públicas da ESALQ, um estudo do panorama atual da conectividade no Brasil (BRASIL, 2021a). O estudo intitulado “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro”, apresentou as iniciativas do governo federal para ampliar a oferta de banda larga nas áreas rurais, resgatou a base legal, os instrumentos e as medidas adotadas pelo governo federal nos últimos anos. Foram analisados o Decreto n. 9.612, de 17 de dezembro de 2018, que substituiu o Programa Nacional de Banda Larga<sup>16</sup> e o Programa Brasil Inteligente<sup>17</sup>, os instrumentos como a Lei Geral das

---

<sup>16</sup> Decreto n. 7.175, de 12 de maio de 2010.

<sup>17</sup> Decreto n. 8.776, de 11 de maio de 2016.

Telecomunicações (LGT)<sup>18</sup> e o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST)<sup>19</sup>.

A Lei n. 13.879, de 3 de outubro de 2019, foi destacada porque promove significativas alterações na LGT. Uma das principais mudanças está na transformação das atuais concessões e autorizações. A lei reduz as obrigações das operadoras de telecomunicações aos serviços de telefonia fixa e possibilita direcionar os saldos para investimentos em acesso à internet. A análise realizada no estudo demonstrou que, o alicerce legal e outras medidas adotadas pelo governo federal, como a redução de carga tributária sobre o setor privado, não foram suficientes para sanar lacunas de banda larga, especialmente na área rural (BRASIL, 2021a).

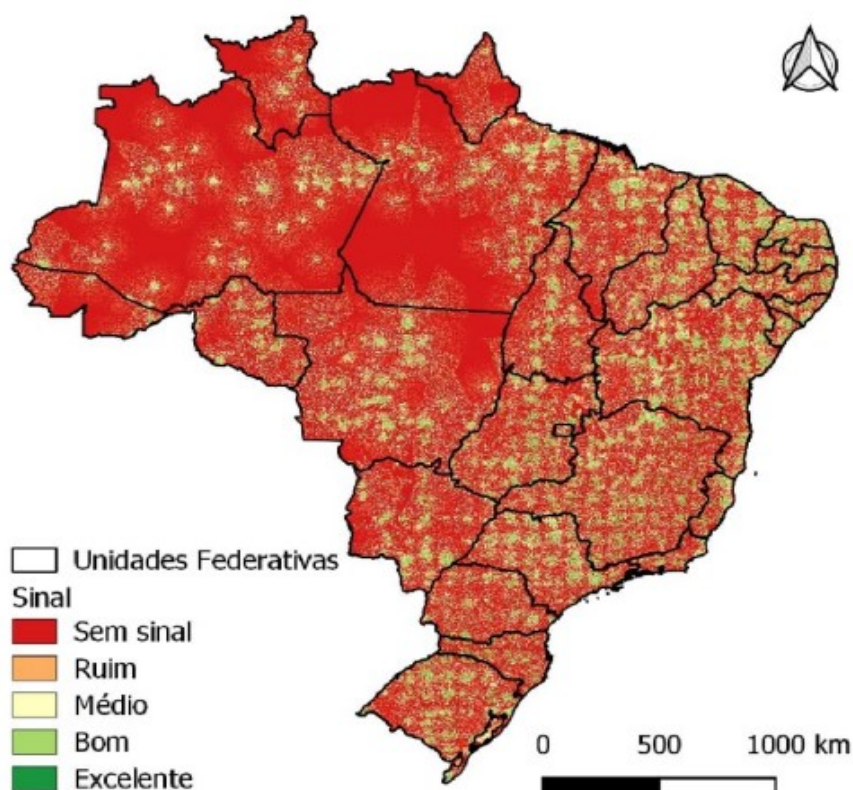
Baseado nesta constatação, o estudo da ESALQ partiu para testes e mapeamento das áreas com ausência de conectividade. Utilizando um modelo robusto e de alta demanda computacional, o *Irregular Terrain Model* (ITM), foi verificada a influência do terreno na transmissão e propagação de ondas. Os resultados para o sistema de comunicação móvel na tecnologia 4G mostram a discrepância da cobertura entre as regiões brasileiras, conforme mostra a Figura 6:

---

<sup>18</sup> Lei n. 9.472/1997, de 16 de julho de 1997.

<sup>19</sup> Lei n. 9.998/2000, de 17 de agosto de 2000.

Figura 7 - Cobertura do sistema de comunicação móvel na tecnologia 4G



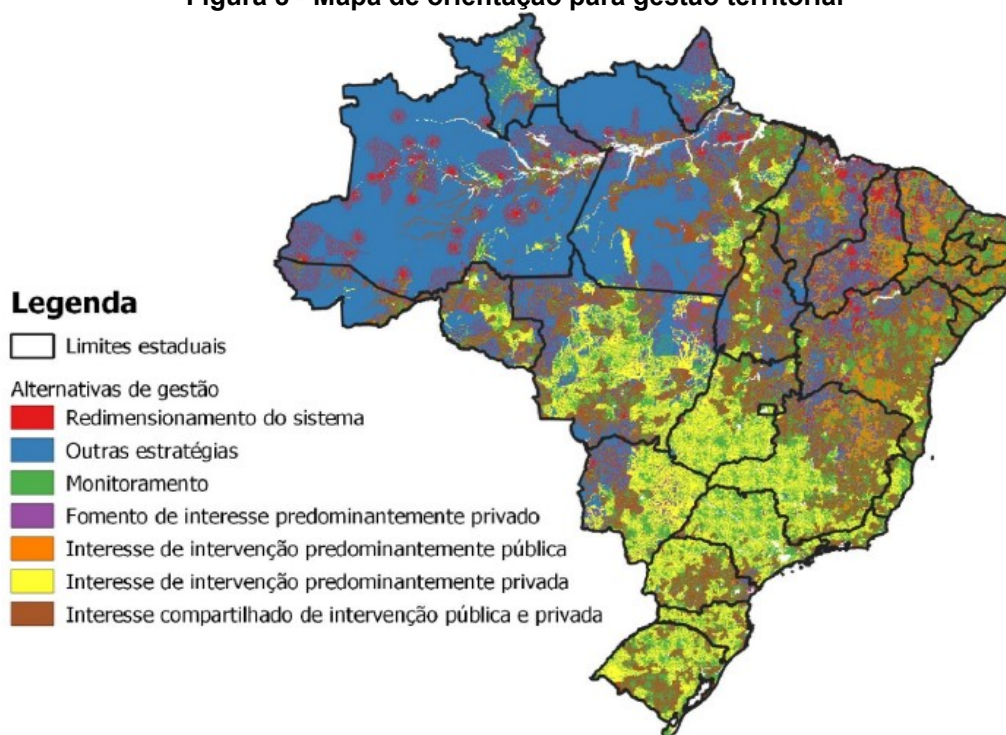
Fonte: Brasil (2021b).

Os resultados mostram que as regiões Norte e Centro-Oeste representam a maior área sem cobertura de conectividade na tecnologia 4G, entre todas as regiões brasileiras.

De posse do mapeamento das regiões com e sem cobertura de conectividade, foi explorado o público-alvo (produtores rurais) para identificar possíveis estratégias regionalizadas e prioridades para ampliar a conectividade nas áreas rurais. Foram utilizados os seguintes parâmetros para a modelagem das estratégias: (i) segmento produtivo (agricultura ou pecuária); (ii) renda traduzida em Valor Adicionado Bruto (VAB); (iii) grandes produtores; (iv) agricultores familiares; e (v) médios produtores.

O resultado desta análise foi representado por um mapa de orientação para a gestão territorial, conforme Figura 7:

**Figura 8 - Mapa de orientação para gestão territorial**



**Fonte: Brasil (2021b).**

Para compor este mapa de orientação para gestão territorial e modelagem de estratégias para soluções de conectividade nessas regiões, o estudo da ESALQ também considerou as áreas geográficas com características semelhantes, em termos de tamanho e de densidade de propriedades rurais.

Considerando as características levantadas, o estudo aponta que existe maior necessidade de intervenção pública, sobretudo no Nordeste, resultado possivelmente induzido pelos indicadores de baixa renda, enquanto há uma ligeira concentração de interesse de intervenção predominante privado na região Centro-Oeste.

Já a região Norte necessita de estudo de cobertura com outras estratégias, levando-se em conta que a conectividade via rádio não é recomendada. O estudo informa que os resultados apresentados devem passar por um pleito com variáveis de controle e análise de outras combinações possíveis, à medida que seja adotado como referência para tomada de decisão.

Para complementar o estudo, foi apresentado pelo Grupo de Políticas Públicas da ESALQ, uma proposta para expandir a conectividade rural via sistemas de comunicação móvel (tecnologia 4G), através de instalação de novas antenas ou a utilização de infraestrutura de torres existentes para outros serviços (por exemplo: antenas de televisão, polícia rodoviária etc.). A estimativa de antenas necessárias

para aumentar a conectividade nas áreas rurais, foi baseada em um algoritmo de otimização de alocação de antenas com base no potencial de preenchimento de vazios, posicionamento topográfico e distância de infraestrutura instalada. A estimativa de instalação de 19.582 antenas pode cobrir praticamente a totalidade das áreas rurais com necessidade de conexão. Dessas, 4.400 correspondem a infraestrutura de torres existentes e cobriria 24,49% território nacional, enquanto a instalação de 15.182 novas infraestruturas de torres para a instalação de antenas cobriria 75,51% restante.

Assim, o estudo produziu um diagnóstico da cobertura de internet no território nacional e apresentou um algoritmo que estima a necessidade de infraestrutura de torres para a instalação de antenas, demonstrando que a cobertura nas áreas rurais possui um grande campo de investimentos públicos, privados e/ou em parcerias. O mapa de orientação para gestão territorial mostra uma grande margem territorial para focalizar parcerias de investimentos do setor privado.

Uma simulação foi realizada em relação ao potencial impacto sobre a produção agropecuária brasileira, caso fosse utilizada a infraestrutura ociosa de 4.400 torres existentes. O Valor Bruto de Produção (VBP) da agropecuária brasileira em 2017 seria 4,5% maior, um acréscimo de R\$ 21,09 bilhões, e se além da utilização das torres ociosas fossem instaladas as 15.182 novas torres, o acréscimo seria de R\$ 44,64 bilhões atingindo 9,6% do VBP. Esse impacto decorre da possibilidade de ter acesso à dados e informações através da internet sobre a adoção de tecnologias mais produtivas nas áreas rurais, permitindo que os produtores descubram e utilizem tecnologias mais adequadas à sua realidade (BRASIL, 2021a).

Diante destes dados, somado ao novo marco legal das telecomunicações (Lei n. 13.879), as empresas de telecomunicações, através da redução de encargos tributários em troca de investimentos, devem aproveitar esta oportunidade para expandir suas redes de comunicação em parceria com setores públicos ou privados.

As ações e estratégias aqui apresentadas dependem da interação de alguns *stakeholders* para que o processo ocorra. Vislumbra-se que o trabalho conjunto da iniciativa privada e apoio governamental, orientados pela academia, pode facilitar e dinamizar a implementação dessas estratégias. Assim, perante a oportunidade visualizada, este estudo buscou compreender a relação Universidade, Indústria e Governo para interpretar o vínculo entre esses atores na temática do estudo.

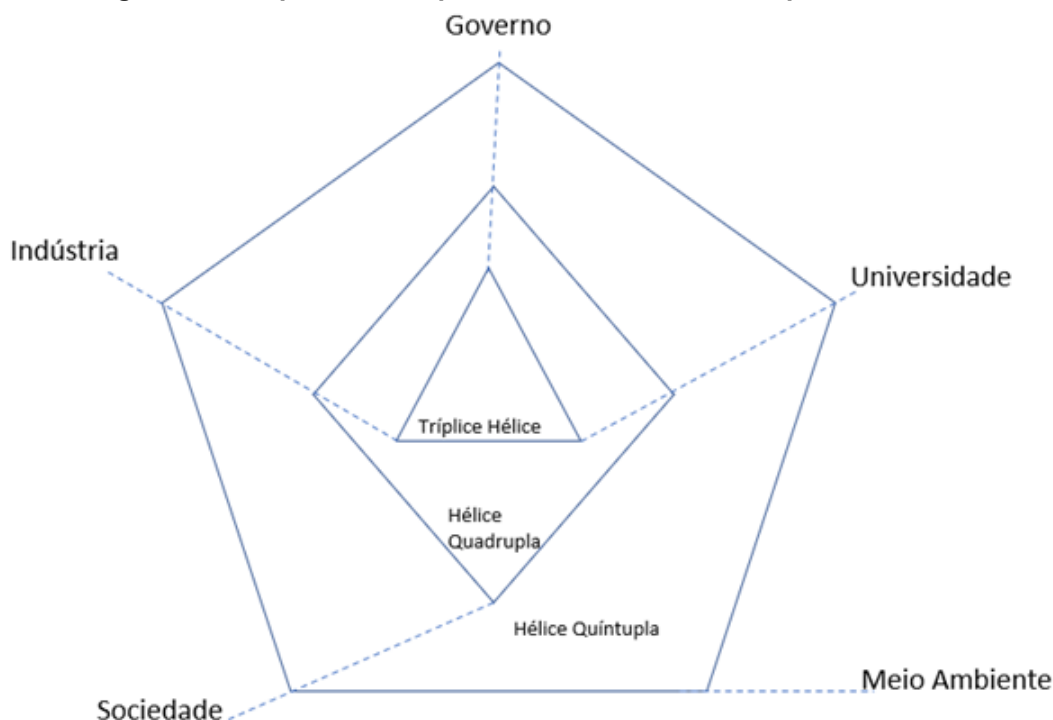
### 3.5 A relação entre atores chaves para uma aliança estratégica

Para compreender a relação entre atores chaves para formar uma aliança estratégica é necessário entender as ideias e teorias existentes na literatura que abordam esta relação. A teoria pioneira é a do Triângulo de Sábato, seguida pelos modelos da Tríplice Hélice, Hélice Quádrupla, Hélice Quíntupla e Hélice Sêxtupla, sintetizados a seguir:

- Triângulo de Sábato: proposto por Sábato e Botana (1968), postula que a inserção da ciência e tecnologia no desenvolvimento das sociedades contemporâneas é encarada como um processo político. Cada um dos vértices desse triângulo é representado por três elementos: governo, estrutura produtiva (empresa e mercado), e infraestrutura científico-tecnológica (universidade). O Triângulo de Sábato possui o objetivo do desenvolvimento da ciência e tecnologia e representa, em seu esquema, a cooperação entre diferentes entidades e instituições;
- Modelo Tríplice Hélice: proposto por Etzkowitz e Leydesdorff (2000), também descreve a relação entre Universidade, Indústria e Governo como componente-chave para qualquer estratégia de inovação nacional ou multinacional. Os autores, com base em suas observações, concluíram que somente por meio da integração desses três atores é possível criar um sistema de inovação sustentável e durável (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). Segundo Leydesdorff (2011), o modelo Tríplice Hélice foi proposto para explicar os desenvolvimentos estruturais nas economias baseadas no conhecimento;
- Hélice Quádrupla: proposto por Carayannis e Campbell (2012), o modelo da Hélice Quádrupla contextualiza o modelo da Tríplice Hélice adicionando uma quarta Hélice: a “Sociedade Civil” (LEYDESDORFF; PARK, 2014).
- Quíntupla Hélice: proposto por Carayannis e Campbell (2012) este modelo contextualiza a tríplice Hélice e estende a arquitetura de inovação ao meio ambiente e a ecologia social (LEYDESDORFF; PARK, 2014).

Um compilado destes modelos foi retratado na Figura 8, conforme segue.

**Figura 9 - Compilado da Trílice Hélice à Hélice Quintupla**



**Fonte: Adaptado de Carayannis e Rakhmatullin (2014).**

A primeira representação do Triângulo de Sábato foi apresentada por Jorge Sábato e Natalio Botana no *World Order Models Conference*, na Itália, em 1968. O modelo aborda a importância do desenvolvimento da pesquisa científico-tecnológica para o desenvolvimento econômico e social dos países. Destaca a importância da relação entre a infraestrutura científico-tecnológica (universidade), a estrutura produtiva (empresa e mercado) e o governo para esse desenvolvimento (SÁBATO; BOTANA, 1968). Ao governo, cabe os incentivos fiscais, a formulação e implementação de políticas públicas, o esforço para a redução dos custos para pesquisa e desenvolvimento, valendo-se dos processos administrativos e legislativos. A estrutura produtiva fornece serviços e bens demandados pela sociedade. Por fim, a infraestrutura científico-tecnológico atua como protagonista nas atividades de pesquisa e desenvolvimento (FIGUEIREDO, 1993).

O modelo "Triângulo de Sábato" foi precursor do conceito de Hélice Tríplice, formulado pelos pesquisadores Leydesdorff e Etzkowitz (1998). Esta definição trata das relações entre atores independentes, na cooperação e interdependência entre universidade, empresa e governo, considerado um modelo universal de inovação (ETZKOWITZ; ZHOU, 2017). A Hélice Tríplice indica que as relações dos três

principais *stakeholders* (Universidade, Indústria e Governo) devem ser interativas e com o objetivo de partilhar o conhecimento. Desta forma, o modelo reforça que a universidade desempenha um papel de inovação baseada no conhecimento (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000).

A Quarta Hélice, proposta por Carayannis e Campbell (2012), indica que os cidadãos teriam o poder de propor inovações ao ecossistema e não seriam apenas atraídos para a participação dos processos de geração e transferência de conhecimento e inovação (CARAYANNIS; RAKHMATULLIN, 2014).

Para inserir a questão da ecologia no ambiente de inovação, Carayannis e Campbell (2012) adicionou mais uma hélice ao sistema, que seria referente ao meio ambiente e a natureza. Assim surge a Hélice Quíntupla, que inclui questões ambientais nos estudos sobre inovação e conhecimento, argumentando que esta temática irá proporcionar o avanço e o desenvolvimento dos sistemas de inovação (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2012).

Finalmente, a Hélice Sêxtupla, proposta por Labiak Junior *et al.* (2012) é um modelo para Sistema Regional de Inovação (SRI) que engloba os principais *stakeholders* para o processo de concepção e regulamentação de estratégia, constituído pelos seguintes atores:

1. Governamentais: entidades do governo relacionadas à inovação;
2. Empresariais: empresas e indústrias;
3. Conhecimento científico: instituições de ensino superior;
4. De fomento: instituições financiadoras;
5. Institucionais: instituições de apoio, associações e federações;
6. Habitats de inovação: incubadora de empresas.

Tornando o conceito de hélices mais abrangente, a Hélice Sêxtupla é constituída por seis atores que interagem dentro da dinâmica de uma sociedade em rede. Conforme representado na Figura 9:

Figura 10 - Hélice Sêxtupla



Fonte: Adaptado de Labiak Junior *et al.* (2016).

Hélice Sêxtupla: Foi proposta por Labiak Junior *et al.* (2016) e considera a estrutura do modelo *Triple Bottom Line*, concebido por Elkington em 2001, e a Tríplice Hélice. Este modelo se constitui dos atores: governamentais, empresariais, universidades, de fomento e habitats de inovação (LABIAK JUNIOR *et al.*, 2016).

Neste trabalho partiu-se do conceito preconizado por Labiak Junior *et al.* (2012) que considera que as relações base do triângulo, ou seja, a interação entre o governo, sistema produtivo e as instituições de pesquisa e desenvolvimento necessitam do suporte de outros atores para que exista condições ideais de fluxos de conhecimento entre os atores da base. Diante disso, buscou-se informações sobre a temática de integrar a iniciativa privada, universidades, sistema governamental, atores de fomento, institucional e habitat de inovação em ações de expansão da conectividade para as áreas rurais remotas no Brasil.

Perante o exposto, foi realizado uma pesquisa documental onde foi identificado o “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” aprovado em abril de 2021 para o período 2021-2024, no Brasil. A iniciativa faz parte do Acordo de Cooperação Técnica (ACT) assinado entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e Comunicações (MCTI), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) e convidados dos setores público, empresarial e acadêmico.

O plano de ação objetiva ser um instrumento do uso de práticas e conceitos relacionados à Agricultura Digital, Sustentável e de Precisão, visando a promoção de ações voltadas ao desenvolvimento de soluções aplicadas à expansão da conectividade nas áreas rurais, à agropecuária brasileira e à promoção e difusão de tecnologias e serviços inovadores no ambiente rural. Para alcançar estes objetivos, as ações e iniciativas foram distribuídas em temas: Desenvolvimento, Tecnologia e Inovação; Desenvolvimento Profissional; Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores; e Conectividade no Campo.

Referente a este último tema, foi atribuído como desafio ao grupo de trabalho estimular a IoT para aplicações no meio rural, sendo estabelecidas as seguintes ações: a) identificar e caracterizar as alternativas tecnológicas (fibra, antena, rádio, satélite, etc.); b) linhas de fomento e financiamento da conectividade no campo; e c) aspectos regulatórios. A implementação destas ações é de responsabilidade das instituições participantes do grupo de trabalho, que para este tema é o Ministério das Comunicações (BRASIL, 2021c).

Estratégias adotadas por empresas especializadas em telecomunicações, fabricante de equipamentos agrícolas e as AgTechs (empresas que promovem inovações no setor do agronegócio) têm sido divulgadas em feiras agrícolas (como a Agrishow e a Expointer). Neste sentido, as operadoras de telecomunicações buscam conquistar o mercado emergente do agronegócio entregando conectividade às áreas com potencial de negócios e a indústria de maquinários procura garantir que toda a tecnologia embarcada no maquinário agrícola seja aproveitada de maneira integral, justificando o investimento dos clientes. Diante disso, diversas empresas se reuniram em blocos para oferecerem soluções aos produtores (SOLLITTO, 2019).

Devido à complexidade da integração entre Universidade, Indústria e Governo na temática da agricultura, é compreensível que surjam barreiras à sua efetividade.

Assim, novos modelos surgem visando contribuir, a tornar o processo mais efetivo (PAGANI *et al.*, 2016).

Deste modo, buscou-se identificar os modelos de negócio existentes de conectividade para as áreas rurais remotas. Esses modelos estão descritos na próxima seção.

### 3.6 Modelo e *framework*: conceitos e definições

Um modelo é definido como um elemento capaz de representar variáveis, processos, conceitos, valores, práticas e relacionamentos, sem adicionar orientações específicas ou práticas de implementação. Já um *framework* apresenta orientações para a execução propriamente dita (TOMHAVE, 2005).

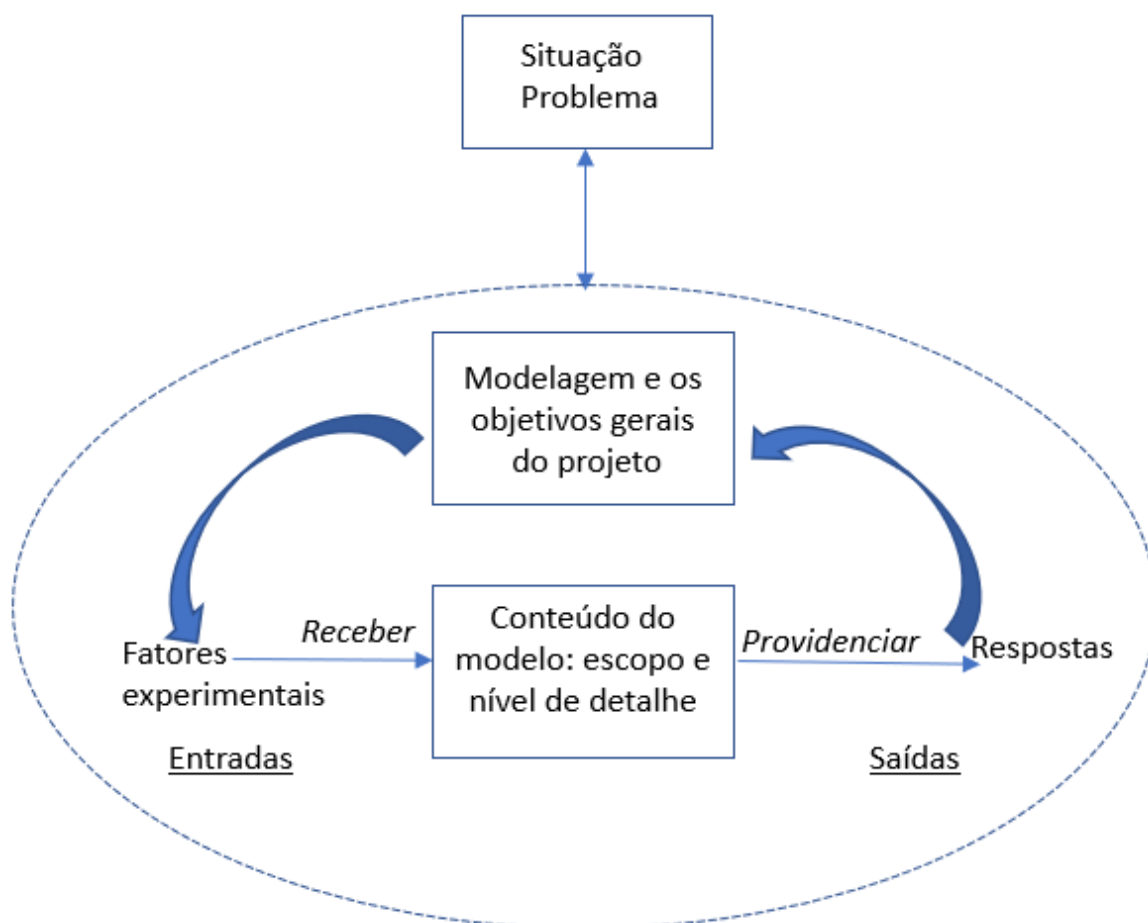
Um *framework* é utilizado como uma maneira de traduzir temas complexos em forma que possam ser analisadas e estudadas, também são empregados para suportar o desenvolvimento de técnicas, procedimentos ou métodos e ferramentas (SHEHABUDEEN *et al.*, 2000).

Um *framework* conceitual apresenta de forma teórica o assunto a ser discutido e consiste em cinco atividades-chave que são executadas, conforme segue:

1. Compreender a situação-problema;
2. Determinar a modelagem e os objetivos gerais do projeto;
3. Identificar os resultados do modelo (respostas);
4. Identificar as entradas do modelo (fatores experimentais);
5. Determinar o conteúdo do modelo (âmbito e nível de detalhe) e a identificação de todos os pressupostos e simplificações (ROBINSON, 2008).

A Figura 10 apresenta um esquema para o desenvolvimento de um *framework* conceitual, baseando-se nas cinco atividades-chave descritas anteriormente.

Figura 11 - Esquema para desenvolver *framework* conceitual



Fonte: Adaptado de Robinson (2008).

Começando com uma compreensão da situação-problema, um conjunto de objetivos e de modelagem do projeto geral são determinados. Estes objetivos, em seguida, conduzem a derivação do modelo conceitual: em primeiro lugar, definindo as saídas (respostas) do modelo, em seguida, as entradas (atores experimentais) e, finalmente, o conteúdo do modelo em termos de sua abrangência e nível de detalhe. Premissas e simplificações são identificadas durante seu processo (ROBINSON, 2008).

### 3.6.1 Modelos de negócio para a área rural

O conceito de modelo de negócio, considerando a estratégia da empresa, tornou-se popular devido às dificuldades de tomadas de decisões em ambientes de negócios moldados por tecnologias e caracterizados por crescentes complexidades e incertezas (OSTERWALDER, 2004). Os modelos de negócio buscam entender como

as empresas operam. Em essência, eles fornecem uma hipótese que precisa ser implementada e comprovada (PRESSER *et al.*, 2018).

O estudo de Müller e Hundahl (2018) utilizou *Business Model Canvas*, explorou as inovações de modelos de negócio impulsionadas por Tecnologias de Informação (TI), examinou 343 empresas dinamarquesas e um dos resultados informados foi que a TI mudou a estrutura de custos. Enquanto os investimentos em TI aumentaram, os custos operacionais diminuíram. Outra constatação apresentada foi a de que agilizar a integração com parceiros e contornar intermediários afetam a alocação de custos, resultando em redução destes.

Para Presser *et al.* (2018) quando se trata de modelo de negócio, a IoT é considerada uma força disruptiva e os modelos de negócio tradicionais são relativamente fracos em oferecer recursos descritivos para permitir que as características da IoT sejam refletidas adequadamente. Em seu estudo “*A Internet of Things* como motivador para inovações de modelos de negócio” (tradução da autora)<sup>20</sup>, os autores consideram que um processo de modelagem de negócios deve ser capaz de capturar o movimento de transição do modelo “como é” para o modelo “como será”. Considera que há situações que oferecem uma oportunidade para vender um produto e, em seguida, vender serviços para consertar um produto, ou seja, o novo modelo de negócio incentiva o uso de modelos pagos ou baseados em assinatura.

A modelagem de negócios da IoT precisa ser capaz de conectar a pilha de tecnologia IoT às dimensões do modelo de negócio de forma simplificada, devendo ser capaz de ser mapeada pelos atores do ecossistema, provedores de tecnologia e provedores de serviços. Considera como exemplo, um serviço sendo um conjunto de sensores que medem um estado de um dispositivo, uma rede de comunicação que coleta dados, uma plataforma em nuvem que armazena e analisa os dados gerados pelo próprio serviço (PRESSER *et al.*, 2018).

Partindo do pressuposto que para obter um cenário da IoT é necessário haver conectividade, novas oportunidades de expansão da infraestrutura de telecomunicações devem ser exploradas, aproveitando-se as circunstâncias.

Na literatura, os modelos de negócio são apresentados em diferentes níveis de abstração. Portanto, nesta pesquisa, procurou-se identificar estudos que

---

<sup>20</sup> Original: *The Internet of Things as driver for digital business model innovation.*

investigaram modelos de negócio que buscam soluções para entregar conectividade nas áreas rurais remotas.

O estudo de Oughton *et al.* (2018) apresentou uma avaliação da infraestrutura de telecomunicações baseada em oferta e demanda futura. Utilizou o *Cambridge Digital Communications Assessment Model* (CDCAM), ferramenta de apoio à decisão, para quantificar o desempenho das estratégias de infraestrutura para banda larga no Reino Unido. A abordagem avaliou a mobilidade em relação aos cenários: (i) tráfego necessário por usuário e (ii) fertilidade, mortalidade e migração até 2030. Apesar da rápida inovação tecnológica nos sistemas de telecomunicações afetar a capacidade de prever, com precisão, a demanda de tráfego e da capacidade da infraestrutura, o estudo conseguiu demonstrar que o aumento do tráfego por usuário resultante da mudança tecnológica tem um grande impacto na demanda futura da infraestrutura, enquanto a mudança demográfica (fertilidade, mortalidade e migração) possui um efeito bem menor.

Alguns estudos demonstram as oportunidades com a chegada da tecnologia 5G para expandir a cobertura nas áreas rurais. Como exemplo, Mendes *et al.* (2020) apresentou o Projeto de Rede de Acesso Remoto para a Quinta Geração (5G-RANGE) e os modelos de negócio que podem ser usados para tornar a implantação dessa tecnologia uma realidade.

O 5G-RANGE é um projeto de cooperação bilateral entre Brasil-Europa que visa conceber e implementar uma rede móvel projetada para fornecer conexão confiável e econômica para áreas rurais. Esta rede pode ser integrada com outros cenários 5G, sendo considerada uma solução complementar que busca fechar a lacuna de conectividade entre áreas urbanas e rurais (MENDES *et al.*, 2020).

A proposta do modelo de negócio apresentada por Mendes *et al.* (2020) é um acordo de compartilhamento de receita entre uma empresa de infraestrutura denominada Operador de Infraestrutura Móvel Rural (RMIO)<sup>21</sup> com um ou vários Operadores de Rede Móvel (MNO)<sup>22</sup>. Segundo esta proposta, o operador de infraestrutura implanta a torre em uma determinada área e busca um acordo de compartilhamento de receita com um operador de rede móvel. Este, por sua vez, captura clientes potenciais na área onde a torre foi construída. Segundo o estudo, é uma configuração atraente para ambos, pois do lado do operador de rede permite

---

<sup>21</sup> *Remote I/O Module.*

<sup>22</sup> *Mobile Network Operator.*

focar o CAPEX em áreas urbanas e, ao mesmo tempo, expandir a rede para as áreas rurais e do lado do operador de infraestrutura, captar acordos comerciais com os operadores.

As áreas rurais remotas sempre foram um desafio para as empresas de telecomunicações, considerando-se que até pouco tempo atrás os padrões de sistemas de comunicação haviam sido desenvolvidos para fornecer conectividade às áreas urbanas. Essas áreas possuem um número suficiente de assinantes em uma cobertura de 10 km, enquanto em áreas rurais remotas essa cobertura limitada não alcançaria assinantes suficientes para justificar o alto CAPEX. Desta forma, as operadoras de telecomunicações acabam deixando as áreas rurais remotas descobertas (MENDES *et al.*, 2020).

Para melhorar a conectividade rural, diferentes soluções estão sendo estudadas. A pesquisa de Kumar *et al.* (2020) apresentou uma proposta de um modelo de negócio para conectividade rural usando a divisão da rede 5G. Segundo o estudo, o fatiamento da rede 5G com multilocação para o cenário rural se apresenta como uma solução potencial para melhorar a conectividade rural. O modelo trata-se de compartilhamento de infraestrutura, através de um único operador de infraestrutura e vários MNOs. Os fluxos de receita são analisados através do *Business Canvas Model* e as interações de diferentes *stakeholders* são analisadas em Configuração de Rede de Valor (VNC)<sup>23</sup>. Para finalizar, o *trade-off* da multilocação no cenário rural é analisado através da realização do método de planejamento estratégico denominado *SWOT*<sup>24</sup>, que analisa as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças do modelo de negócio proposto (KUMAR *et al.*, 2020).

Cavalcante *et al.* (2021) no seu estudo intitulado “5G para áreas remotas: desafios, oportunidades e modelagem de negócio para o Brasil” (tradução da autora)<sup>25</sup> apresentou as oportunidades que a tecnologia 5G possui para conectar os brasileiros da área rural. Identificou que um dos principais obstáculos para as operadoras de telecomunicações ampliarem a área de cobertura é a incerteza de retorno do investimento (ROI)<sup>26</sup>, pois devido a limitação de informações sobre as oportunidades de receita rural, torna a análise do potencial de receita uma estimativa imprecisa. O

---

<sup>23</sup> *Value Network Configuration.*

<sup>24</sup> *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats.*

<sup>25</sup> Original: *5G for remote areas: challenges, opportunities and business modeling for Brazil.*

<sup>26</sup> *Return on Investment.*

parâmetro de retorno do investimento é altamente dependente da receita do usuário (ARPU)<sup>27</sup> e da taxa de adoção alcançada, uma vez que a cobertura é fornecida. Fornecer cobertura implica em custo de construção da infraestrutura e instalação de equipamentos, além do custo de operação e manutenção, traduzindo-se em despesas de capital sem a garantia de retorno.

Diante disso, o estudo definiu um modelo de negócio escalável para implantar redes em áreas de densidade ultrabaixa, tendo como elemento central a associação entre um MNO e um RMIO. O estudo demonstra através da análise de perdas e lucros (P&L) que uma divisão justa do valor gerado entre MNO e RMIO pode ser alcançada.

A seguir, os modelos de negócio para a área rural identificados na literatura serão apresentados no Quadro 5:

**Quadro 6 - Modelos de negócio para a área rural identificados na literatura**

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Proposta de Modelo</b>
Mendes <i>et al.</i> (2020)	<i>Enhanced Remote Areas Communications: The Missing Scenario for 5G and beyond 5G Networks</i>	Trata-se do acordo de compartilhamento de receita entre uma empresa de infraestrutura, denominada Operador de infraestrutura móvel rural (RMIO) com um ou vários Operadores de rede móvel.
Kumar <i>et al.</i> (2020)	<i>Business model for rural connectivity using multi-tenancy 5G network slicing</i>	Trata-se de compartilhamento de infraestrutura, através de um único Operador de infraestrutura e vários Operadores de rede Móvel.
Cavalcante <i>et al.</i> (2021)	<i>5G for Remote Areas: Challenges, Opportunities and Business Modeling for Brazil</i>	Trata-se de um modelo de negócio escalável para implantar redes em áreas de densidade ultrabaixa, tendo como elemento central a associação entre um Operador de rede móvel e um Operador de infraestrutura móvel rural (RMIO)

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Perante o exposto, novos modelos e *frameworks* devem ser investigados para enfrentar os desafios relacionados à baixa densidade populacional nas áreas rurais, o que gera um alto investimento por habitante coberto. Em contrapartida, aproveitar o mercado emergente da IoT nas áreas rurais demonstra fortes indícios de resolver este desafio, uma vez que será possível atender além de pessoas, as “coisas” a serem conectadas, proporcionando um retorno do investimento.

Entre as iniciativas de expandir a conectividade para as áreas rurais remotas, se destacam as conexões em blocos entre empresas como: a ConectarAGRO, que iniciou como uma cooperação entre oito empresas: AGCO, Climate FieldView, CNH

<sup>27</sup> Average Revenue per User.

Industrial, Jacto, Nokia, Solinftec, TIM e Trimble, com a proposta de estabelecer um ecossistema favorável de acesso à internet móvel nas mais diversas regiões agrícolas brasileiras, por meio da adoção de soluções abertas, inicialmente com a utilização da rede 4G, tecnologia global que permite a cobertura eficiente no campo. Em julho de 2020, tornou-se uma fundação sem fins lucrativos e aberta a novas empresas com o mesmo objetivo (CONNECTAR, 2021).

As empresas John Deere e Trópico firmaram parceria e criaram o produto “Conectividade Rural”, uma solução de rede privada de banda larga, exclusiva para automação agrícola (BARBIERI, 2019).

Em 2018, as empresas Vivo, Ericsson e Raízen, realizaram um acordo e lançaram o projeto “Agro IoT Lab”, para desenvolver aplicações para o campo com base na IOT e M2M (*Machine-to-Machine*)<sup>28</sup>, sendo selecionadas seis *startups* para trabalharem em soluções para o agronegócio. A Vivo fornece a frequência de 450 MHz de sua rede 4G para o programa, a Ericsson é responsável pela instalação dessa rede e a Raízen oferece a infraestrutura agrícola e acesso aos canais. As aplicações desenvolvidas pelo projeto foram anunciadas em 2019 e, entre elas, estão as soluções de telemetria para tratores conectados que captam informações em tempo real identificando o uso indevido de combustível e reduzindo o desperdício em até 10%. Outra solução foi uma estação meteorológica dedicada à coleta e armazenamento, processamento e transmissão de dados como precipitação, velocidade e direção do vento, umidade do ar e temperatura, entre outros dados (AGRO, 2019).

A fabricante de máquinas agrícolas John Deere e a operadora Claro anunciaram uma parceria e lançaram, em 2020, o programa “Campo Conectado” por meio da rede 4G. A operacionalização e aplicação dos serviços é realizada pela Rede de concessionárias John Deere em colaboração com a empresa SOL Intermediação de Negócios e Gestão de Ativos e a operadora Claro. O programa busca, por meio da rede de concessionárias John Deere, o entendimento das necessidades dos clientes e os apresenta soluções mais adequadas dentro do portfólio de conectividade oferecido pela Claro, visando a melhoria da produtividade (GAVAÇA, 2020).

As conexões em blocos de empresas privadas identificadas estão resumidas no Quadro 6 a seguir:

---

<sup>28</sup> Máquina a Máquina

**Quadro 7 - Conexão em blocos de empresas privadas**

Projeto	Empresas envolvidas	Tecnologias	Características
Conecta Agro	Tim, Nokia, Solinftec, Climate FieldView, Trimble, Jacto, AGCO e CNH Industrial	4G; Transmissão via antena na frequência 700MHz	Solução aberta, permite conexão com qualquer maquinário.
Conectividade Rural	John Deere e Trópico	4G; Transmissão via antena na frequência 250MHz	Rede privada. Contratação diretamente com o concessionário John Deere.
Agro IoT Lab	Vivo, Ericsson e Raízen	4G; Transmissão via antena na frequência 450MHz	Plataforma usada por <i>startups</i> para desenvolver soluções usando IoT.
Campo Conectado	John Deere, Sol e Claro	4G; Transmissão via antena na frequência 700MHz	Rede privada, acessível por qualquer pessoa com plano da operadora. Modelo de cobertura sob demanda para o agronegócio, a operadora oferece plano de dados para entregar conectividade na região (hectare) que não possui cobertura.

Fonte: Autoria própria (2021).

Através do gerenciamento das propriedades em tempo real, é possível prover menores gastos em sementes, utilização mais racional de fertilizantes e defensivos agrícolas, redução de perdas agrícolas e aumento da rastreabilidade na cadeia alimentar. Segundo os *stakeholders* do agronegócio, a conectividade traz benefícios como maior produtividade e segurança alimentar (SANTOS; AZEVEDO, 2020).

### 3.7 Considerações sobre a seção

Esta seção apresentou os principais temas abordados nesta pesquisa, ressaltando o conceito e os modelos de referência da arquitetura da IoT e o foco na camada de rede, que proporciona a conectividade para o transporte de serviço da IoT presente nos maquinários agrícolas. Foram apresentadas as tecnologias da IoT existentes nos maquinários agrícolas, as soluções de conectividade para a *Internet of Things* e a defasagem da cobertura da conectividade nas áreas rurais remotas. Buscou-se a compreensão das teorias e modelos da relação entre atores chaves para uma aliança estratégica, pesquisando-se sobre as iniciativas públicas e privadas existentes sobre Agricultura 4.0. Foram identificados estudos que investigaram modelos de negócio que buscam soluções para resolver o problema da falta de

cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas, além dos modelos e *frameworks* existentes para atender esta necessidade.

O referencial teórico utilizado nesta pesquisa conduz à reflexão de que existe um grande potencial para alavancar a Agricultura 4.0 no Brasil através da integração entre Universidade, Indústria, Governo, atores de fomento, institucional e habitat de inovação. As iniciativas identificadas no setor governamental através do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” e as soluções do setor privado (como as conexões em blocos entre empresas), demonstram que há oportunidades de estudos para compreender as responsabilidades, oportunidades e funções de cada ator no ecossistema da Agricultura 4.0.

Assim, após a compreensão dos temas abordados, serão descritos a seguir os resultados encontrados.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, os resultados serão apresentados e discutidos, sendo divididos conforme apresentados na metodologia (Capítulo 2). Dessa forma, os resultados da revisão de literatura (4.1), da pesquisa documental (4.2) e o desenvolvimento do *framework* (4.3) são descritos a seguir:

### 4.1 Revisão de literatura

A análise bibliométrica permite a observação das principais características das publicações selecionadas, o crescimento do tema e as tendências, além de permitir uma aproximação com a temática (MUGNAINI, 2003).

Foram analisados todos os 70 artigos provenientes da revisão de literatura realizada, conforme descrito na seção 3.2, com o objetivo de obter um panorama bibliométrico geral. Foram identificadas informações como: número de publicações nos últimos anos, países que mais publicaram sobre os assuntos, representatividade dos periódicos do portfólio, termos mais abordados e os citados juntos, e por fim, comparativo dos modelos de negócio e *frameworks* existentes com o propósito de expandir a conectividade para áreas rurais remotas.

A primeira análise realizada foi o número de publicações sobre o assunto nos últimos anos, com o intuito de verificar a atualidade do tema nas bases científicas, conforme a Figura 12:

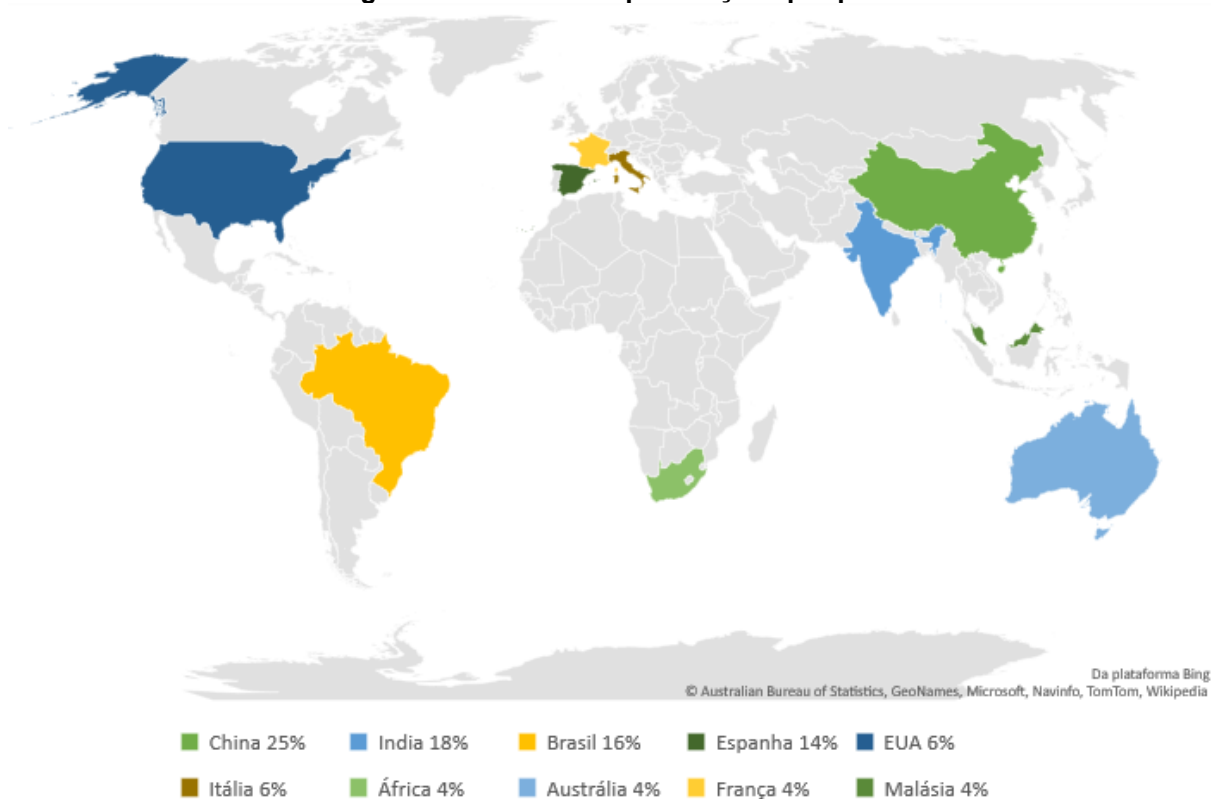


Fonte: Autoria própria (2021).

Dado que a RSL ocorreu sem limitação temporal, observa-se que o início de publicações com a combinação dos termos “*connectivity*”, “*rural areas*”, e “*IoT*” iniciou-se em 2015. Verificou-se que o número de publicações aumentou ano a ano consideravelmente, chegando ao pico no ano de 2020, com 27 artigos publicados nas bases de dados *Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*, demonstrando um crescente interesse sobre o tema ao longo do tempo.

Em relação ao número de publicações por país, foi realizada a análise nos países de filiação do primeiro autor do artigo, conforme apresentado na Figura 13:

**Figura 13 - Número de publicações por país**



**Fonte: Autoria própria (2021).**

Percebe-se que a maior representatividade de publicações está na China e Índia, seguidos pelo Brasil, Espanha e Estados Unidos. Estes quatro países representam 73% do portfólio de artigos. Observa-se que os três primeiros países do *ranking* de publicações são países emergentes, demonstrando que o nível de desenvolvimento não é o mais relevante. Os aspectos em comum desses países, que podem tê-los levado ao destaque, é que concentram expressiva população mundial e de maior extensão territorial.

A seguir, são apresentadas na Tabela 3 as revistas com maior representatividade no portfólio. Observa-se que apenas 4 dos 45 periódicos publicaram mais que 2 artigos: *IEEE Access*, *Sensors (Switzerland)*, *Revista Ciências Agrônômica* e *Procedia Computer Science* evidenciando assim uma grande abrangência de publicações sobre o tema.

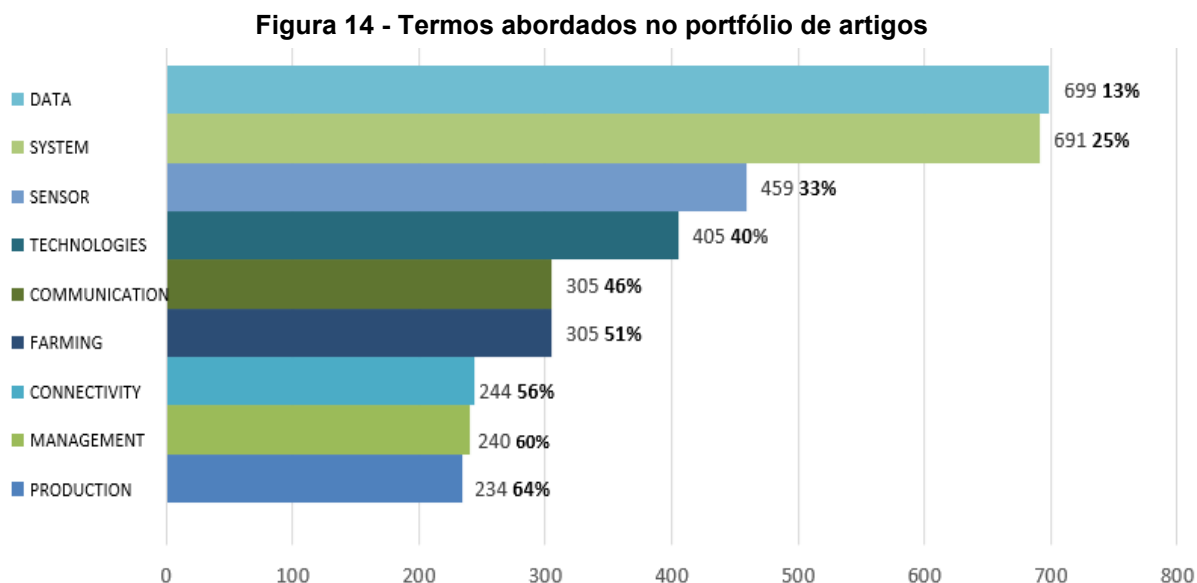
**Tabela 3 - Relação da representatividade dos periódicos do portfólio**

<b>Journal</b>	<b>Fator de impacto</b>	<b>Artigos</b>	<b>Representatividade (%)</b>
<i>IEEE Access</i>	4,098	8	11%
<i>Sensors (Switzerland)</i>	3,031	5	7%
<i>Revista Ciência Agrônômica</i>	0,785	5	7%
<i>Procedia Computer Science</i>	1,48	3	4%
<i>Computers and Electronics in Agriculture</i>	3,171	2	3%
<i>Future Internet</i>	1,89	2	3%
<i>International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems</i>	0,84	2	3%
<i>Microprocessors and Microsystems</i>	1,045	2	3%
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	2,592	2	3%
<i>Wireless Personal Communications</i>	0,929	2	3%
<i>Demais journals</i>	-	37	47%
<b>Total</b>	-	70	100%

**Fonte: Autoria própria (2021).**

Também foram identificados os principais termos abordados ao longo dos artigos, ou seja, os termos mais recorrentes no corpo dos textos. Para esta tarefa, a funcionalidade de codificação automática do *software* NVivo12 foi utilizada.

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 14:



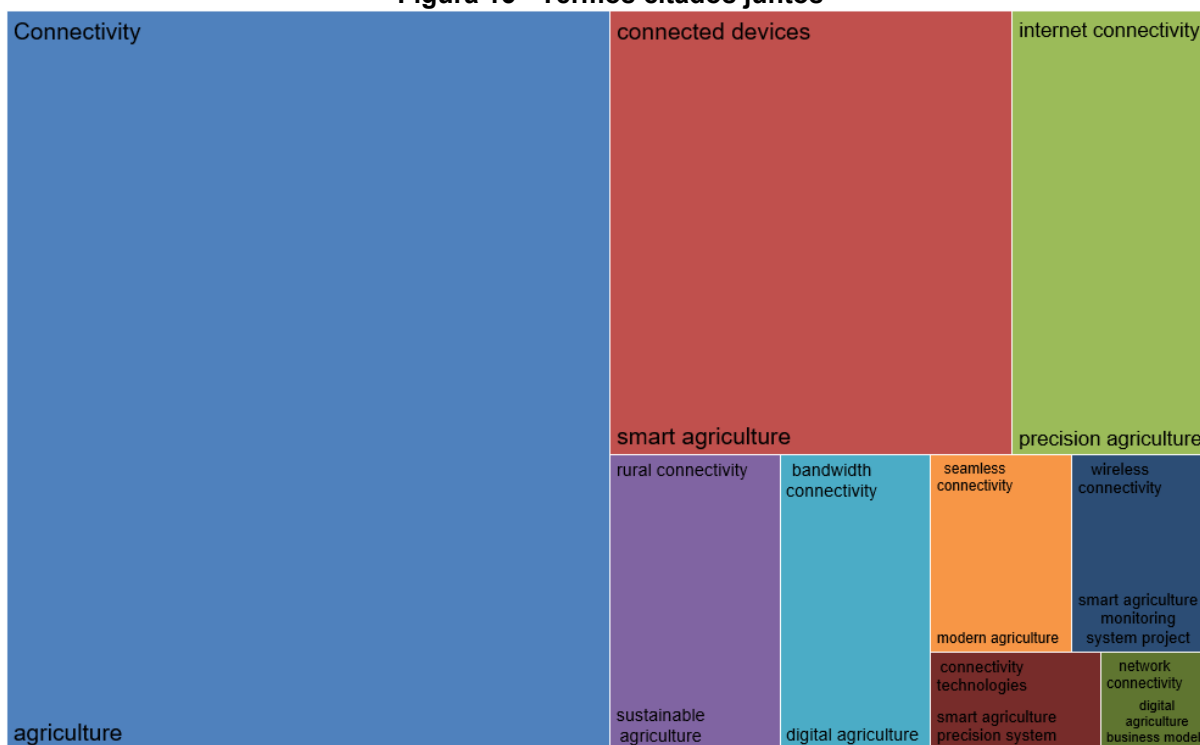
Fonte: Autoria própria (2021).

Percebe-se que o foco dos artigos, estão relacionados aos temas: *data* e *system*, codificados em 699 e 691 trechos, respectivamente. Os temas *sensor* e *technologies* foram identificados em uma mediana de 432 trechos. Já os temas *communication*, *farming* e *connectivity* representam uma média harmônica de 281 trechos e os temas *management* e *production* ocorreram em torno de 237 trechos.

A partir da codificação automática, foi possível identificar que os sete primeiros temas mais citados estão presentes em 56% dos artigos, ou seja, a representatividade dos temas pesquisados é significativa no portfólio selecionado.

Além disso, foi possível identificar os termos citados juntos, em dois ou mais artigos, que foram mapeadas e organizadas em um mapa de árvore, conforme Figura 15. Quanto maior o retângulo, maior a incidência dos termos nos artigos.

Figura 15 - Termos citados juntos



Fonte: Autoria própria (2021).

Os termos *connectivity* e *agriculture* são os mais citados, seguido de *connected devices* e *smart agriculture*. Os artigos que utilizaram os termos *network connectivity* mencionaram sobre *digital agriculture business models*, conforme menor quadrante da figura no canto inferior direito. Com base nos resultados obtidos na análise bibliométrica, pode-se concluir que o portfólio representa o tema central deste trabalho, validando a metodologia utilizada para construí-lo.

Foram encontrados seis modelos de negócio alinhados à temática da pesquisa. O Quadro 8 apresenta um resumo destes modelos de negócio, conforme segue:

Quadro 8 - Resumo dos modelos de negócio propostos

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Contribuições</b>	<b>Limitações</b>
Müller e Hundahl (2018)	Apresenta uma pesquisa das inovações de Modelos de negócio impulsionados por Tecnologias de Informação (TI)	Revisão sistemática da literatura	Contribui com a categorização da inovação do modelo de negócio orientada por TI de acordo com três fatores.	Análise qualitativa, não apresenta modelo de negócio.
Presser <i>et al.</i> (2018)	Apresenta características importantes para a inovação do modelo de negócio baseado em IoT	Revisão sistemática da literatura	Oferece ferramentas e compreensão em termos de tecnologia, negócios e ética para desenvolver aplicativos e serviços de IoT e, por sua vez, conduzir novos modelos de negócio.	Análise qualitativa, não apresenta modelo de negócio.
Oughton <i>et al.</i> (2018)	Apresentar uma avaliação da infraestrutura dos Sistemas de comunicações móvel baseado em oferta e demanda futura	Estudo de caso	Fornecer uma avaliação baseada em cenários de oferta e demanda de telecomunicações, para servir como evidência complementar para tomadores de decisão para desenvolver estratégias de mercado bem-sucedidas.	Avalia o aumento da demanda apenas resultante da mudança no tráfego por usuário e por demografia.
Mendes <i>et al.</i> (2020)	Apresentar as principais realizações do projeto 5G-RANGE, cobre os modelos de negócio que podem ser usados para fazer a implantação desta tecnologia.	Estudo de caso	A proposta do modelo de negócio operacional apresentado é um acordo de compartilhamento de receita entre uma empresa de infraestrutura denominada Operador de infraestrutura móvel rural (RMIO) com um ou várias Operadoras de rede móvel (OMNs).	Incerteza de Retorno do Investimento (ROI)
Kumar <i>et al.</i> (2020)	Apresentar uma proposta de um Modelo de negócio para conectividade rural usando a divisão da rede 5G	Estudo de caso	O modelo trata-se de compartilhamento de infraestrutura, através de um único Operador de infraestrutura (InP) e várias Operadoras de rede Móvel (MNOs).	Incerteza de Retorno do Investimento (ROI)
Cavalcante <i>et al.</i> (2021)	Apresentar as oportunidades que a tecnologia de quinta geração (5G) possui para conectar as áreas rurais.	Estudo de caso	A proposta do modelo de negócio para implantar redes em áreas de densidade ultrabaixa, a associação entre uma operadora de rede móvel (MNO) e um Operador de infraestrutura móvel rural (RMIO), demonstra análise de perdas e lucros (P&L)	Incerteza de Retorno do Investimento (ROI)

Fonte: Autoria própria (2021).

Dos 6 (seis) estudos identificados e resumidos acima, apenas os estudos de Kumar *et al.* (2020); Mendes *et al.* (2020) e Cavalcante *et al.* (2021) apresentam proposta de modelo para expandir a conectividade nas áreas rurais remotas. Estes estudos serão apresentados com maiores detalhes na seção 4.2.

Os estudos de Müller e Hundahl (2018) e Presser *et al.* (2018) realizaram uma revisão sistemática da literatura e não apresentam um modelo ou *framework*.

O estudo de Oughton *et al.* (2018) avaliou a demanda de telecomunicações resultante da mudança no tráfego e demografia dos usuários, servindo como evidência complementar para tomadores de decisão desenvolverem estratégias no mercado de telecomunicações.

## **4.2 Resultados da pesquisa documental**

Considerando os procedimentos metodológicos da pesquisa, descritos no Quadro 7 (2ª etapa - Pesquisa documental), esta seção foi dividida em outras duas subseções (4.2.1 e 4.2.2) e tem como objetivo apresentar as discussões dos resultados da análise dos materiais técnicos.

### Estudos e iniciativas do governo brasileiro

O estudo realizado pela ESALQ em 2020, “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” (BRASIL, 2021a), apresentou um mapeamento, classificação e caracterização do estado da arte da conectividade por banda larga nas áreas rurais brasileira. O território nacional foi classificado em áreas com características semelhantes quanto ao público-alvo (produtores rurais), considerando o tamanho das propriedades, a renda e o uso da terra. O estudo produziu: (i) um diagnóstico da cobertura de internet em todo o território nacional; (ii) uma classificação territorial que possibilita hierarquizar ações e direcionar investimentos; e (iii) o desenvolvimento de um algoritmo espacial inteligente para alocação de infraestrutura de conectividade e quantificação de ganhos potenciais.

Com a combinação dos três pontos produzidos pelo estudo, foi alcançado o OE2, que visava estudar a cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas. Foi observado que as ações e estratégias apresentadas no estudo da ESALQ demonstram que um trabalho conjunto da iniciativa privada e apoio governamental,

orientados pela academia, e que podem servir de base para direcionar políticas públicas que impulsionem a expansão da conectividade nas áreas rurais.

Diante disso, foi estudado o “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” (BRASIL, 2021c), tratando-se de um pacto do Acordo de Cooperação Técnica (ACT), entre dirigentes do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e Comunicações (MCTI), o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) e convidados dos setores público, empresarial e acadêmico.

O ACT estabeleceu um rol de ações a serem empreendidas durante a vigência do instrumento contratual, que é de 2021 a 2024, sendo um deles:

Buscar o aumento e a melhoria da conectividade no campo, criando alternativas para os grandes, médios e pequenos agricultores, conforme seus requisitos e necessidades, fazendo uso de todas as tecnologias existentes e adequando-as conforme o caso (BRASIL, 2021c).

O grupo de trabalho responsável por apresentar as ações técnicas sobre a conectividade no campo é o Ministério de Comunicações, o qual recebeu o estudo da ESALQ, em 19 de maio de 2021 em cerimônia pública *on-line* (BRASIL, 2021a).

Esse ACT busca estabelecer ações coordenadas com a participação da iniciativa privada, academia, institutos de ciência e tecnologia e demais atores relevantes do ecossistema de inovação no contexto do agronegócio nacional.

Buscar sinergias, alinhar ações, articular e propor iniciativas para a difusão da inovação, disseminar tecnologias e demandas para o aumento da produtividade e competitividade da agropecuária brasileira, incluindo: gestão, mecanização e novos produtos, processos e serviços (entre outras ações), o aumento e a melhoria da conectividade no campo, são alguns dos destaques do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” (BRASIL, 2021c).

A análise deste plano permitiu compreender a importância da relação entre os *stakeholders* que buscam estabelecer um ecossistema favorável de acesso à internet nas mais diversas e remotas regiões rurais brasileira. De posse destas informações, buscou-se compreender o que existe na literatura sobre modelos de negócio, *frameworks* e a expansão da conectividade nas áreas rurais remotas.

## Revisão de modelos e *frameworks* sobre expansão da conectividade nas áreas rurais disponíveis na literatura

Foram identificados os estudos de Kumar *et al.* (2020), Mendes *et al.* (2020) e Cavalcante *et al.* (2021) nos quais apresentaram modelos para a expansão da conectividade através da tecnologia 5G. Os três estudos apresentam como modelo de negócio a associação e o compartilhamento de receita entre duas empresas privadas, a operadora de rede e uma empresa de infraestrutura.

O estudo de Mendes *et al.* (2020) apresenta o projeto 5G-RANGE, que consiste em permitir que operadoras explorem canais de TV não utilizados. Com base em casos de uso, descreve as técnicas utilizadas nas camadas física, de Controle de Acesso Médio (MAC)<sup>29</sup> e camada de rede, para atender ao projeto. O modelo de negócio para explorar o projeto de rede 5G-RANGE em áreas rurais remotas consiste em desvincular a operadora de rede móvel da construção da infraestrutura, permitindo que uma empresa local construa a infraestrutura de rede (torres de transmissão) em uma determinada área e feche negócio de compartilhamento da infraestrutura com as operadoras de rede móvel.

O modelo de Kumar *et al.* (2020) também propõe que uma empresa de infraestrutura construa as torres para servir a rede 5G rural e que as operadoras de rede móvel aluguem as fatias da infraestrutura para atender seus usuários finais. O fatiamento de rede 5G com multilocação para cenário rural foi proposto como uma solução potencial para melhorar a conectividade.

O modelo de Cavalcante *et al.* (2021) apresenta os custos incorridos e as receitas geradas para o modelo de implantação de uma rede 5G. É apresentado uma análise de perdas e lucros (P&L) que demonstra que pode ser alcançada uma divisão justa do valor gerado entre a associação entre uma operadora de rede móvel e uma empresa de infraestrutura. Acrescenta que o compartilhamento de rede entre operadoras de rede móvel pode ser um componente-chave para construir uma operação de rede 5G sustentável em áreas rurais. Ressalta que os acordos de compartilhamento de rede são complexos para serem concretizados em um curto espaço de tempo e, que então, podem ser executados com sucesso entre duas empresas rivais. O estudo propõe a associação entre empresas, onde uma empresa

---



<sup>29</sup> *Media Access Control.*

de infraestrutura implanta e opera a rede de acesso e transporte, enquanto a operadora de rede mantém a interface do cliente, o controle do produto e a rede central.

Através da revisão dos modelos de negócio identificados na literatura, foi possível atingir o Objetivo Específico 3 (OE3), que objetivava pesquisar sobre os modelos de negócio e *frameworks* existentes na literatura científica sobre a expansão da conectividade nas áreas rurais remotas. Poucos estudos foram identificados na temática da pesquisa. No entanto, o material encontrado proporcionou compreender que oferecer serviço de internet nas áreas rurais remotas não pode ser realizado apenas pelas operadoras de rede móvel. Os estudos apresentam a necessidade de compartilhamento e associações, tanto das ações de prover quanto das ações de manter a conectividade nas áreas rurais remotas.

Na Figura 16, a seguir, são representados os estudos do governo e os modelos e *frameworks* estudados.

**Figura 16 - Iniciativas do governo brasileiro e modelos de negócio estudados**

	
<b>Iniciativas do governo</b>	<b>Modelos e <i>frameworks</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cenários e perspectivas da conectividade para o Agro.</li> <li>• Plano de Ação da Câmara Agro 4.0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Müller e Hundahl 2018;</li> <li>• Presser et al. 2018;</li> <li>• Oughton et al. 2018;</li> <li>• Mendes et al. 2020,</li> <li>• Kumar et al. 2020,</li> <li>• Cavalcante et al. 2021.</li> </ul>

**Fonte: Autoria própria (2021).**

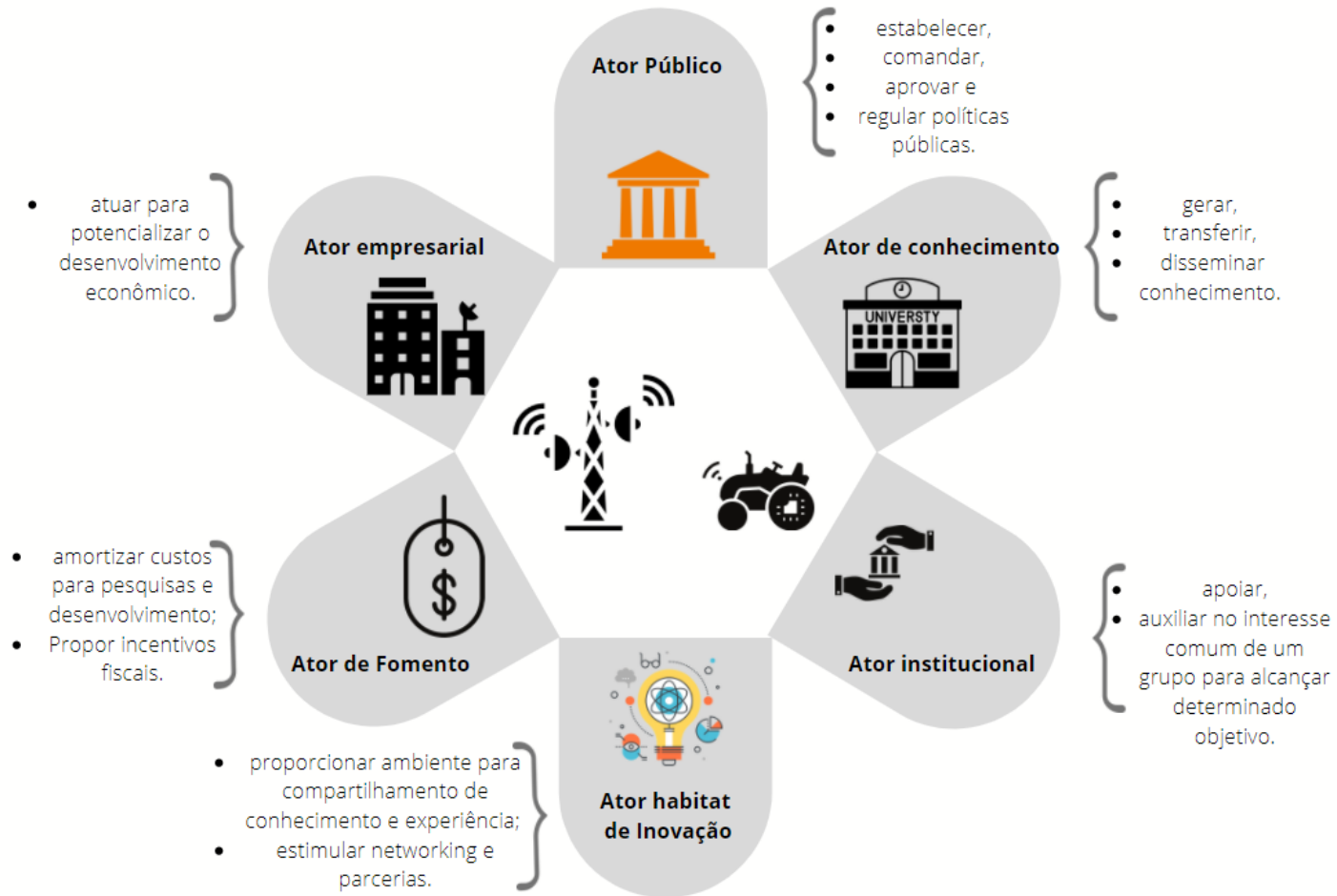
Diante do resultado da pesquisa documental e da revisão sistemática da literatura foi possível desenvolver um *framework* conceitual, descrito na próxima seção.

#### **4.3 Proposta de um *framework* conceitual estratégico para ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas**

A partir da realização das etapas de revisão de literatura e pesquisa documental apresentadas anteriormente foi realizada a elaboração do *framework* deste trabalho. A metodologia utilizada para a elaboração do mesmo foi baseada no trabalho de Robinson (2008) e de Labiak Junior *et al.* (2012).

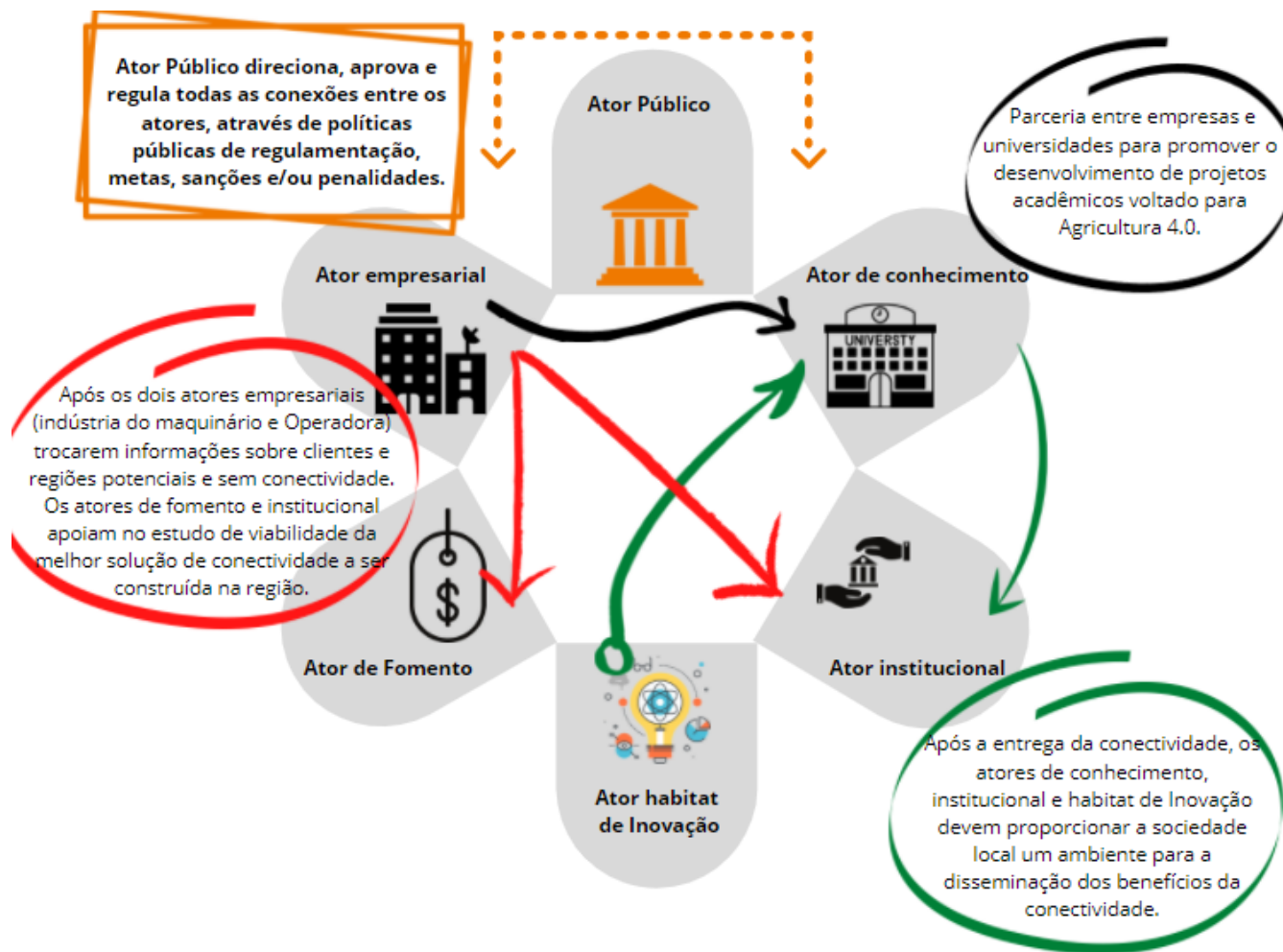
O *framework* (ilustrado nas Figuras 17 e 18) inicia expondo as funções e as conexões de cada um dos atores do ecossistema, sendo apresentadas as reflexões sobre a responsabilidade de cada um na busca da melhoria da conectividade nas áreas rurais remotas.

**Figura 17 - FECONAGRO - Framework estratégico para a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas**



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 18 - FECONAGRO - Conexão entre os *stakeholders*



Fonte: Autoria própria (2021).

O *framework* baseia-se na estrutura da Hélice Sêxtupla e busca promover a interação entre esses 6 (seis) atores visando fomentar a conectividade nas áreas rurais. A seguir, são descritas a função de cada ator e as reflexões sobre o papel de cada um para o contexto apresentado. A ordenação da apresentação dos atores descreve a sequência de quem inicia o processo.

**1º) Atores públicos:** o governo possui o papel de harmonizador entre os atores empresarial, de conhecimento, institucional, habitat de inovação e de fomento com a atribuição de estabelecer, comandar, aprovar e regular as políticas públicas, de inovação e tecnologia. A função tradicional de regulação e controle (por exemplo: especificação de formatos de contrato como base para operações de mercado e fornecimento de segurança e proteção pública nos níveis local e nacional) assume também funções para a expansão da inovação (CARAYANNIS; RAKHMATULLIN, 2014). Iniciativas como o “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” (BRASIL, 2021c) e o estudo “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” (BRASIL, 2021a) demonstram a importância do papel do Estado para impulsionar o planejamento e subsidiar a pavimentação e o fortalecimento da Agricultura 4.0;

**2ª) Atores empresariais:** as empresas atuam para potencializar o desenvolvimento econômico e inovador, promovendo a disseminação de seus produtos e serviços (LABIAK JUNIOR, 2012). Para o contexto do *framework* proposto, a empresa especializada em serviços de telecomunicações possui o papel de habilitadora da infraestrutura digital, operação e manutenção dos serviços de conectividade. Enquanto a indústria de maquinários agrícolas detém as informações dos clientes potenciais, que possuem interesse em conectar as máquinas e utilizar os serviços fornecidos de informações em tempo real, estes atores são considerados aqueles que colocam a inovação no mercado (CARAYANNIS; RAKHMATULLIN, 2014). Através dos modelos de negócio e as conexões em blocos entre empresas privadas, estudados na seção 2.6, foi possível identificar ações e iniciativas relevantes que buscam a expansão da conectividade nas áreas rurais remotas (KUMAR *et al.*, 2020; MENDES *et al.*, 2020; BRASIL, 2021c; CAVALCANTE *et al.*, 2021; CONECTAR, 2021).

**3º) Atores de conhecimento:** são instituições universal de produção e difusão de conhecimento que engloba tanto as artes como as ciências e ocasionalmente integra e fertiliza estas modalidades aparentemente divergentes em unidades interdisciplinares (CARAYANNIS; RAKHMATULLIN, 2014). São

responsáveis por formar pessoas, por fornecer os principais ativos para a inovação: mão de obra qualificada. Possui a responsabilidade de gerar, transferir e disseminar conhecimentos, além de preparar recursos humanos para atuarem no ambiente do agronegócio e no desenvolvimento de tecnologias relacionadas à temática da Agricultura 4.0. De acordo com Labiak Junior (2012) e Brasil (2021c), algumas das ações mapeadas pelo “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” são: definir estratégias para a formação de mão de obra qualificada, prover instrução e difusão de informações e conhecimentos relacionados à Agricultura 4.0, além de identificar e estruturar os cursos existentes, articular mecanismos de integração destes para ampliar as ações de capacitação,

**4º) Atores institucionais:** atuam como apoiadores, auxiliando no interesse comum do grupo. Atores institucionais como as associações comerciais e industriais, sindicatos (LABIAK JUNIOR, 2012), entre outros representantes de setores do agronegócio, tais como CEPEA, CNA e SENAR, prestam assistência especializada e transferem conhecimento aos demais atores (BRASIL, 2021c).

**5º) Atores de fomento:** cabe aos atores de fomento os incentivos fiscais e/ou amortização de custos para pesquisa e desenvolvimento. Pode ser constituído por empresas de capital empreendedor, financiadoras de projetos e agências públicas e privadas de fomento, tais como: FINEP, CNPq, fundações estaduais de amparo à pesquisa e desenvolvimento, agências estaduais de fomento e empresas privadas de *Venture Capital* (LABIAK JUNIOR, 2012).

**6º) Atores habitats de inovação:** os habitats de inovação são ambientes adequados ao desenvolvimento contínuo de inovações tecnológicas (LUZ *et al.*, 2014). Pietrowski *et al.* (2010) citam os seguintes habitats de inovação: hotel tecnológico, incubadoras, aceleradoras, NITs, centros de inovação, polos tecnológicos e parques tecnológicos. Consta no “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” mapear os ambientes de inovação focados no agronegócio existentes no país e promover polos tecnológicos agropecuários, com o objetivo de fomentar a pesquisa e o surgimento de novos negócios a partir da mobilização dos atores do ecossistema de inovação brasileira (BRASIL, 2021c).

Como se pode observar, a transferência de conhecimento e tecnologia está presente em todas as hélices do *framework*. A necessidade dessa transferência entre os atores de diferentes organizações permite construir elos de confiança mútua,

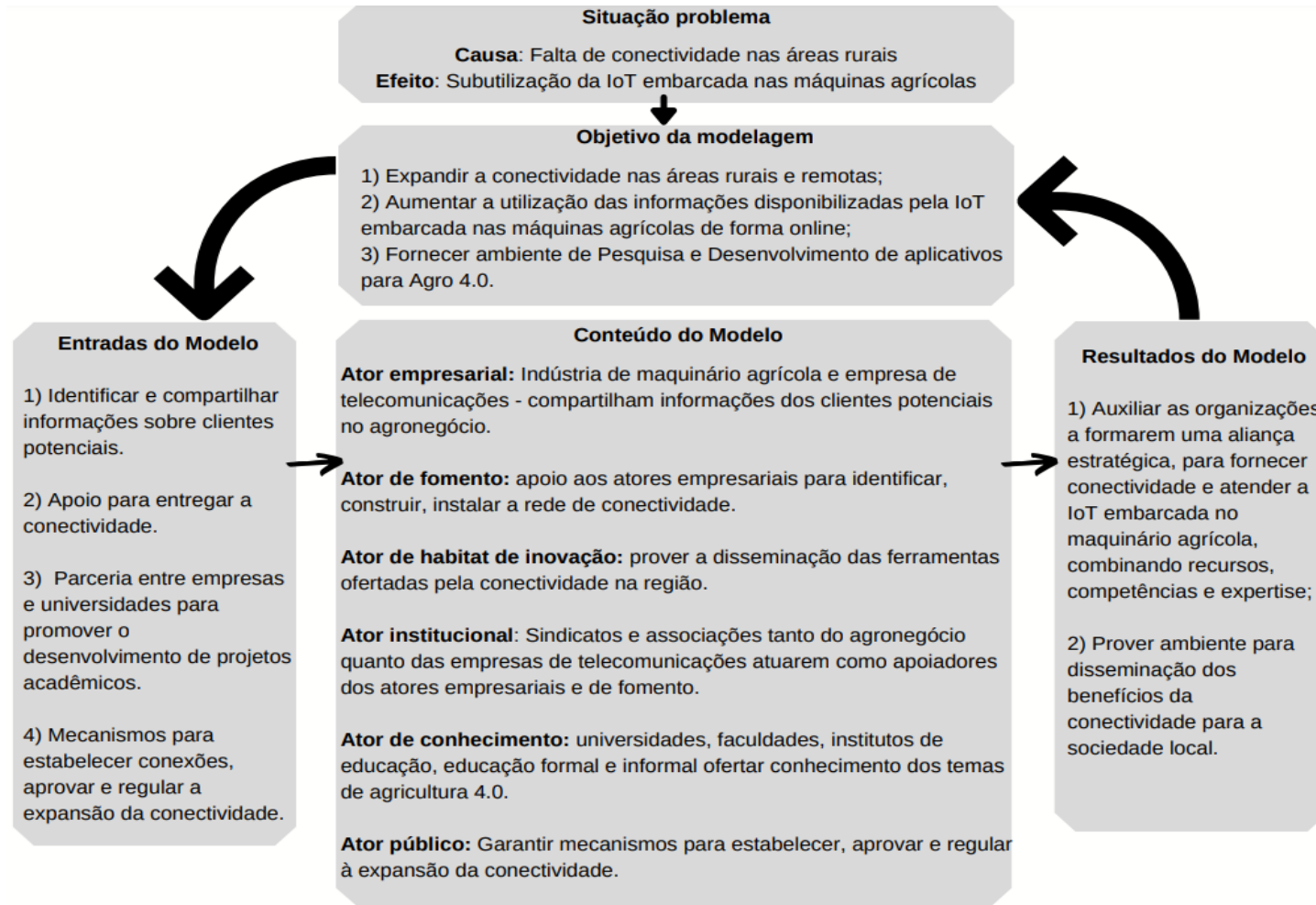
possibilitando planejamento de parcerias para melhorar a performance de seus negócios.

De acordo com o trabalho de Robinson (2008), um *framework* conceitual consiste em cinco atividades-chave descritas a seguir:

1. Compreender a situação-problema;
2. Determinar a modelagem e os objetivos gerais do projeto;
3. Identificar os resultados do modelo;
4. Identificar as entradas do modelo; e
5. Determinar o conteúdo do modelo.

Seguindo este conceito, é descrito as atividades-chave do FECONAGRO, representado na Figura 19, conforme:

**Figura 19 - Atividades-chave do FECONAGRO**



Fonte: Autoria própria (2021).

Para uma melhor compreensão do FECONAGRO, as conexões foram descritas de acordo com as atividades-chave do *framework* conceitual.

Após compreender a situação-problema, que causa a falta de conectividade nas áreas rurais remotas e provoca o efeito da subutilização das informações fornecidas pelo IoT embarcada nos maquinários agrícolas, foram apontados três objetivos para resolver o problema:

1. Ampliar a conectividade nas áreas rurais remotas;
2. Aumentar a utilização das informações disponibilizadas pela IoT embarcada nas máquinas agrícolas de forma *on-line*;
3. Fornecer ambiente de pesquisa e desenvolvimento de aplicativos para Agro 4.0.

Os atores da Hélice Sêxtupla e suas funções são o conteúdo da modelagem. As ações de entradas do modelo foram definidas em:

- i) A indústria do maquinário agrícola identifica clientes potenciais que possuem interesse em conectar as máquinas e utilizar os serviços fornecidos de informações em tempo real. Porém, a região não dispõe de conectividade. Então, a operadora de rede móvel recebe as informações da indústria do maquinário agrícola, dos clientes potenciais e das áreas rurais sem conectividade e realiza o estudo de viabilidade técnica e econômica para a instalação da infraestrutura, equipamento de transmissão e sinal digital. Esta análise técnica demanda profissionais capacitados para a definição da melhor estratégia de atendimento e solução;
- ii) Para atender as necessidades de qualidade no estudo de viabilidade é necessário apoio dos atores de fomento e institucional, na amortização de custos para a pesquisa da melhor solução e apoio, de maneira geral, para que a construção da infraestrutura seja dimensionada para atender o interesse comum do ecossistema;
- iii) As universidades, cursos técnicos e demais instituições de ensino em parceria com empresas do agronegócio, de tecnologia telecomunicações, entre outras, devem promover o desenvolvimento de projetos voltados para a Agricultura 4.0 na região atendida pela conectividade;

- iv) Os atores públicos (municipal, estadual ou federal) devem participar de todo o processo através de uma regulação com maior flexibilidade. Devem estar abertos a modelos de negócio e tipos de serviços inovadores, com uma atuação neutro para criar a combinação ideal de espectro e soluções, além de fornecer incentivos ao investimento, metas de acesso e outras opções sobre taxas, sanções e/ou penalidades;
- v) Após a entrega da conectividade para atender a área rural específica, os atores de conhecimento e habitat de inovação devem proporcionar a sociedade local e arredores um ambiente para disseminação de conhecimento (tanto na área de tecnologias para o agronegócio quanto nas que permeiam o ecossistema), além do compartilhamento dos conhecimentos adquiridos e experiências proporcionada pela internet.

O modelo proposto tem o intuito de auxiliar as organizações a formarem uma aliança estratégica visando fornecer conectividade em áreas rurais remotas e impulsionar a utilização das informações fornecidas pela IoT embarcada nos maquinários agrícolas, através da aliança estratégica, combinando recursos, competências e expertise, apoiando a construção de elos entre empresas de ramos diferentes com apoio governamental, institucional, fortalecendo a inclusão social do produtor, a educação, a informação e a qualidade de vida, resultando em melhores oportunidades para a população rural em termos econômicos e sociais.

Além dos inúmeros benefícios descritos do potencial das máquinas agrícolas (subseção 4.2.1) fornecerem informações em tempo real para o rápido diagnóstico de defeito no maquinário e o mapeamento *on-line* da produção, a conectividade nas áreas rurais envolve aplicações dentro e fora da propriedade.

A Figura 20 representa uma fração dos benefícios que a conectividade pode potencializar na região, tanto na área produtiva através da conexão das máquinas agrícolas, como beneficiando a comunidade que trabalha e reside na região.

Figura 20 - Resultado do modelo



Fonte: Autoria própria (2021).

A capacidade que a conectividade possui para levar conhecimento de boas práticas de cultivo, a utilização adequada do maquinário, entre outras vantagens, é imensurável. Porém, é necessário um plano contínuo de capacitação da sociedade local. A partir do incremento de acesso a internet é preciso disseminar conhecimento sobre a utilização das informações disponibilizadas pelos aplicativos, tanto do maquinário agrícola quanto das informações que terão acesso através de inúmeras plataformas digitais.

Aumentar a capacitação dos agricultores e seus familiares permite que as tecnologias de que dispõem sejam utilizadas de forma eficiente, além de promover a inclusão na era digital. A partir da consolidação da conexão nas áreas rurais remotas com a cidade, fundamentada em conhecimento e inovação, será possível fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias vinculadas a Agricultura 4.0.

O FECONAGRO estabelece que uma aliança estratégica entre atores chaves da Hélice sêxtupla. É uma proposta estratégica para ampliar a conectividade nas áreas rurais remotas. Mediante a orientação dos partícipes é possível atingir objetivos em comum, criando alternativas para os grandes, médios e pequenos agricultores, conforme seus requisitos e necessidades, fazendo uso de todas as tecnologias existentes, e adequando-as conforme a necessidade de cada um.

#### 4.4 Discussão

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) permitiu identificar um número crescente de artigos de revisão sobre tópicos como: Agricultura 4.0 e o potencial transformador da IoT e das tecnologias digitais para sistemas de produção agrícola (ADESTA; AGUSMAN; AVICENNA, 2017; MARCHESE; MOHEDDINE; PATRONE, 2019; ZAMORA-IZQUIERDO *et al.*, 2019). Além disso, há um grande volume de estudos orientados para as aplicações de tecnologias digitais na agricultura como os estudos de Klerkx, Jakku e Labarthe (2019), Raju e Vijayaraghavan (2020), Li e Abula (2020) e Lima *et al.* (2020).

Através da RSL foi possível compreender o panorama atual das tecnologias de conectividade para IoT nas áreas rurais. As tecnologias LPWAN e da próxima geração 5G são as alternativas apresentadas para atender o mercado da IoT do maquinário agrícola. Porém, a conectividade nas áreas rurais remotas é um desafio a ser vencido. Estudos, como o de Souza (2021), identificaram os desafios relacionados à ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas, sendo um deles: o alto custo de instalação para a baixa densidade populacional, indicando como solução a instalação da conectividade por entidades governamentais ou por meio de esquemas de financiamento de empresas privadas.

Através do estudo encomendado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) ao Departamento de Políticas Públicas da ESALQ denominado “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” foi possível identificar o panorama atual da cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras. Este estudo demonstrou que apenas 23% do espaço agrícola brasileiro possui algum nível de cobertura de conectividade, apresentando como proposta ampliar a conectividade por meio de um modelo de alocação de novas antenas. Os resultados apontaram que a instalação de 19.582 antenas pode cobrir praticamente 100% das áreas com necessidade de conexão no país.

Os benefícios da conectividade no campo foram baseados na utilização dos dados dos censos agropecuários de 2006 e 2017. O impacto da cobertura da internet entre os estabelecimentos rurais sobre a evolução da produtividade, evidencia que, caso as 19.582 antenas estivessem fornecendo conectividade, o Valor Bruto de Produção (VBP) da agropecuária brasileira em 2017 poderia ter sido 9,6% maior (em torno de R\$ 44 bilhões).

Diante do potencial impacto da conectividade para os estabelecimentos rurais, procurou-se informações sobre modelos de negócio e *frameworks* que buscam a expansão da conectividade nas áreas rurais remotas. Estudos como os de Kumar *et al.* (2020), Mendes *et al.* (2020) e Cavalcante *et al.* (2021) propõem modelos de negócio que visam a integração entre empresas privadas para a expansão da conectividade através da tecnologia 5G. O “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0”, publicado pelo governo federal, apresentou uma lista de ações e iniciativas para superar os diversos desafios, como o da falta de conectividade nas áreas rurais. Adicionalmente, foram constatadas as ações entre empresas privadas denominadas conexões em blocos que, para solucionar o desafio do alto custo de instalação da infraestrutura de conectividade, formaram blocos de cooperação entre empresas privadas para oferecerem soluções aos produtores. Algumas soluções são abertas e permite a utilização da conectividade para diversos serviços e setores. Outras soluções são apenas para a IoT e determinadas soluções são de rede privada. Essas soluções atendem, na sua maioria, grandes produtores.

Foi identificado, tanto na revisão de literatura, quanto na pesquisa documental, que existem propostas de soluções para resolver o problema da falta de conectividade nas áreas rurais remotas. Porém, as soluções apresentadas na literatura propõem a integração apenas entre empresas privadas, enquanto a proposta do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0”, do governo federal, apresenta um conjunto de diretrizes e atribuições aos responsáveis pelos temas elencados no plano, sendo um deles: a conectividade no campo.

Entretanto, até o final desta pesquisa, não foram encontrados documentos oficiais que descrevam as ações e iniciativas do Ministério das Comunicações, responsável pelo tema: Conectividade no Campo. Apesar do estudo “Cenários e Perspectivas da Conectividade para o Agro” ter sido entregue ao Ministro das Comunicações, não foram divulgadas ações utilizando o levantamento realizado pela ESALQ.

Devido a não constatação de estudos que propusessem uma conexão entre Universidade, Indústria e Governo e para o tema específico da conectividade nas áreas rurais remotas e após compreender a importância dessa relação para o desenvolvimento e transferência de conhecimento para a inovação no contexto apresentado, buscou-se formular um *framework* que apresenta esta conexão, através do conhecimento adquirido sobre as diretrizes do “Plano de Ação da Câmara do Agro

4.0”, as conexões em blocos entre empresas privadas e o conceito da Hélice Sêxtupla para o contexto da Agricultura 4.0.

O *framework* proposto visa contribuir de forma conceitual para a integração entre os atores: público, empresarial, de conhecimento, institucional e habitats de inovação para embasar a ampliação da conectividade, colaborando com a compreensão da relação entre esses atores através da identificação do problema, sua causa e efeito, os objetivos da modelagem e tendo como escopo a descrição das funções dos atores para atender o ecossistema da Agricultura 4.0, procurando um caminho próspero para o contínuo progresso da agricultura brasileira.

## CONCLUSÃO

Considerando que a população mundial deverá aumentar em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos (NAÇÕES UNIDAS, 2021) a previsão é de que a produção de alimentos terá que aumentar 70% (FAO, 2020). Assim, para atender esta demanda os agricultores precisam do apoio de tecnologias como a IoT embarcada nos maquinários agrícolas, possibilitando um ganho de performance operacional e aumento da produtividade agrícola, uma vez que, atualmente, as máquinas agrícolas fornecem informações para que o trabalho seja feito de forma preventiva, diminuindo desperdícios e falhas.

Entretanto, para que os produtores utilizem as informações fornecidas pelo maquinário agrícola em tempo real para as operações e tomada de decisão, é necessário vencer o desafio da falta de conectividade nas áreas rurais remotas. Essa problemática evidenciou a necessidade de buscar compreender o panorama atual das tecnologias de conectividade para a IoT e o estado da arte da cobertura de conectividade nas áreas rurais remotas no território nacional, assim como pesquisar sobre modelos de negócio que abordem a expansão da conectividade com o objetivo de atender esta demanda.

Diante disto, esta pesquisa buscou propor um *framework* estratégico para a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras. Para isto, foi realizada uma RSL por meio da metodologia *Methodi Ordinatio*, resultando em um portfólio de artigos com relevância científica, o qual foi fonte das coletas de dados para análise do conteúdo. Aliado a isto, uma pesquisa documental foi realizada em documentos técnicos que serviu de base para a desenvolver o *framework* conceitual.

A combinação da revisão de literatura e da pesquisa documental possibilitou a reflexão de que existe um potencial para alavancar a Agricultura 4.0 no Brasil. Através da integração entre os atores da Hélice Sêxtupla e por meio de uma aliança estratégica com a combinação de recursos, competências e expertises é possível empoderar o agricultor na utilização do potencial do maquinário agrícola, entre os benefícios que a conectividade levará a sociedade local. As iniciativas identificadas no setor governamental, através do “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0” e as soluções do setor privado, como as conexões em blocos entre empresas, demonstram que há oportunidades de estudos para compreender as responsabilidades, oportunidades e funções de cada ator no ecossistema da Agricultura 4.0.

Como resultado, a pesquisa identificou uma lacuna a ser explorada na literatura, uma vez que poucos trabalhos sobre *framework* para expandir a conectividade nas áreas rurais remotas foram publicados. A pesquisa também detectou o rol de ações a serem empreendidas, do governo federal entre 2021 a 2024, durante a vigência do instrumento “Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0”, sendo um deles: “buscar o aumento e a melhoria da conectividade no campo, criando alternativas para os grandes, médios e pequenos agricultores, conforme seus requisitos e necessidades, fazendo uso de todas as tecnologias existentes e adequando-as conforme o caso”.

Diante disso, a proposta de um *framework* estratégico com o intuito de colaborar com insumos capazes de orientar *stakeholders* que buscam impulsionar o aumento a conectividade no meio rural, tornando-se útil a programas e projetos que alavanquem políticas mais assertivas sobre esse tema.

Esta pesquisa foi construída para cooperar, através do levantamento teórico, reflexões sobre a importância da integração entre atores da Hélice Sêxtupla para ampliar a conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras e prover ações de capacitação, de acordo com a necessidade da região e a difusão de conhecimentos e informações relacionados à Agricultura 4.0.

O estudo limita-se pela carência de aplicação prática e de *cases* de sucesso entre a conexão dos atores da Hélice Sêxtupla, que resultem em conhecimento às pessoas, indústrias, pesquisadores e interessados em contribuir com a ampliação da conectividade nas áreas rurais remotas brasileiras.

Sugere-se para trabalho futuro a aplicação e validação do *framework* em uma situação real. Esta aplicação abre portas para inovações na agricultura em todos os portes de propriedades, em especial para pequenos produtores em áreas rurais remotas.

## REFERÊNCIAS

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project). **About 3GPP**. Disponível em: <https://www.3gpp.org/about-3gpp>. Acesso em: 22 maio. 2021.
- ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção). **A profissão**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2020. Disponível em: <http://portalabepro.educacao.ws/a-profissao/#1521896790619c29714ce-c6b0>. Acesso em: 2 mar. 2021
- ADESTA, E. Y. T.; AGUSMAN, D.; AVICENNA, A. Internet of Things (IoT) in agriculture industries. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics**, v. 5, n. 4, 2017.
- AGARWAL, A.; *et al.* A concept of satellite-based IoT for downscaling the MODIS data to extract land surface temperature. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SINAL, IMAGEM, VÍDEO E COMUNICAÇÕES, 9., 2018, p. 67-70.
- AGRO, S. Agro IoT Lab seleciona startups para resolver problemas de conectividade no campo: StartAgro. 2019. Disponível em: <https://startagro.agr.br/agro-iot-lab-seleciona-startups-para-resolver-problemas-de-conectividade-no-campo>. Acesso em: 16 jan. 2022.
- AKPAKWU, G. A.; *et al.* A survey on 5G networks for the Internet of Things: **Communication Technologies and Challenges - IEEE Access**, v. 6, p. 3619-3647, 2017.
- ALBIERO, D.; *et al.* Agriculture 4.0: a terminological introduction. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, 2020.
- AL-FUQAHA, A.; *et al.* Internet of Things: a survey on enabling technologies, protocols, and applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 17, n. 4, p. 2347-2376, 2015.
- ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). **Informações**. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/paineis/infraestrutura>. Acesso em: 2 maio 2021.
- ASHTON, K. That "Internet of Things" thing. **RFID Journal**, p. 4986, 2009.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: a survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.
- AYOUB, W. ; *et al.* Internet of mobile things: overview of LoRaWAN, DASH7, and NB-IoT in LPWANs standards and supported mobility. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 21, n. 2, p. 1561-1581, 2019.

BALAMURUGAN, K.; SIVAKAMI, A. LoRa-IoT based self-powered multi-sensors wireless network for next generation integrated farming. **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 8, n. 10, 2019.

BARBIERI, A. **Sobre a trópico e sua tecnologia**. 2019. Disponível em: <https://www.agrotic.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Tropico-ARMANDO-BARBIERI.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2021.

BARDIN, L.; SUÁREZ, C. **El análisis de contenido**. 1. ed. Madrid: Akal Ediciones, 2002.

BATALHA, M. **Introdução a Engenharia de Produção**. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2008.

BOCKELMANN, C.; *et al.* Towards massive connectivity support for scalable mMTC communications in 5G networks. **IEEE Access**, v. 6, p. 28969-28992, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cenários e perspectivas da conectividade para o agro**. 1. ed. Brasília: MAPA, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/conectividade-rural/livro>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mapa divulga ações para ampliar a conectividade no campo**. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-divulga-acoes-para-ampliar-a-conectividade-no-campo>. Acesso em: 28 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0**. 1. ed. Brasília: MCTI; MAPA, 2021c. Disponível em: [https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivoscamaraagro/ca\\_plano-de-acao-2021-2024\\_26-04-2021.pdf](https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivoscamaraagro/ca_plano-de-acao-2021-2024_26-04-2021.pdf). Acesso em: 12 abr. 2021.

CARAYANNIS, E.; CAMPBELL, D. Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems. **Springer Briefs in Business**, v. 7, p. 1-63, 2012.

CARAYANNIS, E.; RAKHMATULLIN, R. The quadruple/quintuple innovation helixes and smart specialization strategies for sustainable and inclusive growth in Europe and beyond. **Journal of the Knowledge Economy**, v. 5, n. 2, p. 212-239, 2014.

CARBONELL, I. The ethics of Big Data in big agriculture. **Internet Policy Review**, v. 5, n. 1, 2016.

CAUCHICK-MIGUEL, P.; *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CAVALCANTE, A.; *et al.* 5G for remote areas: challenges, opportunities and business modeling for Brazil. **IEEE Access**, v. 9, p. 10829-10843, 2021.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **PIB do agronegócio**. São Paulo: Cepea, 2020.

CETIC (Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação). **TIC Domicílios 2020**: lançamento dos resultados. [s.l.: s.n.], 2020. Disponível em: [https://cetic.br/media/analises/tic\\_domicilios\\_2020\\_coletiva\\_imprensa.pdf](https://cetic.br/media/analises/tic_domicilios_2020_coletiva_imprensa.pdf). Acesso em 4 fev. 2021.

CONNECTAR Agro. **Mais conectividade para a agricultura**. Disponível em: <https://conectaragro.com.br>. Acesso em: 16 dez. 2021.

CORSI, A.; *et al.* Technology transfer for sustainable development: social impacts depicted and some other answers to a few questions. **Journal of Cleaner Production**, v. 245, n. 1, p. 118522-118527, fev. 2020.

DAL FORNO, A. Com tecnologia da Jacto, TIM e Nokia levam conectividade para fazenda da Amaggi. 2019. Disponível em: <https://tiinside.com.br/06/07/2019/com-tecnologia-da-jacto-tim-e-nokia-levam-conectividade-para-fazenda-da-amaggi>. Acesso em: 23 fev. 2022.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: hit or hype? [Industry Forum]. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Agritempo GIS**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4207/agritempo-gis---agritempo-gis>. 2017. Acesso em: 15 dez. 2021.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from national systems and "Mode 2" to a triple helix of university-industry-government relations. **Research Policy**, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000.

ETZKOWITZ, H.; ZHOU, C. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 90, p. 23-48, 2017.

FAO (Food and Agriculture Organization). **World Food and Agriculture**: anuário estatístico 2020. Roma (ITA): FAO, 2020.

FIGUEIREDO, P. C. N. O "Triângulo de Sábado" e as alternativas brasileiras de inovação tecnológica'. **Revista de Administração Pública**, v. 27, n. 3, p. 84-97, 1993.

FILLOLS, E.; *et al.* Integrating the WeedSeeker technology into weed management strategies in sugarcane. *In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS HELD AT TOWNSVILLE, 35., Proceedings [...]*, 2013. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133284208>. Acesso em: 14 dez. 2021

GAO, L. X.; MELERO, I.; SESE, F. J. Multichannel integration along the customer journey: a systematic review and research agenda. **The Service Industries Journal**, v. 40, n. 15/16, p. 1-32, ago. 2019.

GAVAÇA, A. John Deere e Claro lançam plataforma de conectividade no campo. **Máquinas e Inovações Agrícolas**. 2020. Disponível em: <https://portalmaquinasagricolas.com.br/john-deere-e-claro-lancam-plataforma-de-conectividade-no-campo/>. Acesso em: 16 jan. 2022.

GESI (Global Enabling Sustainability Initiative). **Facilitates real world solutions to real world issues within the ICT industry and the greater sustainability community**. 2020. Disponível em: <https://gesi.org>. Acesso em: 13 mar. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HORVÁTH, J.; SCHMITZ, B. Digitalisation in agriculture: from the perspective of a global agricultural machinery producer. **Hungarian Agricultural Engineering**, v. 36, p. 63-68, 2019.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IKPEHAI, A.; *et al.* Low-power wide area network technologies for Internet-of-Things: a comparative review. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 6, n. 2, p. 2225-2240, 2019.

INICIATIVE, G. E. S. **Smart2030 Soluções de TIC para os desafios do século 21**. 2020.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). **Portal**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal>. Acesso em: 13 ago. 2021.

ISLAM, N.; *et al.* A review of applications and communication technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based sustainable smart farming. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1821, 2021.

ISO (International Organization for Standardization). **ISO 11783-1: 2017**. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/57556.html>. Acesso em: 19 nov. 2021.

ITU (International Telecommunication Union). **Focus Group on IMT-2020**. 2016. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/imt-2020/Pages/default.aspx>. Acesso em: 21 jan. 2021.

ITU (International Telecommunication Union). **ITU towards “IMT for 2020 and beyond”**. dez. 2021. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ITU (International Telecommunication Union). **Measuring digital development: facts and figures**. Geneva, 2020a.

ITU (International Telecommunication Union). **What does ITU do?** 2020b. Disponível em: <https://www.itu.int/en/about/Pages/whatwedo.aspx>. Acesso em: 7 set. 2020b.

ITU (International Telecommunication Union). **Y.2060: overview of the Internet of Things**. 15 jun. 2012. Disponível em: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>. Acesso em: 13 mar. 2021.

JACTO Agrícola. **Digitalização e novas tecnologias para a agricultura passam pela questão da conectividade**. In: INSTITUTO Federal do Rio Grande do Sul - Campus Sertão. Núcleo de Estudos em Solo e Máquinas Agrícolas. 22 jan. 2020. Disponível em: <https://portais.sertao.ifrs.edu.br/nesma/2020/01/30/digitalizacao-e-novas-tecnologias-para-a-agricultura-passam-pela-questao-da-conectividade>. Acesso em: 16 dez. 2021.

JELLASON, N.; ROBINSON, E.; OGBAGA, C. Agriculture 4.0: Is Sub-Saharan Africa ready? **Applied Sciences**, v. 11, n. 12, p. 5750, 2021.

JEPPESEN, J. H.; *et al.* Open geospatial infrastructure for data management and analytics in interdisciplinary research. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 145, p. 130-141, 2018.

KABALCI, Y.; ALI, M. Emerging LPWAN technologies for smart environments: an outlook. In: CONFERÊNCIA GLOBAL DE ENERGIA, ENERGIA E COMUNICAÇÃO (GPECOM), 1., 2019, **Anais [...]**, 2019. p. 24-29.

KAPETANOVIC, Z. Farmbeats: an IoT platform for data-driven agriculture. In: SYMPOSIUM ON NETWORKED SYSTEMS DESIGN AND IMPLEMENTATION, 14., 2017. **Proceedings [...]**, Boston (USA), USENIX Association, 2017. Acesso em: 13 mar. 2022.

KAUR, P.; SINGH, P.; SOHI, B. Adaptive MAC protocol for solar energy harvesting based wireless sensor networks in agriculture. **Wireless Personal Communications**, v. 111, n. 4, p. 2263-2285, 2019.

KHAN, R.; *et al.* Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FRONTIERS OF INFORMATION TECHNOLOGY*, 10., 2012, **Proceedings [...]**, 2012.

KLERKX, L.; JAKKU, E.; LABARTHE, P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: new contributions and a future research agenda. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90-91, 2019.

KONG, Q.; *et al.* Development of a responsive optimisation framework for decision-making in precision agriculture. **Computers & Chemical Engineering**, v. 131, p. 106585, 2019.

KRIZANOVIC, C.; ZAGAR, V.; GRGIC, K. A framework for optimal techno-economic assessment of broadband access solutions and digital inclusion of rural population in global information society. **Universal Access in the Information Society**, v. 17, p. 517-540, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0560-x>. Acesso em: 15 abr. 2021.

KUMAR, R.; *et al.* **Smart agriculture market by agriculture type**. 2020. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-agriculture-market-239736790.html>. Acesso em: 16 maio. 2021.

KUNZ, C.; *et al.* Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean. **Precision Agriculture**, v. 19, 2018.

LABIAK JUNIOR, S. **Método de análise dos fluxos de conhecimento em sistemas regionais de inovação**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LABIAK JUNIOR, S.; *et al* (Orgs.). **Gestão do conhecimento e capital intelectual em habitats de inovação**. [S.l.]: Novas Edições Acadêmicas, 2016. (v. 1, Cap. 3).

LALANDA, P.; MORAND, D.; CHOLET, S. Autonomic mediation middleware for smart manufacturing. **IEEE Internet Computing**, v. 21, n. 1, p. 32 - 39, 2017.

LEYDESDORFF, L. The triple helix, quadruple helix,..., and an N-tuple of helices: explanatory models for analyzing the knowledge-based economy? **Journal of the Knowledge Economy**, v. 3, n. 1, p. 25-35, 2011.

LEYDESDORFF, L.; ETZKOWITZ, H. The Triple helix as a model for innovation studies. **Science and Public Policy**, v. 25, n. 3, p. 195-203, 1998.

LEYDESDORFF, L.; PARK, H. Can synergy in triple helix relations be quantified? A review of the development of the triple helix indicator. **Triple Helix**, v. 1, n. 1, 2014.

LI, D.; ZHENG, Y.; ZHAO, W. Fault analysis system for agricultural machinery based on Big Data. **IEEE Access**, v. 7, p. 99136-99151, 2019.

LI, M.; ABULA, B. Evaluation of economic utility of smart agriculture based on 5G network and wireless sensors. **Microprocessors and Microsystems**, p. 103485, 2020.

LIMA, G.; *et al.* Agro 4.0: enabling agriculture digital transformation through IoT. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, 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**, p. 1, jun. 2020.

LUZ, A.; *et al.* Habitats de inovação e a sinergia do potencial acadêmico, tecnológico e incentivo em Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Espacios**, v. 35, n. 10, 2014.

MACHLEB, J.; *et al.* Sensor-based mechanical weed control: presente state and prospects. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 176, 2020.

MALISZEWSKI, E. **Máquinas também estão na era 4.0**. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/noticias/maquinas-tambem-estao-na-era-4-0\\_434127.html#](https://www.agrolink.com.br/noticias/maquinas-tambem-estao-na-era-4-0_434127.html#). Acesso em: 20 dez. 2021.

MARCHESE, M.; MOHEDDINE, A.; PATRONE, F. IoT and UAV integration in 5G hybrid terrestrial-satellite networks. **Sensors**, v. 19, n. 17, p. 3704, 2019.

MARTÍNEZ, R.; *et al.* A testbed to evaluate the FIWARE-Based IoT platform in the domain of precision agriculture. **Sensors**, v. 16, n. 11, p. 1979, 2016.

MEKKI, K.; *et al.* A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. **ICT Express**, v. 5, n. 1, p. 1-7, 2019.

MENDES, L.; *et al.* Enhanced remote areas communications: the missing scenario for 5G and beyond 5G networks. **IEEE Access**, v. 8, p. 219859-219880, 2020.

MILANEZ, A.; *et al.* Rural connectivity: current situation and alternatives to overcome the main barrier related to agriculture 4.0 in Brazil. **BNDES**, v. 26, n. 52, p. 42-43, 2020.

MISTRY, I.; *et al.* Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: a systematic review, solutions, and challenges. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 135, p. 106382, 2020.

MORGAN-SCHMIDT, V. Look beyond the Akubra: farming isn't quaint, it's a hot bed of innovation. **ABC**, 2017. Disponível em: <https://www.abc.net.au/news/2017-11-21/farmers-innovation-national-agricultureday/9175106>. Acesso em: 2 jun. 2021.

MUGNAINI, R. A bibliometria na exploração de bases de dados: a importância da linguística. **Transinformação**, v. 15, n. 1, p. 45-52, 2003.

MÜLLER, S.; HUNDAHL, M. IT-Driven business model innovation. **International Journal of e-Business Research**, v. 14, n. 2, p. 14-38, 2018.

NAÇÕES UNIDAS Brasil. **ONU aponta conectividade como resposta para o desenvolvimento em áreas rurais**. 20 maio 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/127262-onu-aponta-conectividade-como-resposta-para-o-desenvolvimento-em-areas-rurais>. Acesso em: 13 ago. 2021.

NARVAEZ, F.; *et al.* A survey of ranging and imaging techniques for precision agriculture phenotyping. **IEEE/ASME Transactions on Mechatronics**, v. 22, n. 6, p. 2428-2439, 2017.

NIGUSSIE, E.; *et al.* IoT architecture for enhancing rural societal services in Sub-Saharan Africa. **Procedia Computer Science**, v. 177, p. 338-344, 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; *et al.* IoT sensing platform as a driver for digital farming in Rural Africa. **Sensors**, v. 20, n. 12, p. 3511, 2020.

OSTERWALDER, A. **The business model ontology a proposition in a design science approach**. 2004. Thesis (Doctorated in Informatique et Organisation) - Faculté des Hautes Études Commerciales, Université de Lausanne, Lausanne (SWI), 2004.

OUGHTON, E.; *et al.* Towards 5G: scenario-based assessment of the future supply and demand for mobile telecommunications infrastructure. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 133, p. 141-155, 2018.

PAGANI, R. N.; *et al.* Technology transfer models: typology and a generic model. *International Journal of Technology Transfer and Commercialisation*, v. 14, n. 1, p. 20-41, 2016.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, set. 2015.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. TICs na composição da Methodi Ordinatio: construção de portfólio bibliográfico sobre modelos de transferência de tecnologia. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 2017.

PASSALAQUA, B.; *et al.* Evaluation of the precision of RTK and networked RTK signals in static and kinematic tests. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA*, 10., 2015. **Anais [...]**, Ponta Grossa: UEPG, 2015. Disponível em: [http://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2019/11/cgr-2015\\_03.pdf](http://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2019/11/cgr-2015_03.pdf). Acesso em: 12 maio 2021.

PEREIRA, R. R. D. **Protocolo ISO 11783**: procedimentos para comunicação serial de dados com o controlador de tarefas. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

PIETROWSKI, V.; *et al.* **Insetos-praga da cultura da mandioca na região centro-sul do Brasil**. Marechal Cândido Rondon (PR): Unioeste; Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

POPLI, S.; JHA, R.; JAIN, S. A survey on energy efficient Narrowband Internet of Things (NBloT): architecture, application and challenges. **IEEE Access**, v. 7, p. 16739-16776, 2018.

PRESSER, M.; *et al.* The Internet of Things as driver for digital business model innovation. **Digital Business Models**, p. 27-55, 2018.

RAJU, K. L.; VIJAYARAGHAVAN, V. IoT technologies in agricultural environment: a survey. **Wireless Personal Communications**, v. 113, n. 4, p. 2415-2446, 2020.

RAPELA, M. **Fostering innovation for Agriculture 4.0**. 1. ed. Buenos Aires: Springer, 2019.

RAY, P. Internet of Things for smart agriculture: technologies, practices and future direction. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 9, n. 4, p. 395-420, 2017.

REIS, A.; *et al.* Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, 2020.

ROBINSON, S. Conceptual modelling for simulation - part II: a framework for conceptual modelling. **Journal of the Operational Research Society**, v. 59, n. 3, p. 291-304, 2008.

SÁBATO, J.; BOTANA, N. **La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina**. 1968. Disponível em: [http://docs.politicascsti.net/documents/Teoricos/Sabato\\_Botana.pdf](http://docs.politicascsti.net/documents/Teoricos/Sabato_Botana.pdf). Acesso em: 5 jan. 2021.

SALLE, C.; MARQUEZINI, M. Deliverable D7.1 exploitation, communication, dissemination and standardization - part I. 1. ed. [s.l.]: European Union through the ICT Programme Under H2020, 2019.

SANCHEZ-GOMEZ, J.; *et al.* Integrating LPWAN technologies in the 5G ecosystem: a survey on security challenges and solutions. **IEEE Access**, v. 8, p. 216437-216460, 2020.

SANCHEZ-IBORRA, R. ; *et al.* Performance evaluation of LoRa considering scenario conditions. **Sensors**, v. 18, n. 3, p. 772, 2018.

SANTOS, F.; AZEVEDO, D. **Claro e John Deere entregarão conectividade rural a R\$ 20 por hectare**. 2020. Disponível em: <https://agevolution.canalrural.com.br/claro-e-john-deere-entregarao-conectividade-rural-a-r-20-por-hectare/>. Acesso em: 16 jan. 2022.

SHAMKUWAR, S. V.; *et al.* A critical study on weed control techniques. **International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology**, v. 6, n. 12, p. 1-22, 2019.

SHAMSHIRI, R. R.; *et al.* Research on development in agricultural robotics: a perspective of digital farming. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 11, n. 4, 2018.

SHEHABUDDEEN, N.; *et al.* Representing and approaching complex management. Part 1: Role and Definition. **SSRN Electronic Journal**, 2000.

SHENG, Y.; *et al.* Measuring output, input and total factor productivity in Australian agriculture: an industry-level analysis. **Review of Income and Wealth**, v. 63, p. S169-S193, 2017.

SILVA, V.; KOVALESKI, J.; PAGANI, R. Influências do conceito e das tecnologias da Indústria 4.0 no ambiente industrial. **Exacta**, v. 18, n. 2, p. 420-437, 2020.

SIMIONATO, R.; *et al.* Survey on connectivity and cloud computing technologies: state-of-the-art applied to Agriculture 4.0. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 5, 2020.

SINGH, R.; *et al.* Energy consumption analysis of LPWAN technologies and lifetime estimation for IoT application. **Sensors**, v. 20, n. 17, p. 4794, 2020.

SINHA, R.; WEI, Y.; HWANG, S. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. **ICT Express**, v. 3, n. 1, p. 14-21, 2017.

SOLLITTO, A. **Em busca da rede rural**. 2019. Disponível em: <https://plantproject.com.br/2019/06/agribusiness-15-conectividade-em-busca-da-rede-rural/>. Acesso em: 11 dez. 2021.

SOUZA, J. T.; *et al.* Data mining and machine learning to promote smart cities: a systematic review from 2000 to 2018. **Sustainability**, v. 11, n. 4, p. 1077, 2019.

SOUZA, M.; *et al.* A techno-economic framework for installing broadband networks in rural and remote areas. **IEEE Access**, v. 9, p. 58421-58447, 2021.

SPADINGER, R. **Implementação da tecnologia 5G no contexto da transformação digital e Indústria 4.0**. Nota Técnica n. 79. [Brasília]: CEPAL; IPEA, 2021.

TANG, Y.; *et al.* A survey on the 5G network and its impact on agriculture: challenges and opportunities. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 180, 2021.

TOMHAVE, B. L. **Alphabet soup: making sense of models, frameworks, and methodologies**. Washington (USA): George Washington University, 2005.

TOUSEAU, L.; SOMMER, N. Contribution of the web of things and of the opportunistic computing to the smart agriculture: a practical experiment. **Future Internet**, v. 11, n. 2, p. 33, 2019.

USDA (United States Department of Agriculture). **USDA releases report on rural broadband and benefits of next generation precision agriculture**. Washington (USA), 30 apr. 2019. Disponível em: <https://www.usda.gov/media/press-releases/2019/04/30/usda-releases-report-rural-broadband-and-benefits-next-generation>. Acesso em: 6 dez. 2021.

VERDOUW, C.; *et al.* Architecture framework of IoT-based food and farm systems: a multiple case study. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 165, p. 104939, 2019.

VERMA, S.; CHUG, A.; SINGH, A. Recent advancements in image-based prediction models for diagnosis of plant diseases. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND IMAGE PROCESSING*, 3., 2020. **Proceedings [...]**, Prayagraj (IND), 2020, p. 365-377.

VIAN, C.; *et al.* Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 4, p. 719-744, 2013.

VIRK, S. S.; *et al.* Row-crop planter performance to support variable-rate seeding of maize. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 603-619. 2020.

VISCONTI, P.; *et al.* Development of sensors-based agri-food traceability system remotely managed by a software platform for optimized farm management. **Sensors**, v. 20, n. 13, p. 3632, 2020.

WANG, A.; ZHANG, W.; WEI, X. A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 158, p. 226-240, 2019.

WEBER, B.; *et al.* A SAW-less RF-SoC for cellular IoT supporting EC-GSM-IoT-121.7 dBm sensitivity through EGPRS2A 592Kbps throughput. *In: IEEE EUROPEAN SOLID STATE CIRCUITS CONFERENCE*, 43., **Proceedings [...]**, 2017.

WOLFERT, S.; *et al.* Big Data in smart farming: a review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69-80, 2017.

XIE, X.; *et al.* Dense planting with reducing nitrogen rate increased grain yield and nitrogen use efficiency in two hybrid rice varieties across two light conditions. **Field Crops Research**, v. 236, p. 24-32, 2018.

XU, J.; *et al.* Narrowband Internet of Things: evolutions, technologies, and open issues. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 3, p. 1449-1462, 2017.

ZAMORA-IZQUIERDO, M.; *et al.* Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. **Biosystems Engineering**, v. 177, p. 4-17, 2019.

ZHAI, Z.; *et al.* Decision support systems for Agriculture 4.0: survey and challenges. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, p. 105256, 2020.

ZHIHONG, Y.; *et al.* Study and application on the architecture and key technologies for IOT. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA TECHNOLOGY*, 2011. **Proceedings [...]**, Hangzhou (CHI), 2011.

**APÊNDICE A - Portfólio de Artigos Ordenados**

**Quadro 9 - Portfólio de artigos científicos ordenados**

<b>Título</b>	<b>FI</b>	<b>NC</b>	<b>InOrdinatio</b>
<i>A Survey on 5G Networks for the Internet of Things: Communication Technologies and Challenges</i>	4,098	731	771,004098
<i>Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction</i>	1,186	192	232,001186
<i>Performance evaluation of LoRa considering scenario conditions</i>	3,031	150	180,003031
<i>Towards Massive Connectivity Support for Scalable mMTC Communications in 5G Networks</i>	4,098	142	172,004098
<i>Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing</i>	2,983	150	170,002983
<i>Narrowband Internet of Things: Evolutions, technologies, and open issues</i>	9,515	130	160,009515
<i>A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda</i>	2,89	138	158,00289
<i>Satellite-5G Integration: A Network Perspective</i>	7,503	123	153,007503
<i>Internet of Mobile Things: Overview of LoRaWAN, DASH7, and NB-IoT in LPWANs Standards and Supported Mobility</i>	22,973	131	151,022973
<i>From LTE to 5G for Connected Mobility</i>	10,356	108	148,010356
<i>A Survey on Energy Efficient Narrowband Internet of Things (NB-IoT): Architecture, Application and Challenges</i>	4,098	121	141,004098
<i>The cost, coverage and rollout implications of 5G infrastructure in Britain</i>	2,000	106	136,002
<i>A survey on 5G millimeter wave communications for UAV-assisted wireless networks</i>	4,098	91	111,004098
<i>A Survey of IoT Key Enabling and Future Technologies: 5G, Mobile IoT, Semantic Web and Applications</i>	0,929	66	106,000929
<i>Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0</i>	4,769	80	100,004769
<i>A testbed to evaluate the fiware-based iot platform in the domain of precision agriculture</i>	3,031	47	97,003031
<i>Agriculture monitoring system: A study</i>	0,46	21	81,00046
<i>IoT and UAV integration in 5G hybrid terrestrial-satellite networks</i>	3,031	47	67,003031
<i>A comprehensive IoT node proposal using open hardware. A smart farming use case to monitor vineyards</i>	1,764	21	51,001764
<i>Narrowband characterization of near-ground radio channel for wireless sensors networks at 5G-IoT bands</i>	3,031	19	49,003031
<i>Internet of Things (IoT) in agriculture industries</i>	1,59	8	48,00159
<i>Experiences deploying an always-on farm network</i>	0,000	8	48
<i>Economic data analytic AI technique on IoT edge devices for health monitoring of agriculture machines</i>	2,882	19	29,002882
<i>Precision agriculture and farming using Internet of Things based on wireless sensor network</i>	0,000	19	29
<i>Contribution of the web of things and of the opportunistic computing to the smart agriculture: A practical experiment</i>	1,89	7	27,00189
<i>Lora-iot based self-powered multi-sensors wireless network for next generation integrated farming</i>	0,000	1	21

<i>Monitoring of movement on the farm using wi-fi technology</i>	0,63	0	20,00063
<i>IoT Technologies in Agricultural Environment: A Survey</i>	0,929	8	18,000929
<i>Development of sensors-based agri-food traceability system remotely managed by a software platform for optimized farm management</i>	3,031	6	16,003031
<i>Smart Farming Becomes even Smarter with Deep Learning - A Bibliographical Analysis</i>	4,098	5	15,004098
<i>Performance modeling framework for IoT-over-satellite using shared radio spectrum</i>	4,118	4	14,004118
<i>Business model for rural connectivity using multi-tenancy 5G network slicing</i>	4,098	4	14,004098
<i>Economic IoT strategy: the future technology for health monitoring and diagnostic of agriculture vehicles</i>	3,535	13	13,003535
<i>Adoption barriers of IoT in large scale pilots</i>	1,88	2	12,00188
<i>Technological trends in digital agriculture and their impact on agricultural machinery development practices</i>	0,785	2	12,000785
<i>Smart rural financial innovation based on 5G network and Internet of Things</i>	0,000	2	12
<i>Evaluation of Economic Utility of Smart Agriculture Based on 5G Network and Wireless Sensors</i>	0,000	2	12
<i>Modeling the adoption and diffusion of mobile telecommunications technologies in Iran: A computational approach based on agent-based modeling and social network theory</i>	2,592	1	11,002592
<i>IoT-based Irrigation Management for Smallholder Farmers in Rural Sub-Saharan Africa</i>	1,48	1	11,00148
<i>A Framework of Optimizing the Deployment of IoT for Precision Agriculture Industry</i>	1,48	1	11,00148
<i>Agriculture 4.0: a terminological introduction</i>	0,785	1	11,000785
<i>Long range wide area network for agricultural wireless underground sensor networks</i>	0,000	1	11
<i>IOT based shrewd agronomy method</i>	0,000	1	11
<i>Analysis on Status and Development Trend of Intelligent Control Technology for Agricultural Equipment</i>	0	1	11
<i>Enhanced Remote Areas Communications: The Missing Scenario for 5G and beyond 5G Networks</i>	4,098	0	10,004098
<i>A cyber-physical intelligent agent for irrigation scheduling in horticultural crops</i>	3,171	0	10,003171
<i>Intelligent control system of agricultural unmanned tractor tillage trajectory</i>	1,637	0	10,001637
<i>Agro-gain - an absolute agriculture by sensing and data-driven through iot platform</i>	1,48	0	10,00148
<i>Agriculture 4.0 -A state of the art review focused on electric mobility</i>	0,785	0	10,000785
<i>Survey on connectivity and cloud computing technologies: State-of-the-art applied to Agriculture 4.0</i>	0,785	0	10,000785
<i>Agro 4.0: Enabling agriculture digital transformation through IoT</i>	0,785	0	10,000785
<i>A schedule-based algorithm for low energy consumption in smart agriculture precision and monitoring system</i>	0,42	0	10,00042

<i>Review of Internet of Things towards sustainable development in agriculture</i>	0	0	10
<i>How Information Communication Technology Can Enhance Evidence-Based Decisions and Farm-to-Fork Animal Traceability for Livestock Farmers</i>	0,000	0	10
<i>A Survey on Smart Agriculture: Development Modes, Technologies, and Security and Privacy Challenges</i>	5,31	7	7,00531
<i>A review of applications and communication technologies for Internet of Things (Iot) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based sustainable smart farming</i>	2,592	4	4,002592
<i>A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities</i>	3,171	3	3,003171
<i>Classification of agriculture farm machinery using Machine Learning and Internet of Things</i>	2,28	1	1,00228
<i>Application of agricultural IoT technology based on 5 G network and FPGA</i>	1,045	1	1,001045
<i>Adaptive Small Cell Position Algorithm (ASPA) for green farming using NB-IoT</i>	5,273	0	0,005273
<i>5G for Remote Areas: Challenges, Opportunities and Business Modeling for Brazil</i>	4,098	0	0,004098
<i>A Techno-Economic Framework for Installing Broadband Networks in Rural and Remote Areas</i>	4,098	0	0,004098
<i>Do agricultural machinery services facilitate land transfer? Evidence from rice farmers in sichuan province, china</i>	2,15	0	0,00215
<i>ICT in Rural Areas from the Perspective of Dairy Farming: A Systematic Review</i>	1,89	0	0,00189
<i>OPPNets and Rural Areas: An Opportunistic Solution for Remote Communications</i>	1,396	0	0,001396
<i>Coupling of agricultural economy and environment based on 5G network and Internet of Things system</i>	1,045	0	0,001045
<i>Trust-based opportunistic network offloaders for smart agriculture</i>	0,84	0	0,00084
<i>Internet of Things-based agricultural mechanization using neural network extreme learning on rough set</i>	0,84	0	0,00084
<i>Selecting IoT connectivity protocols for rural development applications</i>	0,35	0	0,00035

Fonte: Autoria própria (2021).