ARTIGO
DOI: https://doi.org/10.21728/p2p.2025v12n1e-7653
Data de submissão: 16/06/2025 Data de aprovação: 09/09/2025 Data de publicação: 01/10/2025

PATENTOMETRIA RELACIONADA À TECNOLOGIA 5G E À AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Sidney Cassemiro do Nascimento [1]
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe
sidney.nascimento@academico.ifs.edu.br

Francisco Sandro Rodrigues Holanda[2]
Universidade Federal de Sergipe
fholanda@academico.ufs.br

José Paulo Jesus Rainho [3]
Universidade de Aveiro
rainho@ua.pt

Luiz Diego Vidal Santos[4]
Universidade Estadual de Feira de Santana
ldvsantos@uefs.br

Resumo

A tecnologia 5G tem o potencial de expandir as fronteiras da agricultura sustentável. O objetivo deste trabalho foi conduzir uma análise de patentes para explorar a aplicação da tecnologia 5G no contexto da agricultura sustentável. Realizou-se um mapeamento tecnológico das patentes relacionadas ao uso do 5G na agricultura sustentável, desde a publicação da primeira patente até 2023. Para isso, utilizou-se uma metodologia exploratória, combinando abordagens quantitativas e qualitativas para a análise de patentes em bases de dados especializadas, garantindo uma visão abrangente sobre as tendências e inovações nesse campo. Os resultados indicam que o 5G está impulsionando a inovação, com a China liderando globalmente. As patentes analisadas destacam um crescente interesse em tecnologias de monitoramento, inteligência artificial e automação para otimizar processos agrícolas e promover a sustentabilidade. A pesquisa enfatiza a importância das Tecnologia de Informação e Comunicação, como Internet das Coisas e comunicação sem fio, na digitalização e modernização das práticas agrícolas, viabilizadas pela tecnologia 5G.

Palavras-chave: rede móvel de quinta geração; agricultura sustentável; agricultura inteligente; mapeamento tecnológico; análise de patentes.

[1] Possui graduação em Sistemas de Informação pela Universidade Tiradentes (2005), pós-graduação em Engenharia de Software pela Universidade Federal de Sergipe (2009), mestrado em Ciência da Computação pela mesma instituição (2013) e MBA em Gestão Pública pela Faculdade Alfa América (2018). Atualmente, é doutorando em Ciência da Propriedade Intelectual pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), com estágio doutoral sanduíche na Universidade de Aveiro (UA), em Portugal.

[2] Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal do Ceará (1985), mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras (1992) e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (1996)/Purdue University, e Pós-Doutorado pela Universidade de Wisconsin (EUA). Atualmente, é professor Titular da Universidade Federal de Sergipe.

[3] Possui licenciatura em Engenharia Física pela Universidade de Aveiro (1996), doutoramento em Física pela mesma instituição (2002), Pós-Doutoramento em Ciência e Engenharia de Materiais pela pela Universidade de Aveiro (2004), e Pós-Graduação em Propriedade Industrial pela Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa (2008). Atualmente, é professor do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro (DEGEIT) e investigador principal na mesma instituição.

[4] Possui graduação em Engenharia Agronômica Pela Universidade Federal de Sergipe UFS, doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação pela Universidade Federal de Sergipe com ênfase em comercialização agroflorestal sustentável (2023). Cofundador da Liga Acadêmica do Agro Sustentável (L-AGROS), e da Unidade de Difusão de Tecnologia e Inovação em Conservação do Solo e da Água- UDTI. Pesquisador na Universidade Federal de Sergipe vinculado a Incubadora de Iniciativa da Economia Popular e Solidária-UEFS.

Esta obra está licenciada sob uma licença
Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

PATENTOMETRICS RELATED TO 5G TECHNOLOGY AND SUSTAINABLE AGRICULTURE

Abstract

The 5G technology has the potential to expand the boundaries of sustainable agriculture. The objective of this study was to conduct a patent analysis to explore the application of 5G technology in the context of sustainable agriculture. A technological mapping of patents related to the use of 5G in sustainable agriculture was carried out, covering the period from the publication of the first patent up to 2023. An exploratory methodology was employed, combining both quantitative and qualitative approaches to analyze patents in specialized databases, ensuring a comprehensive view of the trends and innovations in this field. The results indicate that 5G is driving innovation, with China leading globally. The analyzed patents highlight a growing interest in monitoring technologies, artificial intelligence, and automation to optimize agricultural processes and promote sustainability. The research emphasizes the importance of Information and Communication Technologies, such as the Internet of Things and wireless communication, in the digitization and modernization of agricultural practices, enabled by 5G technology.

Keywords: fifth generation mobile network; sustainable agriculture; smart agriculture; technology mapping; patent analysis.

PATENTOMETRÍA RELACIONADA CON LA TECNOLOGÍA 5G Y LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Resumen

La tecnología 5G tiene el potencial de revolucionar la agricultura sostenible. Este estudio analiza las patentes relacionadas con la aplicación de la tecnología 5G en este ámbito. Se realizó un análisis de patentes para identificar las tendencias y las innovaciones en este campo, desde la primera patente publicada hasta 2023. Se empleó una metodología exploratoria que combinó enfoques cuantitativos y cualitativos, analizando las patentes en bases de datos especializadas. Los resultados indican que la tecnología 5G impulsa la innovación, con China a la cabeza a nivel mundial. Las patentes analizadas muestran un creciente interés en tecnologías de monitorización, inteligencia artificial y automatización para optimizar los procesos agrícolas y promover la sostenibilidad. Este estudio destaca la importancia de las tecnologías de la información y la comunicación, como el Internet de las Cosas y la comunicación inalámbrica, en la digitalización y modernización de las prácticas agrícolas, gracias a la tecnología 5G.

Palabras clave: red móvil de quinta generación; agricultura sostenible; agricultura inteligente; análisis de patentes; análisis tecnológico.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um conceito complexo, frequentemente cercado por controvérsias e debates, e só pode ser plenamente alcançada a partir de uma perspectiva global que considere os fatores sociais, econômicos e ambientais como fundamentais para atingir essa meta (Novo-Corti *et al.*, 2019). O Desenvolvimento Sustentável (DS) foi definido como aquele capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades (United Nations, 2024). Para esse fim, o DS precisa buscar o progresso social, desenvolvimento econômico e ambiental sem esgotar os recursos naturais para o futuro (Pirgmaier; Hinterberger, 2012).

A sustentabilidade deve ser compreendida não apenas como a manutenção do capital econômico, ambiental ou social, mas também como a expansão das liberdades substantivas que as pessoas têm para viver vidas que valorizam (Sen, 2018). Ainda, dentre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)(United Nations, 2024), o segundo objetivo busca promover a sustentabilidade agrícola global e enfrentar os desafios da segurança alimentar. Alcançar uma produtividade agrícola sustentável e garantir a segurança alimentar mundial são dois dos maiores desafios contemporâneos (Herrmann, 2014), exigindo tecnologias inovadoras que aumentem a produção global de alimentos, minimizem os impactos ambientais e preservem a resiliência dos agroecossistemas diante das rápidas mudanças climáticas (Wang *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a tecnologia surge como uma aliada essencial para garantir essa expansão das liberdades na atividade agrícola, proporcionando acesso a novas formas de conhecimento, oportunidades econômicas e ferramentas de inovação que permitem práticas produtivas mais sustentáveis e inclusivas (Arumugam; Manida, 2023). Tecnologias como o 5G e a agricultura de precisão desempenham um papel muito importante na criação de sistemas agrícolas resilientes, permitindo o monitoramento eficiente dos recursos e o uso racional dos insumos, o que contribui para a preservação do meio ambiente e a manutenção do bem-estar das futuras gerações (Bongiovanni; Lowenberg-Deboer, 2004). Assim, a tecnologia não apenas potencializa a produtividade, mas também amplia as capacidades humanas e promove a equidade intergeracional, alinhando-se à visão de desenvolvimento sustentável.

A aplicação dessas tecnologias se mostra ainda mais relevante quando contextualizada nos princípios fundamentais da agricultura. Para promover práticas agrícolas que respeitem o equilíbrio ambiental e melhorem a qualidade de vida das comunidades envolvidas (Gutiérrez Cano *et al.*, 2023). A agricultura constitui a principal fonte de subsistência para uma parcela muito expressiva da população mundial e desempenha um papel fundamental na economia de

inúmeros países. Para além da produção de culturas agrícolas, o setor agrícola abrange também a criação de animais e o manejo da terra, visando a oferta de alimentos, fibras e produtos medicinais (Bhatt; Sharma; Jain, 2022). As práticas agrícolas variam de acordo com as especificidades regionais, sendo adaptadas às condições locais, e têm como objetivo primordial assegurar o fornecimento de alimentos seguros e de qualidade para atender às necessidades nutricionais da população global, devendo se manter sustentável e sustentada (Sachs, 2002).

A agricultura sustentável fundamenta-se em princípios essenciais para harmonizar produção e preservação ambiental (Trigo; Marta-Costa; Fragoso, 2021). Dentre esses, destacam-se: (i) a gestão integrada de recursos, que combina capital natural e humano para solucionar problemas agrícolas e ambientais; (ii) o equilíbrio dinâmico, que exige uma avaliação contínua para minimizar impactos e maximizar benefícios nas decisões; (iii) o design regenerativo, vinculado à economia circular e regenerativa; e (iv) o desenvolvimento social inclusivo, que abrange ética e direitos humanos.

A tecnologia 5G, a quinta geração de redes móveis, foi projetada para oferecer capacidades significativamente superior à rede 4G, permitindo conectar bilhões de dispositivos e suportar tanto o tráfego humano quanto o de máquinas (Ahamed; Faruque, 2018). Essa evolução tecnológica busca atender à crescente demanda global por conectividade, oferecendo alta cobertura, maior capacidade de rede e integração de redes heterogêneas (Akkari; Dimitriou, 2020). Além da alta capacidade de dados e maior largura de banda, o 5G também fornece alta velocidade (Tang *et al.*, 2021).

A agricultura precisa de modernização e inovação para atender à crescente demanda por alimentos devido ao aumento da população global, mantendo ao mesmo tempo a sustentabilidade ambiental (Khan; Pandey; Upadhyay, 2022). A adoção da tecnologia 5G, em conjunto com outras tecnologias avançadas, vem possibilitar uma era de agricultura sustentável (Khan *et al.*, 2023; Wu, 2022). Nesse contexto, a tecnologia 5G tem recebido maior atenção por sua capacidade de melhorar a segurança alimentar e a proteção ambiental, aumentando a eficiência dos processos agrícolas e oferecendo novas soluções para os desafios do setor, visando aprimorar a produtividade e garantir a segurança alimentar.

Os estudos de patentes sobre a tecnologia 5G revelam a estreita relação entre a pesquisa tecnológica e a proteção da propriedade intelectual, demonstrando como as patentes incentivam a inovação contínua nesse campo.

Uma patente é um direito legal, frequentemente chamado de "direito de propriedade intelectual", que permite ao inventor excluir outros de fabricar ou utilizar uma invenção específica, servindo como um incentivo à inovação (Hall, 2007). Uma família de patentes é

geralmente entendida como o conjunto de todas as patentes registradas com o objetivo de proteger a mesma invenção (Martinez, 2010).

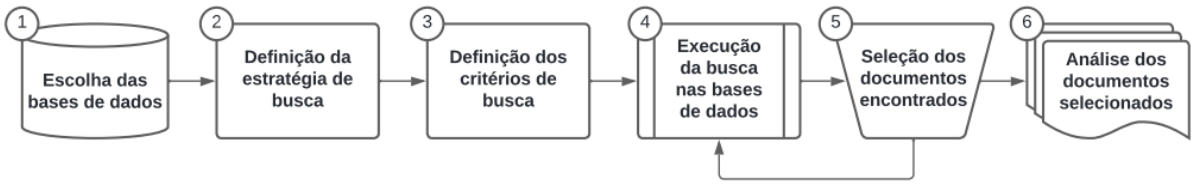
Documentos de patentes são uma das fontes mais abrangentes de dados sobre o desenvolvimento tecnológico, oferecendo uma visão única para analisar e monitorar o desempenho tecnológico. Indicadores de patentes são amplamente utilizados por empresas, agências governamentais e formuladores de políticas para avaliar o progresso tecnológico em diferentes níveis, seja em regiões, países, domínios específicos ou até mesmo em entidades individuais, como empresas, universidades e inventores (Magerman; Van Looy; Song, 2006). Além disso, os dados sobre famílias de patentes são empregados em estudos econômicos e estatísticos para diversas finalidades, incluindo a análise de estratégias de patenteamento de requerentes, o monitoramento da globalização das invenções e a comparação do desempenho inventivo e da base de conhecimento tecnológico entre diferentes países (Martínez, 2011).

Para aprofundar a compreensão do panorama global de patentes, com foco específico no tratamento dado aos pedidos de patentes relacionados ao tema desta pesquisa, este artigo tem por objetivo conduzir uma análise de patentes para explorar a aplicação da tecnologia 5G no contexto da agricultura sustentável.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza exploratória, adotando tanto uma abordagem quantitativa quanto qualitativa. A abordagem quantitativa, de caráter descritivo, consistiu na análise de dados de patentes, visando mensurar a produção tecnológica relacionada à tecnologia 5G no contexto da agricultura sustentável. Já a abordagem qualitativa envolveu a análise de conteúdo das principais patentes identificadas, buscando atribuir significados mais amplos e contextuais aos dados quantitativos obtidos. Os procedimentos metodológicos deste estudo foram divididos em cinco etapas (Figura 1).

Figura 1 – Diagrama de fluxo da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na primeira etapa, foi escolhida a plataforma web aberta Lens.org (lens.org) e outras bases de dados para verificar a consistência dos documentos de patentes encontrados na Lens e evidenciar sua relevância e justificativa para adoção no desenvolvimento deste estudo. As bases de dados adicionais utilizadas foram: Espacenet (worldwide.espacenet.com), um serviço gratuito fornecido pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO); Patentscope (patentscope.wipo.int), uma base de dados de patentes mantida pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO); e *Patent Public Search* (ppubs.uspto.gov/pubwebapp/), a ferramenta de busca de patentes fornecida pelo Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO).

Na segunda etapa, foi definida a estratégia de busca. Dois conjuntos de palavras-chave foram estabelecidos (Quadro 1) para realizar a busca nos campos de título e resumo dos documentos, sendo um conjunto referente à tecnologia 5G e o outro especificando o local de aplicação dessa tecnologia.

O primeiro grupo de palavras-chave consiste em termos correlacionados e maneiras de se referir à tecnologia 5G. O segundo grupo identifica o ambiente de aplicação do 5G para o mapeamento tecnológico. A *string* de busca definida mostrou-se eficaz para localizar documentos de patentes relevantes nas bases de dados, que discutem a aplicação da tecnologia 5G no setor agrícola.

Quadro 1 – Estratégia de busca do mapeamento tecnológico

Conjunto	**Palavras-chave**
Tecnologia	*"5G" OR "fifth generation" OR "next generation mobile network?"*
AND	
Local	*"agricultur*" OR "farming" OR "agritech" OR "agri-food"*

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Em seguida, foi realizada a definição dos critérios de busca (Quadro 2). Esses critérios objetivam refinar o resultado de busca e obter apenas documentos de patentes relevantes para a pesquisa. O critério de exclusão 1, foi utilizado na etapa de execução da busca nas bases de dados, os critérios de inclusão e o critério de exclusão 2 foi utilizado na etapa de seleção dos documentos encontrados.

Na quarta etapa, após algumas simulações de aplicação da *string* de busca, foi elaborado um protocolo de pesquisa avançada de patentes (Quadro 3).

A execução da busca nas bases de dados foi realizada em julho de 2024, limitando-se aos registros de patentes com título e resumo, publicados entre 1º de janeiro de 2010 e o final

de 2023. Foi adotado como data inicial o ano de 2010 devido às tecnologias de sistemas móveis de telecomunicação relacionadas à tecnologia 4G (quarta geração) terem sido desenvolvidas a partir desse ano, sendo consideradas um trampolim para a tecnologia 5G (3GPP, 2024). O ano de 2024 foi excluído, pois, no momento da pesquisa, os dados estariam incompletos para a análise.

Quadro 2 – Critérios de busca do mapeamento tecnológico

Tipo	Critérios
Inclusão	1. Documentos que abordam diretamente a tecnologia 5G e sua aplicação na agricultura; 2. Documentos que descrevem inovação tecnológica apoiadas explicitamente pela tecnologia 5G no contexto da agricultura sustentável; 3. Documentos que citam impactos e benefícios do uso do 5G em práticas agrícolas.
Exclusão	1. Documentos sem título ou resumo; 2. Documentos que, por meio da análise do título e resumo, estão fora do escopo da pesquisa (documentos que em si não mencionam diretamente a tecnologia 5G ou funcionalidades a ela relacionadas).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Quadro 3 – Protocolo de pesquisa avançada de patentes

Campos	Título ou Resumo
Query	*(title:(5G OR "fifth generation" OR "next generation mobile network?") AND title:(agricultur* OR farming OR agritech OR agri-food))* *OR* *(abstract:(5G OR "fifth generation" OR "next generation mobile network?") AND abstract:(agricultur* OR farming OR agritech OR agri-food))* *OR* *(title:(5G OR "fifth generation" OR "next generation mobile network?") AND abstract:(agricultur* OR farming OR agritech OR agri-food))* *OR* *(title:(agricultur* OR farming OR agritech OR agri-food) AND abstract:(5G OR "fifth generation" OR "next generation mobile network?"))*
Período	de 01/01/2010 até 31/12/2023
Stemming	*Off*
Restrição 01	Devem ter título e resumo
Restrição 02	*Simple Families Patent*

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A técnica de *stemming* foi desativada para evitar resultados fora do escopo da busca. O agrupamento por "*Simple Families*" permitiu que cada família simples, que consiste em um conjunto de patentes com a mesma prioridade, inter-relacionadas que são apresentadas em diferentes países para proteger a mesma invenção, aparecesse como um único item na lista de

resultados. Isso facilitou a recuperação dos dados, organizando a consulta para exibir apenas uma entrada por invenção, independentemente do número de países onde as patentes relacionadas foram publicadas.

Usando a *string* de busca, aplicando o filtro de data, considerando apenas documentos com título e resumo, e desabilitando a técnica de *Stemming*, foram encontrados 186 documentos de depósitos de patentes no banco de dados The Lens. Esses documentos foram exportados no formato .csv (valores separados por vírgulas) para uso em outras ferramentas.

Na quinta etapa, foram realizados os seguintes passos: inicialmente, os documentos de depósitos de patentes encontrados foram importados para uma planilha no Excel. Em seguida, foi realizada uma leitura inspecional dos títulos e resumos de cada documento para excluir famílias de patentes fora do escopo (não mencionam 5G ou suas aplicações na agricultura). Posteriormente, foi realizada uma leitura analítica dos títulos e resumos para confirmar se cada patente aborda diretamente a tecnologia 5G aplicada à agricultura, menciona inovações tecnológicas suportadas pelo 5G no contexto da agricultura sustentável e cita impactos e benefícios do uso do 5G em práticas agrícolas. Após essas etapas, o estudo resultou em 134 documentos de famílias de patentes associados à tecnologia 5G e sua aplicação na agricultura, dos quais 68 estão voltados para a aplicação na agricultura sustentável.

As etapas (4) e (5), de execução da busca nas bases de dados e de seleção dos documentos encontrados, respectivamente, foram realizadas também para outras bases de dados: Espacenet, Patentscope e *Patent Public Search*. A maioria das patentes encontradas nessas outras bases já estava contemplada na base Lens.org, como indicado pelos altos índices de sobreposição (EPO: 182 de 186; WIPO: 91 de 95; USPTO: 1 de 1, com sobreposições também entre essas bases). Isso evidência a abrangência e a representatividade da base Lens.org, mostrando que ela cobre uma ampla gama de patentes relevantes. A abordagem foca nas patentes diretamente relevantes para a pesquisa. Mesmo as poucas patentes não incluídas no Lens.org (após a quinta etapa, 3 na EPO e 3 na WIPO) não alteram significativamente o panorama geral, pois representam uma pequena fração do total.

Com base na análise dos resultados encontrados, pode-se verificar a consistência dos dados na base Lens.org para adoção no desenvolvimento deste estudo. A escolha de usar apenas a base Lens.org pode ser claramente justificada e replicada em futuras pesquisas, oferecendo um método claro e transparente para a coleta e análise de dados.

Na última etapa, foram geradas diversas tabelas, quadros e gráficos de dados estruturados e não estruturados sob diferentes aspectos, preparados para análise e discussão na seção seguinte. A análise de dados foi conduzida utilizando Microsoft® Excel® para Microsoft

365 MSO (Versão 2406 *Build* 16.0.17726.20078) 32 bits, Python versão 3.10.12, *Carrot2 clustering engine* versão 4.6.0 (data de *build*: 2024-05-24T12:00+02:00) e Gephi versão 0.10.1 (202301172018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas neste estudo um total de 134 famílias de patentes relacionadas à tecnologia 5G aplicada à agricultura, dais quais 68 no contexto da agricultura sustentável, as quais foram publicadas no período de 2019 a 2023 (5 anos). Este estudo considera para efeitos de análise a data de publicação dos pedidos pelos escritórios de patentes. A análise da família de patente considera o depósito prioritário. Sendo assim, ao se referir à família da patente, poderá ser utilizado apenas o termo patente ou equivalente.

É importante destacar que o número de patentes analisadas pode não representar o total real de inovações realizadas no intervalo de 2019 a 2023, especialmente no caso de 2023, devido ao período de sigilo no processo de patenteamento, que pode atrasar a divulgação pública das inovações. Como resultado, espera-se que o número de patentes publicadas aumente em 2023, à medida que essas patentes sob sigilo sejam divulgadas, o que reforça a natureza dinâmica e temporária dos dados analisados.

Para uma melhor compreensão dos dados coletados, a análise descritiva foi dividida em duas partes. Na primeira parte, são analisadas as famílias de patentes relacionadas à tecnologia 5G Aplicada à Agricultura de Maneira Geral (5GAG), comparando-as com aquelas aplicadas especificamente à agricultura sustentável. Na segunda parte, a análise se concentra apenas nas famílias de patentes relacionadas à tecnologia 5G Aplicada à Agricultura Sustentável (5GAS), alinhando-se com o objetivo do estudo.

Na Figura 2, é apresentado o gráfico de evolução das publicações ao longo do tempo. Os documentos mais antigo datam 2019 de forma ampla para tecnologia 5G aplicada à agricultura, e 2020 em particular para tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável, confirmando o surgimento recente dos depósitos de patente sobre o tema estudado.

Na 5GAG, houve um aumento significativo nas publicações de 2019 a 2021. O número de publicações cresceu de 6 em 2019 para 45 em 2021, indicando um aumento no interesse ou investimento na pesquisa de tecnologias 5G agrícola. Após o pico em 2021, houve uma queda nas publicações, com 38 em 2022 e 20 em 2023. Essa redução pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo patentes depositadas em 2023 podem ainda estar sob sigilo ou possíveis mudanças no foco de pesquisa.

Figura 2 – Evolução das publicações de patentes relacionadas à tecnologia 5G associada à agricultura



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

As publicações sobre 5GAS começaram em 2020, com 9 publicações, após nenhum registro em 2019. De 2020 a 2022, houve um crescimento consistente, atingindo 30 publicações em 2022. Similar à tendência observada na categoria geral de tecnologia 5G aplicada à agricultura, houve uma queda nas publicações em 2023, com 11 publicações.

A análise dos dados mostra que houve um aumento inicial significativo no número de publicações em tecnologias 5G relacionadas à agricultura geral e em agricultura sustentável, seguido por um declínio nos últimos anos. No entanto, a proporção de publicações dedicadas à 5GAS aumentou ao longo do tempo, indicando um maior foco e interesse na sustentabilidade dentro do campo 5G agrícola.

Foi realizada uma busca na base de dados Lens.org por publicações de patentes relacionadas à tecnologia 4G aplicada à agricultura entre 2000 e 2023. Identificaram-se 135 famílias de patentes, das quais 133 foram registradas na China e apenas 2 na Austrália, evidenciando o domínio chinês já presente desde a era do 4G, predecessora do 5G, nesse campo. A primeira foi publicada em 2014 e a análise da evolução das patentes no período de 2014 a 2023 mostrou um crescimento inicial constante até 2017, seguido por uma aceleração significativa até 2021, sugerindo uma ampla adoção do 4G em inovações no setor agrícola. A partir de 2022, houve uma queda no número de patentes, possivelmente devido à transição para o 5G, que oferece maior potencial para inovações avançadas. O pico de inovações entre 2019 e 2021 sugere que o 4G pode ter atingido sua maturidade nesse campo.

Na Tabela 1, é apresentado um resumo dos principais resultados da análise descritiva. Observa-se que a tecnologia 5G aplicada à agricultura geral apresenta um volume maior de inovação em termos de famílias de patentes, requerentes e inventores distintos, em comparação

com a tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável. Isso indica um campo mais amplo e diversificado de pesquisa na 5GAG. Apesar de ter um menor número de patentes, a 5GAS apresenta um maior índice de colaboração tanto entre requerentes quanto entre inventores. Isso sugere que os projetos de 5GAS tendem a ser mais colaborativos, envolvendo múltiplos *stakeholders*.

Tabela 1 – Principais informações sobre os dados do estudo

Tópico		
Período	2019-2023	
Anos	5	
	5GAG	**5GAS**
Famílias de Patentes	134	68
Média de patentes por ano	26,8	13,6
Países de prioridade	5	4
Média de citações por patente	0,96	0,71
Requerentes distintos	115	62
Aparições de corequerentes	16	11
Patentes por requerente	1,17	1,10
Índice de Colaboração dos requerentes	0,12	0,16
Inventores distintos	117	62
Aparições de coinventores	314	175
Patentes por inventor	1,15	1,10
Índice de Colaboração dos inventores	2,34	2,57

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

As patentes na tecnologia 5G aplicada à agricultura geral são mais citadas, o que indica um maior reconhecimento e influência das inovações nessa área. Ambas as áreas mostram uma distribuição geográfica similar, com ligeiramente menos países envolvidos na 5G aplicada à agricultura sustentável.

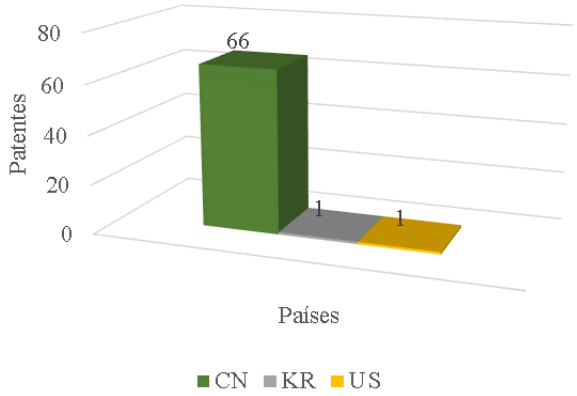
Esses *insights* sugerem que, embora a tecnologia 5G aplicada à agricultura geral esteja mais estabelecida em termos de inovação e volume de patentes, a 5G aplicada à agricultura sustentável está se destacando pela colaboração e parcerias, o que pode ser importante para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais eficientes e ecológicas.

A análise dos dados da produção tecnológica dos países neste estudo pode oferecer *insights* sobre a distribuição geográfica das inovações em 5G aplicadas à agricultura sustentável. O estudo contabilizou cada família de patente no país onde o primeiro depósito de

prioridade foi registrado. Isso é útil para entender onde a inovação foi inicialmente reconhecida e onde o pedido de prioridade foi depositado. Vale ressaltar que a patente publicada sob o número WO2022032614A1, um número PCT (publicação internacional), foi contabilizada como produção tecnológica da China, uma vez que o primeiro depósito foi registrado na China (CN2020109078W).

A análise das 68 patentes identificadas relacionadas à tecnologia 5GAS (Figura 3) revela a predominância da China como principal país de prioridade, concentrando 97% dos depósitos. A maioria dessas patentes apresenta proteção restrita ao território chinês, com 58 pertencentes a famílias simples com jurisdição exclusiva na China (CN). Apenas seis patentes demonstram extensão internacional, evidenciando uma baixa taxa de internacionalização das inovações. Entre as patentes chinesas, 24 estão ativas (concedidas e em vigor), enquanto 21 estão pendentes e 20 foram descontinuadas (retiradas ou rejeitadas), o que indica um cenário ainda em fase de consolidação tecnológica.

Figura 3 – Países nos quais os depósitos de patente estão relacionados à tecnologia 5GAS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Nos Estados Unidos e na Coreia do Sul, foi identificada uma patente ativa e um pedido pendente, respectivamente, ambos de forma isolada. Esses dados sugerem que a proteção intelectual fora da China ainda é incipiente, reforçando a liderança chinesa no desenvolvimento da tecnologia 5GAS, mas também apontando oportunidades para ampliar a cooperação internacional e a exploração comercial global nessa área emergente.

As mudanças de titularidade observadas em algumas patentes ativas indicam sinais de interesse comercial nas tecnologias analisadas. Tanto na China quanto nos Estados Unidos, tiveram uma patente relacionada à tecnologia 5GAS transferida para outro titular, sugerindo valorização das soluções desenvolvidas e possível intenção de exploração econômica. Esse tipo

de movimentação reforça a relevância tecnológica das invenções e aponta para seu potencial avanço rumo à aplicação prática.

No campo científico, a China e Índia lideram, com cada país contribuindo com 10 artigos, 18,2% dos artigos publicados, seguidos pela Itália com 7 artigos (12,7%), a Grécia com 4 artigos (7,3%) e outros (Nascimento; Holanda, 2024), o que evidencia a crescente atenção global ao tema.

A China tem investido massivamente em pesquisa e desenvolvimento, especialmente em tecnologias emergentes como o 5G, consideradas essenciais para a competitividade futura. O governo chinês está focado em desenvolver a economia digital e melhorar a infraestrutura de comunicação, que é fundamental para a agricultura de precisão e sustentável (Goncharenko; Ahafonova; Kovtun, 2021). Esses investimentos fazem parte da estratégia "*Made in China 2025*". Além disso, o governo tem promovido fortemente a inovação tecnológica e a modernização agrícola, incentivando registros de patentes (Zeng; Tong; Yang, 2023). A China possui uma ampla rede de universidades, institutos de pesquisa e empresas tecnológicas que colaboram para o avanço de tecnologias aplicáveis à agricultura (Jin *et al.*, 2017).

A concentração de patentes na China sugere que o país é um líder dominante em inovações relacionadas à agricultura e tecnologia 5G no contexto de agricultura sustentável. Com a predominância de patentes chinesas, pode ser benéfico para outras nações aumentarem a colaboração com entidades chinesas para compartilhar conhecimento e tecnologias.

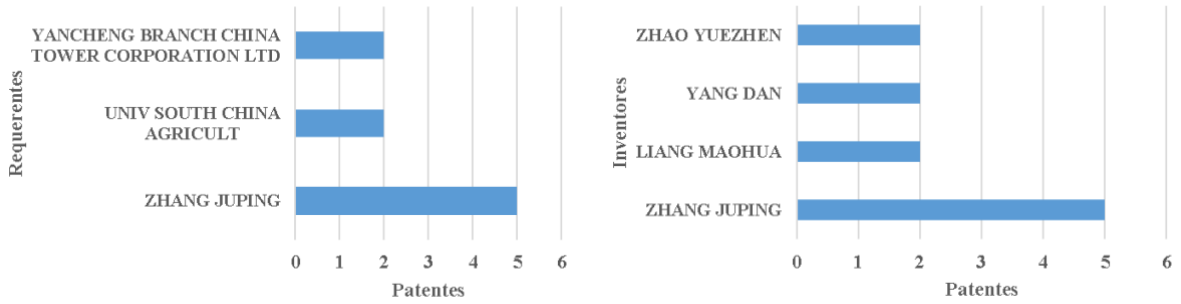
Ao analisar a quantidade de requerentes das 68 famílias de patentes aplicadas à tecnologia 5GAS, encontrou-se 62 entidades distintas (Tabela 1). O termo requerente refere-se às entidades: indivíduos, empresas ou organizações que solicitaram a patente, ou seja, o titular ou proprietário da patente. A média de patentes por requerente e por inventor foi de 1,10, confirmando que a maioria dos titulares e inventores (95,2%) possui apenas um depósito relacionado à 5GAS.

Os principais titulares das tecnologias identificadas neste estudo de monitoramento, considerando no mínimo dois depósitos, são apresentados na Figura 4. Entre eles, destaca-se Zhang Juping com 5 patentes, cidadão da República Popular da China, economista sênior e diretor editorial do Departamento Municipal de Pessoal de Chongqing. Também estão entre os maiores depositantes a universidade chinesa UNIV South China Agricult e a empresa Yancheng Branch China Tower Corp. Ltd.

Quanto aos criadores das tecnologias 5G no contexto da agricultura sustentável, o estudo revelou a participação de 62 inventores (Tabela 1), destacando-se Zhang Juping como o principal inventor, com 5 patentes. Essas 5 invenções abrangem áreas tecnológicas comuns,

focadas em soluções inovadoras e sustentáveis para o controle de pragas agrícolas, utilizando tecnologias como 5G e energia solar para otimização e automação.

Figura 4 – Principais requerentes e inventores relacionados à tecnologia 5GAS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A Lei de Lotka é uma lei empírica que descreve a distribuição da produtividade dos autores em uma área científica específica. Ela estabelece que o número de autores que produzem n trabalhos é inversamente proporcional ao quadrado de n em relação ao número de autores que produzem apenas um trabalho. Em outras palavras, para cada 100 autores que publicam um único trabalho, aproximadamente 25 publicam dois trabalhos, cerca de 11 publicam três trabalhos, e assim por diante (Lotka, 1926). Esta lei tem demonstrado aplicabilidade favorável na literatura de patentes (Yang; Lin; Xu, 2014). Portanto, foi realizada uma análise da distribuição de frequências da produtividade tecnológica dos inventores para verificar a aplicabilidade da Lei de Lotka.

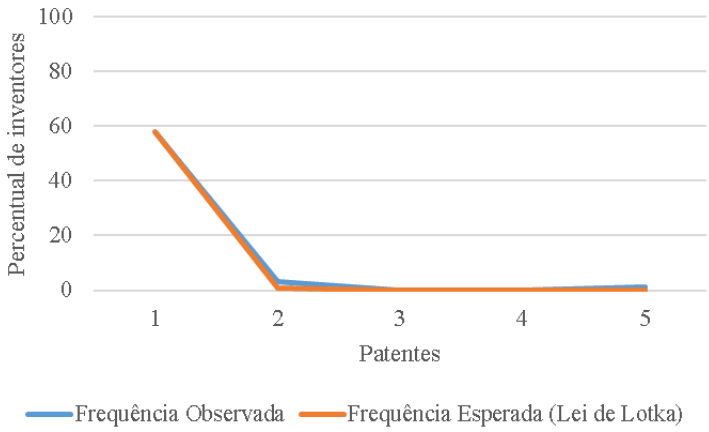
A Figura 5 mostra a aproximação entre os valores observados e esperados da distribuição da produtividade tecnológica dos inventores. Os dados para inventores com uma, três e quatro patentes se ajustam bem à Lei de Lotka, enquanto a frequência observada para inventores com duas e cinco patentes está ligeiramente acima do esperado.

Considerando a Lei de Lotka (1926), é possível afirmar que os achados deste estudo estão alinhados com a referida lei. De um universo de 68 patentes, um inventor fez o depósito de cinco, três inventores fizeram o depósito de duas patentes, nenhum inventor fez o depósito de três ou quatro patentes, e os demais, um total de 58 inventores, depositaram apenas uma patente. Isso sugere que poucos criadores se destacam em termos de quantidade de patentes, enquanto muitos inventores contribuem com uma única patente.

Os produtos e processos desenvolvidos com a tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável abrangem diversos setores tecnológicos, envolvendo a criação de novas soluções para a produção agrícola sustentável. Uma forma de identificar esses setores é por meio da

Classificação Internacional de Patentes (IPC), que codifica a aplicação e a função de cada patente. Publicada pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), a IPC possui uma estrutura hierárquica de cinco níveis. Entre as 68 famílias de patentes analisadas, foram identificadas 6 seções, 18 classes, 37 subclasses, 67 grupos e 120 subgrupos. Ao analisar as classes e subclasses IPC mais frequentemente atribuídas às patentes, é possível identificar as áreas tecnológicas predominantes no conjunto de patentes, ajudando a entender em quais setores a inovação está mais concentrada.

Figura 5 – Lei de Lotka aplicada à produtividade tecnológica dos inventores



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

No Quadro 4, são apresentadas as principais classes e subclasses identificadas por seção, destacando-se aquelas relacionadas a agricultura (23,3% das patentes), comunicação (18,2%), computação (14,0%), Internet das Coisas (IoT) (11,0%), medição (10,2%) e controle (8,9%). Outras classificações, com menor participação, referem-se a produtos ou processos especializados, como elementos e unidades de engenharia, ferramentas de mão e aeronaves, entre outros.

As áreas tecnológicas predominantes neste conjunto de patentes são as Tecnologia de Informação e Comunicação (TICs), com foco especial em computação, IoT e comunicação sem fio, refletindo uma grande concentração de inovações nessas áreas voltadas para as necessidades do setor primário, particularmente a agricultura. Esses dados indicam que a agricultura sustentável também é uma área significativa, com esforços contínuos para integrar tecnologias avançadas na produção agrícola. Inovações apoiadas por bases tecnológicas, como tecnologias de comunicação, operações e transportes com aeronaves não tripuladas (UAS/Drones) entre outras, também são notáveis.

Quadro 4 – Principais classes e subclasses das patentes relacionadas à tecnologia 5GAS

SEÇÃO G - FÍSICA (47,0%)		
G06 (14,0%)	**Computação; cálculo ou contagem**	
	G06Q	TICs, sistemas ou métodos especialmente adaptados para propósitos administrativos, comerciais, financeiros, gerenciais ou de supervisão, não previstos de outra forma
G16 (11,0%)	**TIC especialmente adaptada para campos de aplicação específicos**	
	G16Y	TIC especialmente adaptada para a internet das coisas (IoT)
G01 (10,2%)	**Medição; teste**	
	G01D	Medição genérica; dispositivos para medir múltiplas variáveis; medição de tarifas; medição/teste não específicos
G05 (8,9%)	**Controle; regulação**	
	G05D	Sistemas de controle ou regulação de variáveis não elétricas
SEÇÃO A - NECESSIDADES HUMANAS (23,7%)		
A01 (23,3%)	**Agricultura; silvicultura; criação animal; caçando; armadilha; pescaria**	
	A01G	Horticultura; cultivo de vegetais, flores, arroz, frutas, vinhas, lúpulo ou algas; silvicultura; rega
	A01M	Captura, armadilha ou espantamento de animais
	A01C	Plantio; semeadura; fertilização
SEÇÃO H - ELETRICIDADE (18,6%)		
H04 (18,2%)	**Técnica de comunicação elétrica**	
	H04W	Redes de comunicação sem fio
	H04N	Comunicação pictorial
	H04L	Transmissão de informações digitais
SEÇÃO B - EXECUÇÃO DE OPERAÇÕES; TRANSPORTE (6,8%)		
B25 (2,1%)	**Ferramentas de mão; ferramentas elétricas portáteis; manipuladores**	
	B25J	Manipuladores; câmaras fornecidas com dispositivos de manipulação
B64 (1,7%)	**Aeronaves; aviação; cosmonáutica**	
	B64C	Aviões; helicópteros
	B64D	Equipamentos de aeronaves: fatos de voo, paraquedas, centrais elétricas e transmissões de propulsão
SEÇÃO F - ENGENHARIA MECÂNICA; ILUMINAÇÃO; AQUECIMENTO; ARMAS; EXPLOSÃO (2,5%)		
F16 (2,5%)	**Elementos e unidades de engenharia; medidas gerais de produção e manutenção do funcionamento eficaz de máquinas ou instalações; isolamento térmico em geral**	
	F16M	Estruturas, carcaças, camas de motores, máquinas ou aparelhos; suportes e apoios diversos

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

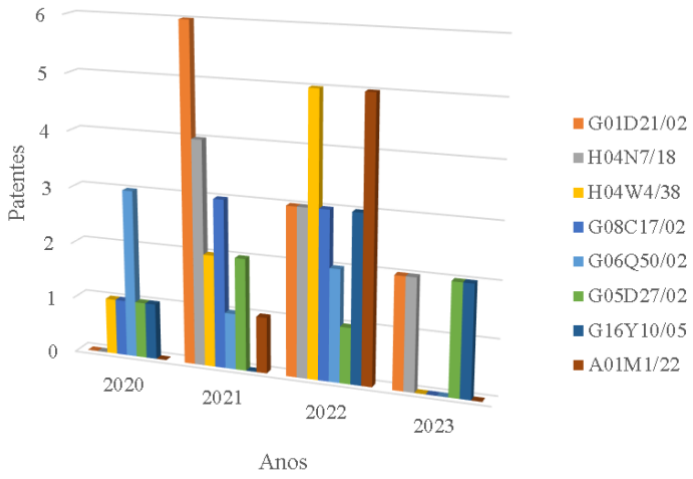
Para uma análise mais específica, foram investigados os principais subgrupos da classificação de patentes associadas à tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável ao longo

do tempo (Figura 6). As áreas com maiores flutuações, sugerindo períodos de intensa inovação seguidos por estabilização, incluem Medição ou teste não previstos de outra forma (G01D21/02), Sistemas de circuito fechado de televisão (H04N7/18), e Serviços especialmente adaptados para redes de comunicação sem fio para coletar informações do sensor (H04W4/38).

Os dados indicam que a inovação em tecnologia 5GAS tem flutuações consideráveis, com alguns anos apresentando picos de atividade em certos subgrupos, seguidos por quedas ou ausência de novas patentes. Isso pode refletir ciclos de pesquisa e desenvolvimento, onde inovações são registradas em ondas, conforme projetos e investimentos específicos são realizados. O monitoramento contínuo é essencial para captar tendências emergentes e identificar áreas de inovação persistente.

A análise das patentes mais citadas por outras tecnologias pode revelar a relevância e o impacto das inovações em um campo específico. Na Tabela 2, são apresentadas as patentes de tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável que possuem duas ou mais citações. Vale ressaltar que, em média, uma patente associada à 5GAS é citada por 0,71 patentes, sendo que a maioria não possui citações. As patentes mais citadas indicam quais inovações estão sendo reconhecidas e reutilizadas em outros desenvolvimentos tecnológicos.

Figura 6 – Evolução dos principais subgrupos das patentes associadas à tecnologia 5GAS



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Dos documentos de patentes listados na Tabela 2, 90,9% foram depositados majoritariamente na China e apenas um publicado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), sendo a maioria absoluta de patentes de invenção (A) e apenas uma de modelo de utilidade (U). A patente mais citada, "*Intelligent mountain crop cultivation system based on digital twinning*" com 5 citações na data da pesquisa, destaca o forte interesse na

aplicação de *digital twinning* em cultivos de montanha. Este depósito de patente foi realizado na China em 2022 e possui status pendente. A segunda patente mais citada, possui status pendente, ressalta a importância da inteligência artificial na agricultura, enquanto a terceira, possui status descontinuado, destaca o uso de 5G para monitoramento de estufas agrícolas.

Tabela 2 – Patentes de tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável mais citadas

Número	Título	Citações
CN 115362811 A	*Intelligent mountain crop cultivation system based on digital twinning*	5
CN 111680927 A	*AI artificial intelligence training device and training method thereof*	4
CN 113447078 A	*Intelligent agriculture multi-parameter environment monitoring device based on 5G technology*	4
WO 2022/032614 A1	*5G-based smart agricultural greenhouse monitoring system*	4
CN 215217665 U	*Intelligent agricultural environment monitoring system based on 5G technology*	3
CN 112036717 A	*Agricultural product traceability management system for smart agriculture based on Internet of Things*	2
CN 112129757 A	*Plant disease and insect pest self-adaptive detection system and method*	2
CN 112673741 A	*Biomass or other fuel full-automatic agricultural vehicle*	2
CN 113031493 A	*Intelligent agricultural monitoring management system based on 5G communication technology*	2
CN 113854258 A	*5G agricultural insect pest green prevention and control net tower pile*	2
CN 115390504 A	*Intelligent agricultural planting system based on 5G Internet of Things*	2

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

O único documento localizado na pesquisa publicado pela WIPO (WO 2022/032614 A1) com 4 citações na data da pesquisa, destaca um sistema para monitorar múltiplos parâmetros ambientais, indicando uma abordagem holística para o gerenciamento agrícola usando 5G para coleta de dados em tempo real e tomada de decisão. Este depósito de patente tem prioridade para PCT/CN2020/109078, foi publicado na WIPO em 2022 e possui status pendente.

A análise das patentes mais citadas revelou que a tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável está fortemente concentrada em monitoramento ambiental inteligente, inteligência artificial, rastreabilidade de produtos, controle de pragas e automação. Essas áreas estão sendo exploradas em conjunto com a tecnologia 5G para melhorar a eficiência, sustentabilidade e produtividade na agricultura.

No Apêndice A são apresentados resultados complementares, incluindo a análise semântica por meio de nuvens de palavras e agrupamentos automáticos a partir dos dados não estruturados dos títulos e resumos das patentes, além da análise das redes de cooperação entre campos tecnológicos, requerentes e inventores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a tecnologia 5G aplicada à agricultura geral apresente um volume maior de inovação em termos de número de patentes, 5G aplicada à agricultura sustentável está emergindo como uma nova área, destacada pela alta colaboração entre diferentes *stakeholders* e pela concentração de esforços para acelerar o desenvolvimento de soluções agrícolas mais eficientes e ecológicas.

A China se consolida como líder dominante na inovação tecnológica em 5G para a agricultura sustentável, refletindo uma estratégia nacional focada em pesquisa e desenvolvimento, com forte suporte governamental. Isso sugere que o país não apenas lidera em número de patentes, mas também estabelece padrões globais de inovação nesse setor. No entanto, a proteção permanece, em sua maioria, restrita ao contexto nacional.

As patentes mais citadas reforçam o papel central das tecnologias de monitoramento ambiental inteligente, inteligência artificial e automação no avanço da agricultura sustentável.

As TICs, incluindo IoT e comunicação sem fio, destacam-se como as áreas tecnológicas mais sobressalentes nas patentes analisadas, apontando um movimento em direção à digitalização e modernização das práticas agrícolas.

A tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável apresenta um crescimento promissor, com potencial para transformar significativamente o setor agrícola, promovendo maior sustentabilidade e eficiência. O estudo destaca a importância de monitorar continuamente as tendências tecnológicas, a fim de identificar inovações emergentes e fortalecer a colaboração internacional, especialmente com países estratégicos como a China. Além disso, evidencia a necessidade de políticas públicas que incentivem a inovação em outros países, com o objetivo de reduzir a dependência tecnológica em relação à China e promover maior equilíbrio na governança global da agricultura digital sustentável.

REFERÊNCIAS

ABOUT 3GPP. **Portal 3GPP - a global initiative**, 2024. Disponível em: https://www.3gpp.org/about-us. Acesso em: 27 jul. 2024.

AHAMED, Md Maruf; FARUQUE, Saleh. 5G Backhaul: Requirements, Challenges, and Emerging Technologies. *In*: HAIDINE, Abdelfatteh (ed.). **Broadband communications networks -** recent advances and lessons from practice. [*S. l.: s. n.*], 2018. Disponível em: https://doi.org/10.5772/intechopen.78615. Acesso em: 31 jul. 2023.

AKKARI, Nadine; DIMITRIOU, Nikos. Mobility management solutions for 5G networks: Architecture and services. **Computer Networks**, [*s. l*], v. 169, p. 107082, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.107082. Acesso em: 31 jul. 2023.

ARUMUGAM, U; MANIDA, M. Agripreneurship for Sustainable Economic Development in India. **ComFin Research**, [*s. l.*], v. 11, n. 4, p. 15–23, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.34293/commerce.v11i4.6662. Acesso em: 13 out. 2024.

BHATT, Swati; SHARMA, Sharat; JAIN, Pallavi. Rural innovation using technology in progressive agriculture: Empowering women towards sustainable rural development. *In*: ARAFAT, Mohd Yasir *et al.* **Driving factors for venture creation and success in agricultural entrepreneurship.** [*S. l.*]: IGI Global, 2022. p. 227–240. Disponível em: https://doi.org/10.4018/978-1-6684-2349-3.ch012. Acesso em: 13 out. 2024.

BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agriculture and sustainability. **Precision Agriculture**, [*s. l.*], v. 5, n. 4, p. 359–387, 2004.

GONCHARENKO, Nataliia. I.; AHAFONOVA, Alina O.; KOVTUN, Diana S. Actualities of 5G Technologies Implementation in China in Terms of Economy Digitalization. **Economic scope**, [*s. l.*], v. 330, n. 510, p. 11–16, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.32782/2224-6282/174-2. Acesso em: 9 ago. 2024.

GUTIÉRREZ CANO, Luis Fernando *et al.* Agricultural innovation system: analysis from the subsystems of R&D, training, extension, and sustainability. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, [*s. l.*], v. 7, n. July, p. 1–17, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1176366. Acesso em: 13 out. 2024.

HALL, Bronwyn H. Patents and patent policy. **Oxford Review of Economic Policy**, [*s. l.*], v. 23, n. 4, p. 568–587, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1093/icb/grm037. Acesso em: 15 ago. 2024.

HERRMANN, Michael. The Challenge of Sustainable Development and the Imperative of Green and Inclusive Economic Growth. **Modern Economy**, [*s. l.*], v. 05, n. 02, p. 113–119, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.4236/me.2014.52013. Acesso em: 10 ago. 2024.

JIN, Yanhong *et al.* Impact of government science and technology policies with a focus on biotechnology research on commercial agricultural innovation in China. **China Agricultural Economic Review**, [*s. l.*], v. 9, n. 3, p. 438–452, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1108/CAER-05-2017-0096. Acesso em: 9 ago. 2024.

KHAN, Muhammad Anas *et al.* Harnessing 5G Networks for Enhanced Precision

Agriculture: Challenges and potential Solutions. *In*: International Conference on Smart Applications, Communications and Networking (SmartNets), 2023, Istambul. **Proceedings[…]** Istambul: IEEE, 2023. p. 1–6. Disponível em: https://doi.org/10.1109/SmartNets58706.2023.10215761. Acesso em: 10 ago. 2024.

KHAN, Fahad; PANDEY, Pratibha; UPADHYAY, Tarun Kumar. Applications of Nanotechnology-Based Agrochemicals in Food Security and Sustainable Agriculture: An Overview. **Agriculture (Switzerland)**, [*s. l.*], v. 12, n. 10, p. 1–13, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/agriculture12101672. Acesso em: 10 ago. 2024.

LOTKA, Alfred J. The frequency distribution of scientific productivity. **Journal of the Washington academy of sciences**, [*s. l.*], v. 16.12, p. 317-323, 1926. Disponível em: https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA054425.pdf. Acesso em: 31 jul. 2023.

MAGERMAN, Tom; VAN LOOY, Bart; SONG, Xiaoyan. Data Production Methods for Harmonized Patent Statistics: Patentee Name Harmonization. **SSRN Electronic Journal**, [*s. l.*], 2006. Disponível em: https://doi.org/10.2139/ssrn.944470. Acesso em: 15 ago. 2024.

MARTINEZ, Catalina. Insight into Different Types of Patent Families. **OECD STI Working Papers**, [*s. l.*], v. 2, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1787/5kml97dr6ptl-en. Acesso em: 10 ago. 2024.

MARTÍNEZ, Catalina. Patent families: When do different definitions really matter?. **Scientometrics**, [*s. l.*], v. 86, n. 1, p. 39–63, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11192-010-0251-3. Acesso em: 10 ago. 2024.

NASCIMENTO, Sidney Cassemiro do; HOLANDA, Francisco Sandro Rodrigues. Insights de um estudo de mapeamento sistemático da tecnologia 5g no contexto da agricultura sustentável. **P2P E INOVAÇÃO**, [*s. l.*], v. 11, n. 1, p. 1–21, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.21728/p2p.2024v11n1e-7040. Acesso em: 15 ago. 2024.

NOVO-CORTI, Isabel *et al.* Social effects of economic crisis: Risk of exclusion. An overview of the European context. **Sustainability (Switzerland)**, [*s. l.*], v. 11, n. 2, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su11020336. Acesso em: 10 ago. 2024.

PIRGMAIER, Elke; HINTERBERGER, Friedrich. What Kind of Growth is Sustainable? A Presentation of Arguments. *In*: HINTERBERGER, Friedrich *et al.* **Growth in transition.** London: Routledge, 2012. p. 15–53. Disponível em: https://doi.org/10.4324/9780203145593. Acesso em: 10 ago. 2024.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Editora Companhia das letras, 2018.

TANG, Yu *et al.* A survey on the 5G network and its impact on agriculture: Challenges and opportunities. **Computers and Electronics in Agriculture**, [*s. l.*], v. 180, p. 105895, January 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105895. Acesso em: 31 jul. 2023.

TRIGO, Ana; MARTA-COSTA, Ana; FRAGOSO, Rui. Principles of sustainable agriculture:

Defining standardized reference points. **Sustainability (Switzerland)**, [*s. l.*], v. 13, n. 8, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su13084086. Acesso em: 10 ago. 2024.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals**. [*S. l.*], 2024. Disponível em: https://www.un.org/sustainabledevelopment/. Acesso em: 9 ago. 2024.

WANG, Dengjun *et al.* Nano-enabled pesticides for sustainable agriculture and global food security. **Nature Nanotechnology**, [*s. l.*], v. 17, n. 4, p. 347–360, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41565-022-01082-8. Acesso em: 10 ago. 2024.

WU, Yue. New page of agriculture: On the view of 5G generation and GPS. *In:* Jubilee International Conference on Computational Cybernetics and Cyber-Medical Systems, 10, 2022, Islândia. **Proceedings [...]** Islândia, 2022. p. 105–110. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ICCC202255925.2022.9922891. Acesso em: 23 jul. 2023.

YANG, Z. K.; LIN, D. M.; XU, M. Z. The re-applicability explore of Lotka's law in patent documents. **Collnet Journal of Scientometrics and Information Management**, [*s. l.*], v. 8.1, p. 183–191, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1080/09737766.2014.916875. Acesso em: 9 ago. 2024.

ZENG, Qian; TONG, Yijie; YANG, Yiying. Can green finance promote green technology innovation in enterprises: empirical evidence from China. **Environmental Science and Pollution Research**, [*s. l.*], v. 30, n. 37, p. 87628–87644, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11356-023-28342-x. Acesso em: 9 ago. 2024.

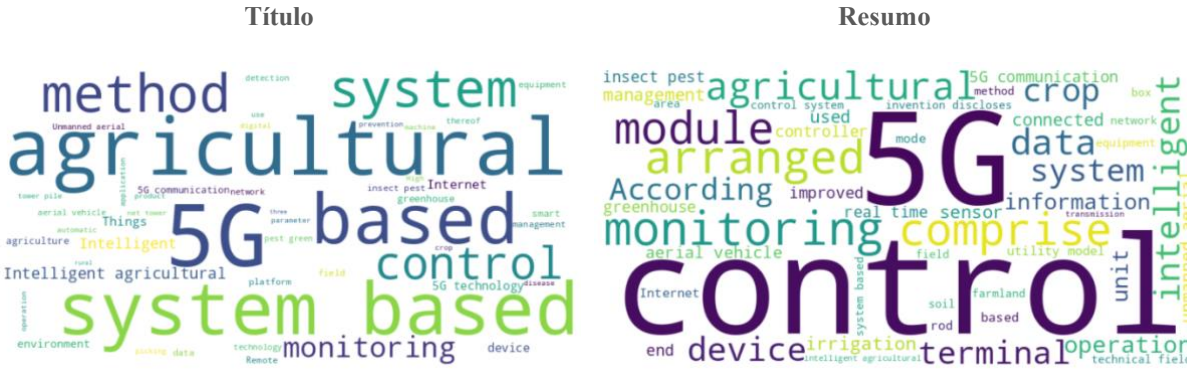
AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro, por meio da bolsa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), programa 2023/2024.

APÊNDICE A - Resultados Complementares

Na Figura 7, é apresentada uma comparação das palavras mais frequentes nos títulos (à esquerda) e nos resumos (à direita) das patentes sobre a tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável. Os termos "*5G*" e "*Agricultural*" são os mais frequentes em ambas as nuvens de palavras, destacando a importância central da tecnologia 5G e sua aplicação na agricultura. "*Control*" e "*Monitoring*" aparecem como os segundos termos mais frequentes, sugerindo que a maioria das patentes se concentra em sistemas de controle e monitoramento inteligentes. Termos como "*System Based*" "*Method*" e "*Intelligent Agricultural*" à esquerda na figura, são comuns nos títulos, refletindo a natureza dos dispositivos e métodos patenteados. Palavras como "*Arranged*", "*Module*" e "*Comprise*" à direita da figura, são mais técnicas e descritivas, comuns nos resumos, onde a configuração e os componentes dos dispositivos são explicados.

Figura 7 – Comparação dos resultados das nuvens de palavras encontradas no título e resumo das patentes



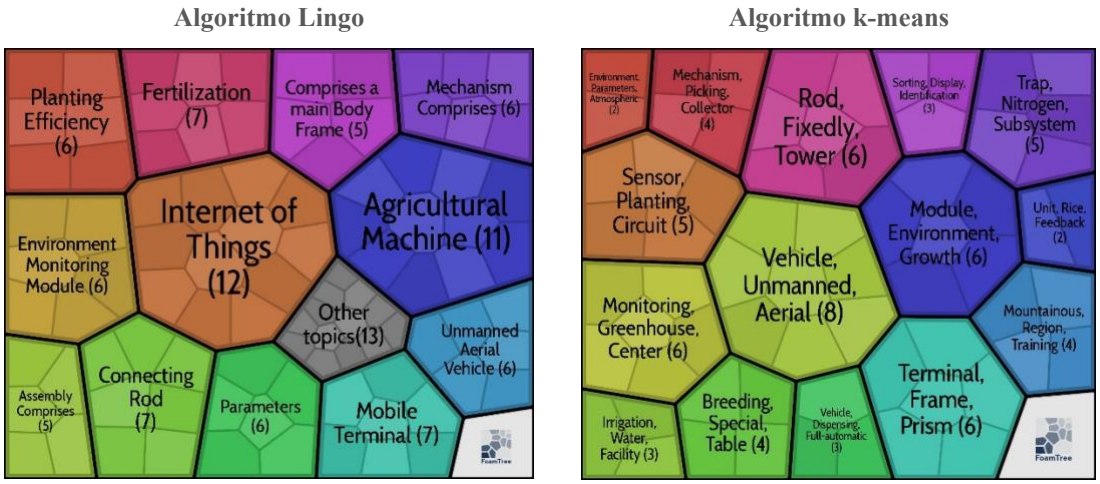
Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

A análise das nuvens de palavras revela que os títulos das patentes tendem a focar em termos que identificam o tipo de tecnologia (como *5G, 5G technology* e *5G communication*) e o local de aplicação dessa tecnologia (*agricultural* e *Intelligent agricultural*), enquanto os resumos são mais detalhados e técnicos, enfatizando a configuração dos dispositivos e a integração de diferentes módulos e componentes. Ambos os conjuntos de palavras reforçam a ideia de que boa parte das patentes se concentram em sistemas de controle e monitoramento baseados em 5G para a agricultura, com uma abordagem sobre a implementação e os componentes técnicos envolvidos.

A Figura 8 mostra a comparação dos resultados dos algoritmos de agrupamento Lingo e k-means a partir dos dados não estruturados dos títulos e resumos sobre a tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável. Os *clusters* identificados pelo Lingo à esquerda da figura são

bastante específicos e cobrem uma ampla gama de tópicos relacionados à tecnologia 5G aplicada à agricultura. "*Internet of Things*" é o maior *cluster*, indicando um forte foco em dispositivos conectados e inteligentes. Outros *clusters* como "*Agricultural Machine*" e "*Vehicle, Unmanned, Aerial*" destacam o uso de maquinário avançado e drones.

Figura 8 – Comparação dos resultados dos algoritmos de agrupamento Lingo e k-means no Carrot2



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

No algoritmo k-means à direita da figura, *clusters* como "*Vehicle, Unmanned, Aerial*" e "*Sensor, Planting, Circuit*" indicam uma ênfase em veículos autônomos e sensores agrícolas. *Clusters* como "*Irrigation, Water, Facility*" e "*Monitoring, Greenhouse, Center*" refletem diversas aplicações práticas do 5G na agricultura. Ambos os algoritmos destacam a importância de tecnologias como IoT, UAVs e módulos de monitoramento ambiental, sugerindo que esses são temas centrais nas patentes analisadas. Isso indica um foco consistente nessas áreas tecnológicas.

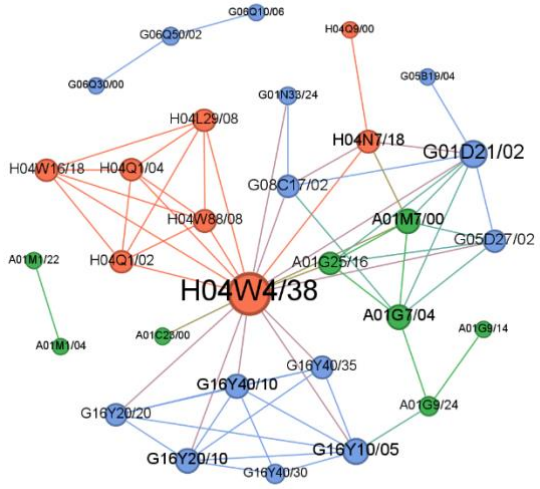
Na Figura 9, é apresentada a rede de coocorrência das classificações (IPC) das patentes analisadas sobre a tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável. Cada nó da rede representa um campo tecnológico, ou seja, um subgrupo da IPC, e as arestas correspondem às coocorrências com outros campos tecnológicos na mesma patente. O tamanho do nó representa a frequência de ocorrência e a espessura da aresta indica o grau de relacionamento entre dois subgrupos.

O campo tecnológico com maior destaque e maior relação com outros setores foi o de "Serviços especialmente adaptados para redes de comunicação sem fio para coletar informações do sensor" (H04W4/38). Esse subgrupo, junto com outros, forma um grande *cluster* denominado "Técnica de comunicação elétrica", que representa a colaboração entre vários campos tecnológicos. O segundo grande *cluster*, "Processamento de dados", destaca os campos

tecnológicos "Medição ou teste não previstos de outra forma" (G01D21/02) e "TIC especialmente adaptada para a IoT na Agricultura" (G16Y10/05). O terceiro *cluster*, "Agricultura", destaca os subgrupos "Tratamento de plantas para a promoção do crescimento vegetal" (A01G7/04) e "Adaptações ou arranjos especiais de aparelhos de pulverização de líquidos para controle de animais e pragas" (A01M7/00).

A combinação dos *clusters* tecnológicos indica a formação de uma área em desenvolvimento focada em Tecnologias Digitais para a Agricultura, voltadas para a digitalização da agricultura e a aplicação de tecnologias digitais em processos agrícolas. Em resumo, o eixo tecnológico central identificado é a interseção entre tecnologias digitais e a agricultura.

Figura 9 – Rede de cooperação entre campos tecnológicos (IPC)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

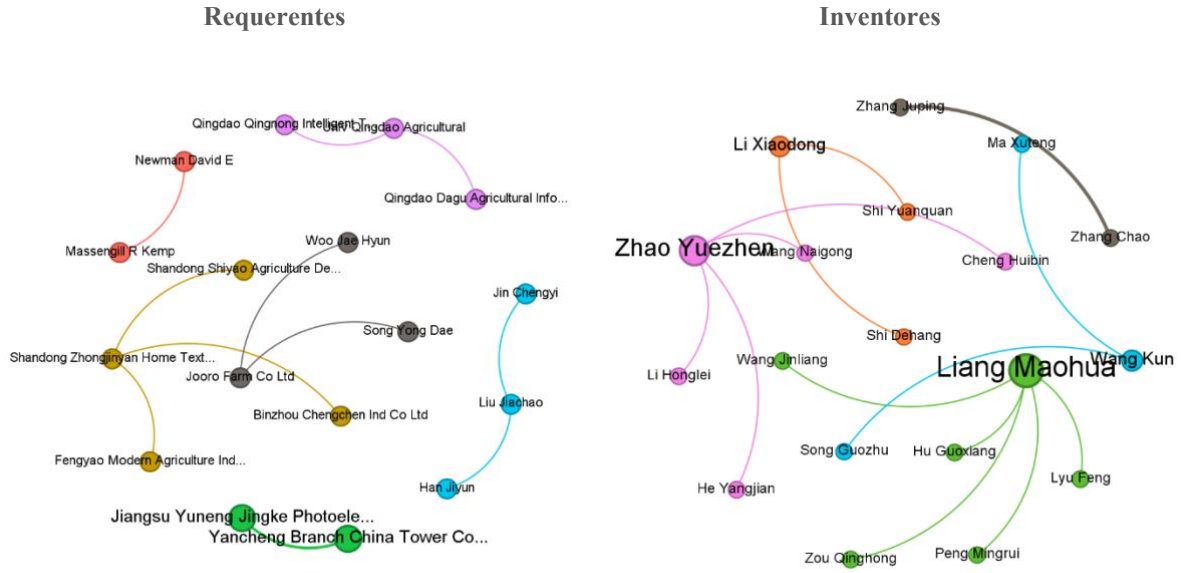
O estudo também analisou a rede de colaboração entre depositantes (à esquerda) e inventores (à direita) de patentes focadas na tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável (Figura 10), com o objetivo de identificar os principais atores e compreender as dinâmicas de colaboração nesse setor emergente.

A cooperação entre os requerentes é medida pela cotitularidade dos depósitos de patentes. Na visualização da rede de cooperação dos requerentes, à esquerda da figura, o tamanho do nó representa a quantidade de patentes e a espessura da aresta a quantidade de cooperações. Nota-se que os requerentes Yancheng Branch China Tower Corporation Ltd e Jiangsu Yuneng Jingke Photoelectric New Energy Group Co Ltd são os principais atores da rede, com o maior volume de patentes depositadas, e colaboraram em duas patentes.

É importante destacar que as patentes apresentadas se concentram em uma inovação centrada na criação de um sistema integrado que utiliza tecnologias avançadas para melhorar a eficiência e sustentabilidade da agricultura, especialmente em áreas rurais. No entanto, não há diferenças significativas entre o título, resumo e áreas tecnológicas/eixo de inovação das duas patentes, sendo que a primeira foi publicada em 2020 como modelo de utilidade e a segunda em 2021 como pedido de invenção. Ambos os documentos descrevem essencialmente a mesma invenção, sugerindo que não há um início de parceria estratégica entre essas empresas. Todos os demais atores da rede colaboraram em apenas uma patente cada.

A visualização da rede de cooperação dos inventores pode ser observada à direita da Figura 10. Para medir a cooperação entre inventores, considera-se a coinvenção de famílias de patentes. O tamanho do nó representa o número de conexões diretas (colaborações) que o inventor possui, enquanto a espessura da aresta indica a quantidade de cooperações. Para melhorar a visibilidade da rede, foram considerados apenas os inventores que aparecem juntos em mais de uma patente.

Figura 10 – Redes de cooperação de requerentes e inventores das patentes



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os inventores com maior centralidade de grau nas patentes focadas na tecnologia 5G aplicada à agricultura sustentável foram Liang Maohua e Zhao Yuezhen. Destaca-se também que Zhang Juping e Zhang Cha*o*, embora tenham o maior número de cooperações nas patentes analisadas, não possuem patentes com outros coinventores. No geral, as demais sub-redes, que não são apresentadas na visualização, dedicaram-se à invenção de apenas uma patente.