

Inteligência Artificial na Identificação Automatizada de Mudanças de Plantas: prospecção tecnológica e aplicações na agricultura

*Artificial Intelligence in the Automated Identification of Plant Seedlings:
technological prospection and applications in agriculture*

Fernanda Ferreira Alves¹, Marcio Rodrigues Miranda¹, Minelly Azevedo da Silva¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Porto Velho, RO, Brasil

Resumo

A prospecção tecnológica na identificação de mudas de plantas utilizando inteligência artificial revela um cenário dinâmico e promissor, com um aumento significativo no número de patentes registradas, se destacando a China e os Estados Unidos. Com o objetivo de identificar as inovações relacionadas ao desenvolvimento da identificação de mudas, o estudo apresenta uma prospecção tecnológica relacionada com a identificação de mudas, analisando 91 patentes com foco nos anos de aplicação, situação legal e distribuição geográfica dos inventores. Os resultados evidenciaram a ausência do Brasil nesse contexto, o que sugere a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre a viabilidade e os benefícios dessa tecnologia para o setor agrícola no país. Além disso, a colaboração global é fundamental para impulsionar o desenvolvimento responsável dessas tecnologias, com foco na sustentabilidade e na eficiência agrícola. A escassez de patentes registradas no Brasil indica uma lacuna significativa que, se abordada, pode trazer avanços consideráveis ao setor. Portanto, é essencial apresentar evidências sobre os impactos positivos que essa tecnologia pode ter, a fim de incentivar investimentos e políticas de inovação que promovam uma participação mais ativa do Brasil nesse cenário.

Palavras-chave: Inovação; Classificação de imagens; Aprendizado de máquina.

Áreas Tecnológicas: Prospecção Tecnológica. Classificação de Imagens. Aprendizado de Máquina. Sustentabilidade.

Abstract

Technological prospecting in the identification of plant seedlings using artificial intelligence reveals a dynamic and promising scenario, with a significant increase in the number of registered patents, particularly in China and the United States. With the objective of identifying innovations related to the development of seedling identification, the study presents a technological prospect related to seedling identification, analyzing 91 patents focusing on the years of application, legal status and geographic distribution of the inventors. The results highlighted the absence of Brazil in this context, which suggests the need for a more in-depth study on the viability and benefits of this technology for the agricultural sector in the country. Furthermore, global collaboration is key to driving the responsible development of these technologies, with a focus on agricultural sustainability and efficiency. The scarcity of patents registered in Brazil indicates a significant gap that, if addressed, could bring considerable advances to the sector. Therefore, it is essential to present evidence on the positive impacts that this technology can have, in order to encourage investments and innovation policies that promote Brazil's more active participation in this scenario.

Keywords: Innovation; Image classification; Machine learning.

1 Introdução

A Inteligência Artificial (IA) na agricultura tem emergido como uma força transformadora, impactando significativamente a maneira como são cultivados e gerenciados os recursos naturais. Ao longo das últimas décadas, a evolução da IA proporcionou soluções inovadoras, facilitando a identificação e a classificação de mudas de plantas com maior precisão e eficiência. Essa adoção de tecnologias avançadas, como a IA, tem sido guiada pela Prospecção Tecnológica, trata-se de um processo estratégico que, desde os anos 1950, tem auxiliado empresas a identificar tendências tecnológicas e encurtar o tempo entre a criação de novos produtos e sua entrada no mercado (Antunes, 2002).

Na década de 1990, o cenário empresarial experimentou mudanças significativas, impulsionadas pela rápida evolução tecnológica na era da informação. Com essa evolução, os ciclos de desenvolvimento tecnológico se tornaram mais curtos, demandando resultados práticos e ágeis das empresas. Nesse contexto, a busca pela identificação e pela antecipação das inovações tecnológicas dos concorrentes tornou-se vital, uma vez que as informações sobre tecnologias emergentes desempenham um papel crucial na introdução de novos produtos e na otimização dos processos. Essa capacidade de acesso e aplicação ágil de informações tecnológicas é reconhecida como um fator fundamental para manter vantagens competitivas (Porter, 1999; Faria, 2001).

Ao considerar a evolução da Prospecção Tecnológica desde suas origens até os desafios atuais, fica evidenciado que, em um cenário de rápida inovação, com interações complexas de mercado e competição econômica intensa, as organizações estão, mais do que nunca, dependentes de informações para direcionar suas estratégias e ações. Nesse contexto, o avanço na pesquisa sobre a identificação de mudas e a aplicação de inteligência artificial na agricultura destaca-se como um exemplo significativo da importância de as empresas adquirirem, processarem e aplicarem conhecimentos relevantes. Essas inovações demonstram como a capacidade de integrar tecnologias avançadas pode não apenas melhorar a eficiência e a precisão na gestão de plantas, mas também garantir a sobrevivência e o progresso das empresas em um ambiente competitivo e em constante evolução (Retournay, 1995).

Com a crescente evolução das tecnologias, especialmente a IA, surgem oportunidades e desafios para diversos setores, incluindo a agricultura. Pesquisas recentes têm explorado o uso de algoritmos de aprendizado de máquina e visão computacional para melhorar a identificação e a classificação de mudas de plantas, demonstrando resultados promissores (Santos *et al.*, 2017; Grego *et al.*, 2020). No entanto, para que essas tecnologias

sejam amplamente aplicáveis e integradas de forma eficaz, é imprescindível considerar tanto os aspectos técnicos quanto os impactos sociais e ambientais (Grego *et al.*, 2020). Nesse sentido, a Prospecção Tecnológica continua desempenhando um papel essencial, orientando o desenvolvimento e a aplicação de novas soluções tecnológicas de forma sustentável e inclusiva.

Uma análise abrangente das pesquisas existentes revela uma diversidade de abordagens, desde o uso de algoritmos de aprendizado de máquina até técnicas avançadas de visão computacional, destinadas a identificar e a classificar diferentes espécies de plantas e suas mudas com alta precisão e velocidade (Campos, 2024; Fonseca *et al.*, 2002). No entanto, enquanto muitos estudos demonstram promissoras aplicações dessas tecnologias na agricultura, persistem lacunas de conhecimento a serem preenchidas, especialmente no que diz respeito à adaptação desses sistemas a diferentes condições ambientais e à integração com outras tecnologias emergentes (Rodriguez-Galiano; Chica-Olmo; Chica-Rivas, 2014; Han; Kamber; Pei, 2011).

Analisando as oportunidades e os desafios nesse campo, destaca-se a necessidade de uma abordagem multidisciplinar e colaborativa para impulsionar o progresso (Leme, 2021). Enquanto a IA oferece ferramentas importantes para a identificação de mudas, é essencial considerar não apenas os aspectos técnicos, mas também os impactos sociais, ambientais e éticos de sua implementação generalizada principalmente na área da agricultura (Brasil, 2018). Questões como a privacidade dos usuários, a segurança alimentar, a acessibilidade equitativa à tecnologia e os efeitos sobre o meio ambiente devem ser devidamente consideradas. Nesse sentido, uma prospecção tecnológica abrangente pode contribuir não apenas para mapear as tendências e os avanços científicos, mas também abordar essas questões mais amplas, garantindo que o desenvolvimento tecnológico na agricultura seja sustentável, inclusivo e socialmente responsável.

A IA desempenha um papel crucial, especialmente na área da identificação de mudas de plantas (Leme, 2021). Exemplos importantes podem ser identificados na agricultura e na silvicultura. Essas áreas têm buscado cada vez mais soluções tecnológicas para otimizar processos e aumentar a eficiência na produção de alimentos e na gestão de recursos naturais (Vieira Filho; Silveira, 2012). Outro aspecto relevante é a integração de tecnologias como drones e dispositivos móveis na coleta de imagens em grandes áreas, possibilitando o monitoramento remoto de plantações e áreas florestais (Albeaino; Gheisari; Franz, 2019). Isso não só agiliza o processo de identificação, mas também permite uma gestão mais eficiente dos recursos naturais e uma tomada de decisão mais informada.

A aplicação de técnicas de IA, como o aprendizado de máquina e a visão computacional, tem permitido o

desenvolvimento de sistemas capazes de identificar e de classificar diferentes espécies de plantas e suas respectivas mudas com alta precisão e velocidade (Britannica, 2024; Szeliski, 2010). Esses sistemas podem analisar imagens das mudas em diversas condições ambientais e fornecer informações valiosas para agricultores, florestadores e pesquisadores (Leme, 2021).

No entanto, diante do dinamismo do cenário tecnológico, é fundamental que as empresas e as instituições que desenvolvem essas soluções estejam atentas às últimas tendências e aos avanços em IA e em visão computacional (Boeck, 2019). Assim, dada a importância econômica e ambiental do tema, identifica-se a necessidade de um estudo de prospecção tecnológica de aplicativos de identificação de imagens que possibilitem antecipar mudanças no mercado e manter a competitividade no setor de identificação de mudas de plantas.

2 Metodologia

Para conduzir o estudo de prospecção tecnológica de aplicativos de identificação de imagens, adotou-se uma abordagem de mapeamento tecnológico baseada em análise de patentes, utilizando a base de dados do European Patent Office (EPO) como fonte primária de informações. Essa escolha foi fundamentada na abrangência e na qualidade dos dados disponíveis, bem como na reputação do EPO como uma fonte confiável de informações patentárias.

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura, avaliou-se o setor de interesse para identificar palavras-chave em inglês relevantes para o campo de identificação de imagens utilizando IA. Essas palavras-chave foram

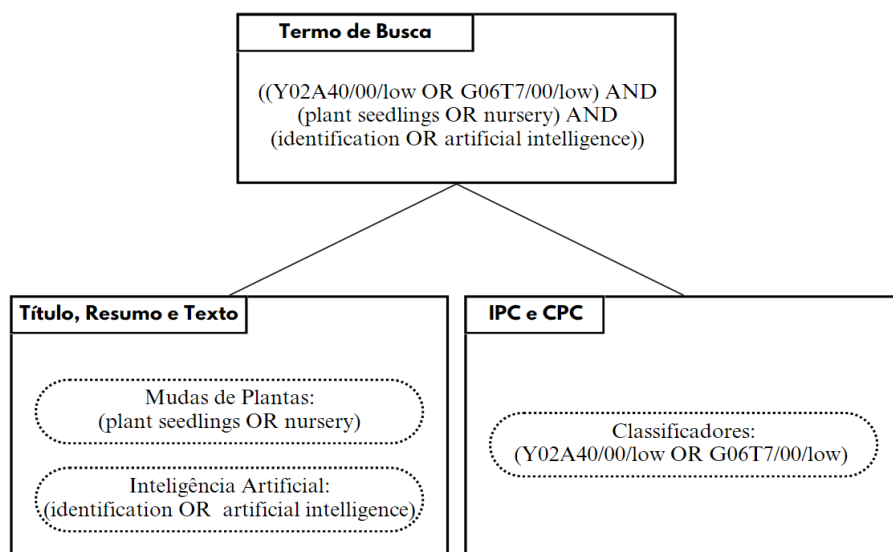
selecionadas com base em sua representatividade e abrangência em relação ao tema de pesquisa. Também foram definidos para a busca os classificadores de patente, International Patent Classification (IPCs) e Cooperative Patent Classification (CPCs), para direcionar o levantamento às tecnologias específicas dentro desse domínio.

Foram utilizados operadores booleanos “AND” e “OR” a fim de refinar a busca. Foram realizadas combinações de palavras-chave e os classificadores de patente de maneira a equilibrar sensibilidade e especificidade. Essa abordagem permitiu direcionar a pesquisa para patentes relevantes que abordassem tanto a identificação de imagens quanto a inteligência artificial, filtrando os resultados de acordo com critérios específicos.

Os campos de título, resumo e reivindicações das patentes foram selecionados como os principais locais de pesquisa, dada sua importância na descrição e na especificação das tecnologias patenteadas. Além disso, os classificadores de patentes foram incluídos como um componente crucial da busca, permitindo direcionar o escopo de pesquisa para áreas específicas dentro do campo de identificação de imagens, como ilustrado na Figura 1, na qual é apresentado como foi estabelecido o critério de busca.

A pesquisa foi conduzida analisando um espectro temporal, desde a primeira patente depositada em 1998 até o momento atual. Essa abordagem permitiu não apenas identificar as tecnologias mais recentes, mas também traçar a evolução das tecnologias de identificação de imagens ao longo do tempo, fornecendo *insights* importantes para a inovação e perspectivas.

Figura 1 – Critério de busca



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo a partir da plataforma Espacenet (2024)

3 Resultados e Discussão

A pesquisa realizada revelou um total de 91 patentes, todas consideradas na análise, baseadas na avaliação dos seus títulos e nos resumos. Durante o estudo das patentes, observou-se um aumento progressivo nas solicitações ao longo dos anos de aplicação, resultando no pico em 2021, com o registro de 17 patentes, conforme demonstrado no Gráfico 1. Esse aumento no número de patentes registradas sugere um crescente interesse na inovação e nos avanços tecnológicos, especialmente na aplicação de inteligência artificial para a identificação de mudas de plantas.

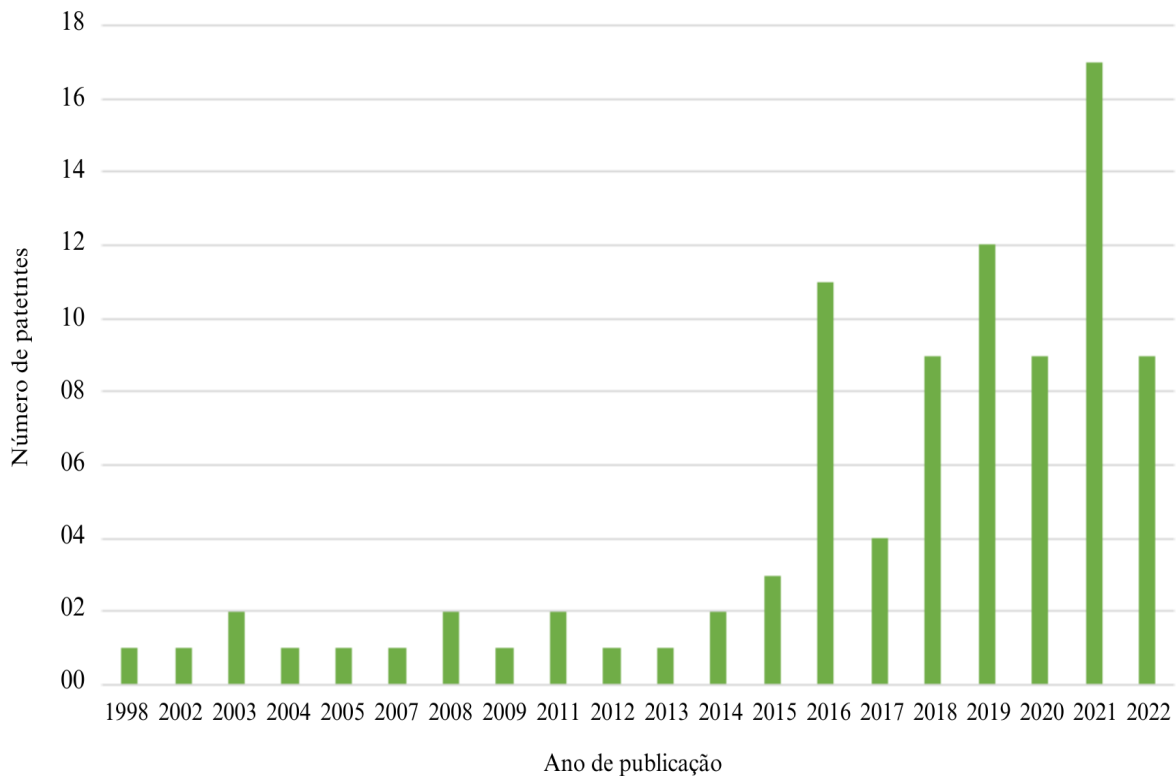
Além do aumento significativo, as patentes analisadas incorporam uma variedade de tecnologias e algoritmos inovadores. Muitas utilizam redes neurais convolucionais (CNNs), que se mostraram eficazes em tarefas de visão computacional, permitindo uma análise mais precisa das imagens de mudas (Osco *et al.*, 2020). Soluções

práticas incluem sistemas que utilizam sensores remotos e drones para capturar dados em tempo real, otimizando a identificação e o monitoramento das plantas (Santos, 2014). Essa diversidade técnica não apenas ressalta o potencial das tecnologias, mas também a competição acirrada no setor, evidenciando que as empresas estão buscando destaque e espaço no mercado por meio da inovação (Bruno-Faria; Fonseca, 2014).

Caso essa tendência persista, é provável que mais progressos tecnológicos ocorram. No entanto, é importante levar em consideração fatores externos como, políticas governamentais, condições de mercado e preocupações ambientais que têm impacto na direção e na velocidade da inovação tecnológica.

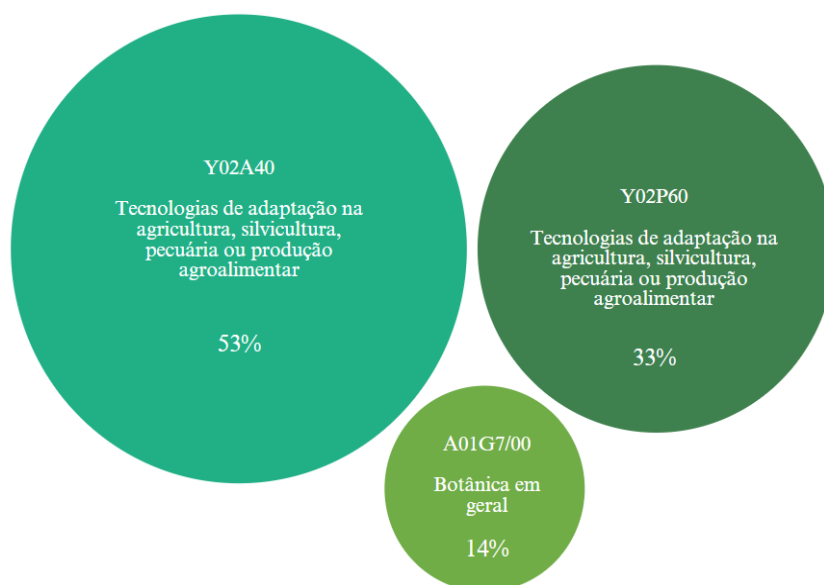
IPCs e CPCs são cruciais para se compreender as áreas técnicas específicas abordadas pelas patentes relacionadas à identificação de mudas de plantas com o uso de inteligência artificial, ilustrado na Figura 2.

Gráfico 1 – Patentes depositadas por ano



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir da plataforma Espacenet (2024)

Figura 2 – Áreas técnicas específicas



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo a partir da plataforma Espacenet (2024)

Foram identificados os documentos mais recorrentes, sendo a classificação Y02A40, referente à adaptação na agricultura, silvicultura, pecuária ou produção agroalimentar, a mais predominante. Nesse caso, as patentes podem abordar métodos ou sistemas específicos para otimizar a identificação de mudas de plantas, considerando fatores como condições climáticas, disponibilidade de recursos e práticas agrícolas sustentáveis. Isso engloba desde técnicas de sensoriamento remoto e monitoramento de campo em tempo real e análise de dados para aprimorar a precisão e eficiência da identificação. Ao examinar essas patentes relacionadas às tecnologias de adaptação na agricultura, silvicultura, pecuária ou produção agroalimentar, observou-se uma variedade de outros temas importantes sendo abordados.

Em seguida, destaca-se o código Y02P60, que se refere às tecnologias relativas à agricultura, pecuária ou indústrias agroalimentares, as patentes podem focar em aspectos específicos da cadeia de produção agrícola, desde a seleção de sementes e mudas até o manejo pós-colheita. Nesse contexto, a identificação de mudas de plantas com inteligência artificial pode promover práticas agrícolas mais sustentáveis ao melhorar a precisão na seleção das mudas, o que permite escolher as mais adequadas para as condições ambientais e os objetivos de cultivo. Isso reduz o desperdício de recursos, como água e fertilizantes, e evita o plantio de mudas inadequadas. Além disso, a IA permite um uso mais eficiente dos recursos ao ajustar a quantidade de água e nutrientes conforme as necessidades específicas das plantas, além de possibilitar um monitoramento em

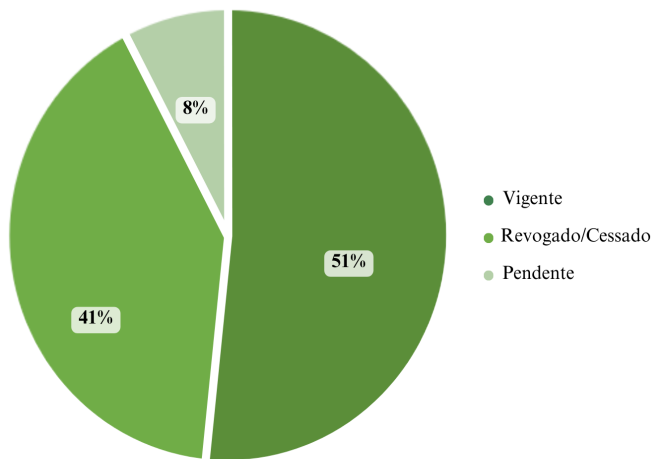
tempo real que identifica problemas rapidamente e reduz a necessidade de tratamentos generalizados. Com isso, a tecnologia contribui para uma gestão mais sustentável dos recursos naturais, reduzindo o impacto ambiental e promovendo práticas agrícolas que preservam a saúde do solo e da água (Leme, 2021).

Quanto ao código A01G7, botânica em geral, as patentes podem abordar aspectos específicos da ciência botânica relacionados à identificação de mudas de plantas, como características morfológicas, fisiológicas e genéticas. A aplicação de inteligência artificial nesse contexto pode permitir uma análise mais rápida e precisa de características das mudas, facilitando a seleção e a classificação de variedades de plantas com base em critérios específicos de interesse agrônomo ou ambiental.

Ao considerar IPCs e CPCs mais recorrentes nas patentes relacionadas à identificação de mudas de plantas com o uso de inteligência artificial, é possível observar uma variedade de abordagens técnicas e científicas que visam a melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a produtividade na agricultura e silvicultura modernas. Essas patentes representam contribuições significativas para o avanço da ciência e tecnologia no campo da agricultura de precisão e manejo sustentável dos recursos naturais.

A análise dos documentos revelou um cenário dinâmico e em constante evolução dentro do campo da identificação de mudas de plantas por meio de inteligência artificial conforme mostra o Gráfico 2, pois fornece *insights* sobre o estado atual e a estabilidade das invenções.

Gráfico 2 – Situação Legal das patentes



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir da plataforma Espacenet (2024)

Com um percentual de 51% das patentes ainda em vigência, há reconhecimento sólido das inovações e sua validade legal, indicando um compromisso contínuo com o desenvolvimento e a proteção dessas tecnologias. No entanto, 41% de patentes revogadas ou cessadas destacam a importância de uma avaliação mais rigorosa durante o processo de concessão de patentes, sugerindo desafios legais ou técnicos enfrentados por algumas invenções. O quantitativo de patentes pendentes (8%) indica um interesse contínuo em inovações e potencial para o crescimento do número de patentes concedidas, apontando para áreas de pesquisa e desenvolvimento em evolução dentro do campo da identificação de mudas de plantas. Esses dados refletem a complexidade e a vitalidade do setor, incentivando uma abordagem cuidadosa e proativa para impulsionar a inovação e maximizar os benefícios dessas tecnologias.

Apesar disso, é crucial considerar os desafios e os aspectos negativos da implementação de tecnologias de inteligência artificial na identificação de mudas de plantas. Os principais obstáculos incluem a qualidade e a disponibilidade dos dados de treinamento, a variabilidade ambiental e a complexidade morfológica das plantas, além da resistência dos agricultores em adotar novas metodologias (Leme, 2021). Questões éticas, como privacidade de dados e equidade no acesso, também demandam atenção.

Diante desses desafios, é fundamental propor soluções que incentivem a colaboração internacional (ONU, 2024). Plataformas de compartilhamento de dados, programas de intercâmbio entre pesquisadores e agricultores e políticas públicas que apoiem pesquisas conjuntas e *startups*

inovadoras são essenciais para garantir um desenvolvimento responsável e sustentável dessas tecnologias, beneficiando todos os envolvidos (Packer; Santos, 2019).

Por outro lado, apesar dessas perspectivas positivas, é importante considerar o número significativo de patentes revogadas ou cessadas, assim destaca-se a importância de uma análise cuidadosa durante o processo de solicitação e de concessão de patentes. Isso sugere que algumas invenções podem ter enfrentado desafios legais ou técnicos que causaram a sua invalidação, destacando a necessidade de garantir que as inovações atendam aos requisitos legais e técnicos necessários para obter proteção legal.

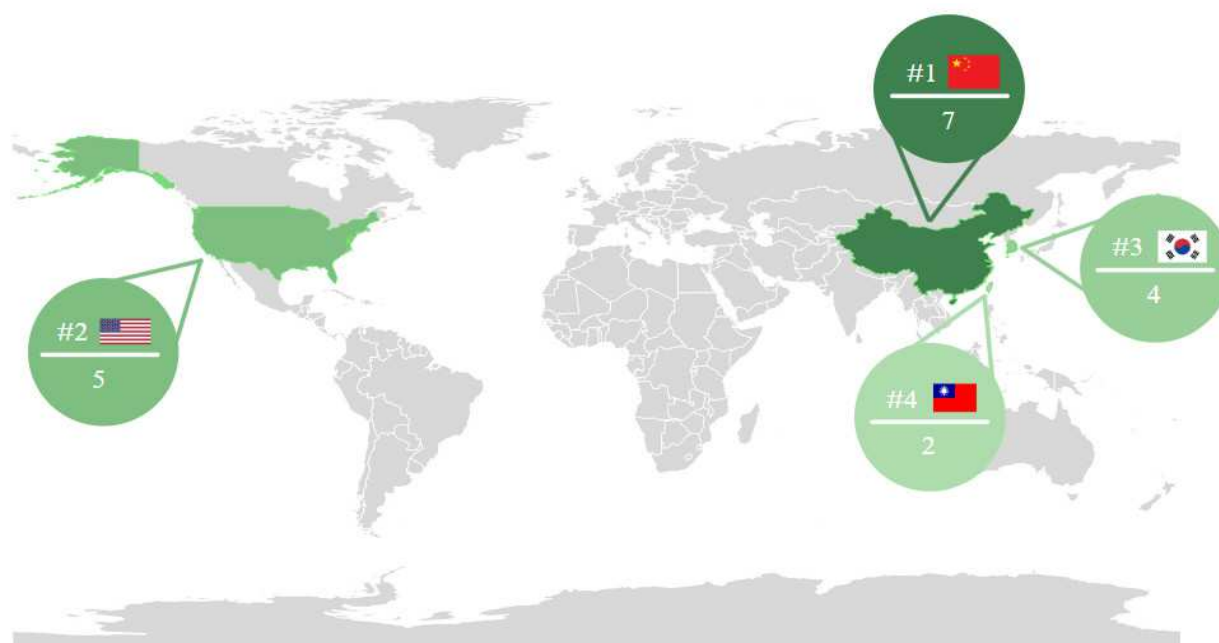
Os dados demográficos dos inventores (Figura 3) revelam uma distribuição diversificada, com China, Estados Unidos, Coreia do Sul e Taiwan destacando-se como os principais países de origem dos depósitos. Essa diversidade indica um interesse global na aplicação de inteligência artificial na identificação de mudas de plantas, com diferentes regiões contribuindo para o avanço tecnológico nesse campo.

A China se destaca como nação líder na identificação de imagens de mudas utilizando a inteligência artificial, o que reflete seu notável envolvimento e proeminência nesse campo específico, sendo assim, esse destaque pode ser atribuído ao compromisso persistente do país com a inovação e o progresso tecnológico (Arbix *et al.*, 2018). A China tem se estabelecido como uma potência global em termos de depósitos de patentes, o que pode explicar sua posição de liderança nessa área (Suttmeier, 2018).

Também é importante considerar as principais empresas e/ou instituições que estão liderando a inovação nesse campo. Os principais requerentes de patentes são a Shanghai Agrobiological Gene Center e a Universidade de Nanjing Forestry, cada uma com três documentos patenteados, seguidos por indivíduos como Ascenzi Robert e Davis Keith e instituições como o Crop Science Research Institute da Academia de Ciências Agrícolas de Shanxi, cada um com dois documentos. Dessa forma, destacam-se não apenas a diversidade geográfica, mas também a variedade de atores envolvidos no desenvolvimento de tecnologias de identificação de mudas de plantas baseadas em inteligência artificial. Esses dados fornecem *insights* adicionais sobre as tendências do mercado e as direções futuras da pesquisa e do desenvolvimento nesse campo.

Ademais, é essencial considerar como essas tecnologias estão sendo aplicadas na prática e quais os impactos potenciais para o setor agrícola e florestal. Por exemplo, sistemas de identificação de mudas baseados em IA podem aumentar a eficiência da produção agrícola, reduzir o desperdício e contribuir para práticas mais sustentáveis de manejo de recursos naturais (Leme, 2021).

Figura 3 – Distribuição geográfica das famílias de patentes



Fonte: Elaborada pelos autores utilizando dados da plataforma Espacenet (2024)

No entanto, é importante reconhecer os desafios e as limitações associados a essas tecnologias. Isso inclui questões como a qualidade e a disponibilidade dos dados de treinamento, a interpretação correta das imagens em diferentes condições ambientais e a integração eficaz desses sistemas com as práticas agrícolas existentes (Quaresma, 2023).

Considerando o contexto global, é fundamental abordar questões relacionadas à ética e à responsabilidade no desenvolvimento e no uso de sistemas de IA na agricultura. Isso inclui preocupações sobre a privacidade de dados, a equidade no acesso à tecnologia e os impactos sociais e econômicos da automação no setor agrícola (Brasil, 2018).

A prospecção tecnológica da identificação de mudas de plantas com o uso de inteligência artificial destaca o potencial significativo da inteligência artificial na identificação de mudas de plantas e sua crescente importância para a agricultura e silvicultura modernas. No entanto, é crucial continuar monitorando de perto as tendências e os avanços nesse campo, bem como abordar os desafios e as questões éticas associadas ao seu desenvolvimento e implementação. A colaboração entre empresas, instituições de pesquisa, governos e comunidades locais será fundamental para maximizar os benefícios dessas tecnologias e mitigar seus possíveis impactos negativos (Brasil, 2016).

Esta pesquisa revela um cenário dinâmico e promissor no campo da identificação de mudas de plantas utilizando IA. Por fim, a colaboração entre diversos atores,

incluindo empresas, instituições de pesquisa, governos e comunidades locais, é fundamental para maximizar os benefícios dessas tecnologias e enfrentar os desafios emergentes no caminho rumo a uma agricultura mais eficiente, sustentável e ética.

A constante evolução das tecnologias de identificação de mudas de plantas por meio de inteligência artificial representa um marco na agricultura moderna, proporcionando uma abordagem mais precisa e eficiente para o manejo de cultivos e recursos naturais (Massruhá *et al.*, 2020; Leite *et al.*, 2022). Essas inovações não apenas aumentam a produtividade, mas também promovem a sustentabilidade ambiental ao permitirem práticas agrícolas mais responsáveis e adaptadas às necessidades específicas de cada região (Oliveira; Silva, 2023).

No entanto, o sucesso dessas tecnologias depende não apenas da sua eficácia técnica, mas também da sua integração harmoniosa com as práticas agrícolas existentes e das políticas regulatórias que as cercam. Questões como a interoperabilidade entre sistemas, a segurança dos dados e a transparência no uso da inteligência artificial são aspectos cruciais a serem considerados para garantir que essas inovações beneficiem tanto os produtores quanto o meio ambiente (Brasil, 2018; Arbix, 2020).

O avanço contínuo da inteligência artificial na identificação de mudas de plantas abre portas para novas aplicações e descobertas no campo da biotecnologia e do melhoramento genético. A capacidade de analisar e de classificar rapidamente as características das plantas pode

acelerar o desenvolvimento de variedades mais resistentes a doenças, mais adaptadas às mudanças climáticas e com maior potencial nutricional (Leme, 2021).

Outro aspecto importante a se considerar é o papel da educação e a capacitação na adoção bem-sucedida dessas tecnologias (Ferrari *et al.*, 2023). Os agricultores e profissionais do setor precisam estar preparados para utilizar as ferramentas de IA de forma eficaz e ética, garantindo que os benefícios sejam maximizados e os riscos minimizados.

No âmbito internacional, é crucial promover a colaboração e o intercâmbio de conhecimentos entre países e instituições, visando o desenvolvimento conjunto de soluções inovadoras para os desafios globais da agricultura. A cooperação em pesquisa e desenvolvimento pode acelerar o progresso tecnológico e facilitar a disseminação de melhores práticas em todo o mundo (Brasil, 2023).

Ao mesmo tempo, é essencial garantir que as comunidades locais sejam envolvidas e consultadas no processo de implementação dessas tecnologias, respeitando seus conhecimentos tradicionais e as necessidades específicas (Marchiori; Stela, 2022). Uma abordagem inclusiva e participativa é fundamental para garantir que a IA na agricultura beneficie a todos, promovendo o desenvolvimento sustentável e a justiça social.

A análise dos dados demográficos dos inventores (Figura 3) também revela oportunidades para promover a diversidade e a equidade no campo da inovação tecnológica. Iniciativas que incentivam a participação de grupos sub-representados, como mulheres e minorias étnicas, podem enriquecer o cenário da pesquisa e desenvolvimento, trazendo perspectivas únicas e soluções mais abrangentes.

A conscientização pública sobre os benefícios e desafios associados à IA na agricultura desempenha um papel crucial na aceitação e adoção dessas tecnologias. Embora programas educacionais e campanhas de sensibilização possam ajudar a dissipar mitos e equívocos sobre a inteligência artificial, promovendo um diálogo informativo e construtivo entre todos os interessados, é importante ter cautela ao relacionar IA com educação. Nem sempre a tecnologia resulta na produtividade esperada, e sua implementação pode enfrentar desafios que requerem reflexão crítica e abordagem cuidadosa.

No contexto empresarial, o investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de IA para a agricultura é fundamental para manter a competitividade e impulsionar a inovação. As empresas que lideram nesse campo têm a oportunidade não apenas de obter vantagens econômicas, mas também de contribuir para o avanço da ciência e o bem-estar global (Kant *et al.*, 2021).

A prospecção tecnológica da identificação de mudas de plantas com o uso de inteligência artificial oferece uma

visão otimista do futuro da agricultura, com potencial para transformar radicalmente a forma como são produzidos alimentos e como se cuida do meio ambiente. No entanto, para alcançar esse potencial plenamente, é necessário um compromisso contínuo com a pesquisa, a colaboração e a responsabilidade ética em todas as etapas do processo.

4 Considerações Finais

O estudo revelou um cenário dinâmico e promissor para a identificação de mudas de plantas utilizando a IA. O aumento significativo no número de patentes registradas ao longo dos últimos 26 anos reflete um crescente interesse e investimento na inovação tecnológica no setor agrícola e florestal. Esse crescimento demonstra não apenas um interesse crescente, mas também investimentos consideráveis na inovação tecnológica relacionada à agricultura e à silvicultura, evidenciando a competição acirrada e o compromisso contínuo com o avanço dessas tecnologias. No entanto, a ausência do Brasil nesse contexto mostra a necessidade urgente de o país intensificar seus esforços em pesquisa, desenvolvimento e inovação nessa área.

Enquanto a pesquisa aponta para uma diversidade geográfica dos inventores e a participação de várias empresas e instituições em todo o mundo, nota-se a ausência do Brasil nesse cenário de inovação tecnológica. O país, com sua vasta extensão territorial e riqueza em recursos naturais, apresenta um potencial significativo para contribuir e se beneficiar desses avanços na área da agricultura de precisão. A falta de presença do Brasil nesse contexto pode ser atribuída a diversos fatores, como a insuficiência de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, a infraestrutura limitada para suportar iniciativas tecnológicas avançadas e a ausência de políticas públicas que incentivem a inovação no setor agrícola. Essa lacuna representa não apenas uma oportunidade perdida para o país em termos de desenvolvimento tecnológico e econômico, mas também um desafio para garantir a competitividade no mercado global.

Além disso, é fundamental que o Brasil aproveite seu vasto conhecimento e experiência em agricultura e silvicultura para contribuir ativamente para o avanço dessas tecnologias, buscando colaborações internacionais e promovendo o intercâmbio de conhecimentos e melhores práticas, que são cruciais para um desenvolvimento eficaz. O país conta com um Plano Agrícola e Pecuário 2022-2023 com foco em estruturar as políticas de agricultura, fomentar a agricultura familiar, estabelecer programas que facilitem o crédito para produtos, além de alertar os riscos da atividade pecuária (MAPA, 2022).

A análise de IPCs e CPCs mais recorrentes nas patentes oferece *insights* importantes sobre as áreas técnicas

específicas abordadas, demonstrando o potencial dessas tecnologias para não apenas otimizar a produção agrícola, mas também promover a sustentabilidade e impulsionar o avanço científico. No entanto, é importante reconhecer os desafios e as questões éticas associadas ao desenvolvimento e à implementação dessas tecnologias, garantindo que elas atendam não apenas aos requisitos legais e técnicos, mas também aos princípios éticos e às necessidades sociais e ambientais.

A colaboração entre diversos atores, incluindo empresas, instituições de pesquisa, governos e comunidades locais, será fundamental para maximizar os benefícios dessas tecnologias e enfrentar os desafios emergentes no caminho rumo a uma agricultura mais eficiente, sustentável e ética. É essencial que os países, incluindo o Brasil, reconheçam a importância estratégica da inovação tecnológica na agricultura e adotem políticas e investimentos que promovam o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias como a inteligência artificial na identificação de mudas de plantas.

Dessa forma, a prospecção tecnológica da identificação de mudas de plantas com o uso de inteligência artificial destaca não apenas o potencial dessas tecnologias para revolucionar a agricultura e a silvicultura, mas também a necessidade de uma abordagem colaborativa e ética que garanta que esses avanços beneficiem a sociedade como um todo. O Brasil, assim como outros países, tem a oportunidade de se posicionar como um líder no desenvolvimento e aplicação de tecnologias inovadoras na agricultura, contribuindo de forma decisiva para um futuro mais sustentável e próspero.

5 Perspectivas Futuras

À medida que se avança, a interseção entre tecnologia e agricultura assume um papel cada vez mais central na busca por soluções que garantam a segurança alimentar global, promovam a sustentabilidade ambiental e impulsionem a eficiência na produção agrícola. No contexto dessa evolução, a identificação de mudas de plantas por meio de IA emerge como uma área de crescente relevância e promessa. Uma trajetória de contínuo avanço e inovação, impulsionada pela convergência de diversas áreas de conhecimento, como ciência da computação, agronomia, biologia e engenharia.

À medida que os algoritmos de IA se tornam mais sofisticados e os dados disponíveis se tornam mais abundantes, espera-se que os sistemas de identificação de mudas alcancem níveis inéditos de precisão e de eficiência. Além disso, a integração de técnicas de aprendizado de máquina e redes neurais profundas permitirá uma análise mais refinada das características das plantas, melhorando ainda mais a precisão na identificação.

Uma das principais tendências é a futura integração de tecnologias complementares, como já orientavam Lu e Weng (2007), por exemplo, drones, sensores remotos e dispositivos móveis, para a coleta de dados em larga escala e em tempo real. A implementação de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) também pode permitir uma comunicação mais eficiente entre dispositivos, facilitando a coleta e a análise de dados em tempo real. Isso possibilitará não apenas a identificação precisa de mudas em diferentes condições ambientais, mas também o monitoramento contínuo de plantações e áreas florestais, permitindo uma gestão mais eficiente dos recursos naturais e uma tomada de decisão mais informada.

Outra perspectiva interessante é o potencial da IA para impulsionar práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes. A capacidade de identificar e de classificar mudas de forma precisa e rápida pode facilitar a seleção de variedades mais adaptadas a diferentes condições ambientais, reduzindo, assim, o uso de produtos químicos e o desperdício de recursos naturais. Além disso, o uso de modelos preditivos baseados em IA pode ajudar os agricultores a anteciparem problemas como pragas e doenças, permitindo intervenções mais eficazes e oportunas.

Com essas oportunidades, também surgem desafios e questões éticas que precisam ser abordadas. A garantia da qualidade e a disponibilidade de dados, a interpretação correta das imagens em diferentes contextos e a equidade no acesso à tecnologia são apenas alguns dos aspectos que demandam atenção cuidadosa. Para isso, é fundamental promover parcerias entre os setores público e privado, além de iniciativas de capacitação que garantam que pequenos agricultores também tenham acesso a essas inovações.

Agradecimentos

Os autores deste artigo agradecem ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência Tecnológica para Inovação (Profnit, IFRO) – Zona Norte, pelo auxílio financeiro do Edital n. 53/2023/PVZN (Subsídio a Projetos de Pesquisa no Mestrado Profnit) – Edital de Pesquisa.

Referências

ALBEAINO, Giles; GHEISARI, Masoud; FRANZ, Bryan W. A systematic review of unmanned aerial vehicle application areas and technologies in the AEC domain. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, [s.l.], v. 24, p. 381-405, 2019. Disponível em: https://itcon.org/papers/2019_20-ITcon-Albeaino.pdf. Acesso em: 23 fev. 2024.

ANTUNES, Adelaine Maria de Souza. Metodologia do estudo da trajetória de patenteamento da indústria de elastômeros através da elaboração de uma base de dados (1970-2000). In: WORKSHOP BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA E GESTÃO DO CONHECIMENTO, 3., 2002. **Anais [...]**. São Paulo: KM Brasil, 2002. Acesso em: 20 fev. 2024.

ARBIX, Glauco *et al.* Made in China 2025 and Industrie 4.0: the difficult Chinese transition from catching up to an economy driven by innovation. **Tempo Social**, [s.l.], v. 30, p. 143-170, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ts/a/DgPg3vCJFB9TJFLwGsYLnDK/abstract/?lang=en>. Acesso em: 25 fev. 2024.

ARBIX, Glauco. A Transparência no Centro da Construção de uma IA Ética. **Novos Estudos CEBRAP**, [s.l.], v. 39, p. 395-413, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/pD9k5gtHpXwsgFcsMC5gbJg/?lang=pt>. Acesso em: 28 fev. 2024.

BOECK, Jones Augusto. A prospecção tecnológica como estratégia competitiva para inovarmos. **Neitzke Consultoria**, 2 fev. 2019. Disponível em: <https://neitzkeconsultoria.com/prospeccao-tecnologica/>. Acesso em: 23 fev. 2024.

BRASIL. Lei n. 13.243, de 11 de janeiro de 2016. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p. 1-3, 12 de janeiro de 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm. Acesso em: 26 fev. 2024.

BRASIL. Lei n. 13.709, de 14 de agosto de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p. 1, 15 de agosto de 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm. Acesso em: 22 fev. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Guia de orientação para acordos de parceria para pesquisa, desenvolvimento e inovação**: termos do marco legal de ciência, tecnologia e inovação. Brasília, DF: MCTI, 2023. Disponível em: https://repositorio.mcti.gov.br/bitstream/mctic/5255/3/2023_guia_orientacao_acordos_parceria_pesquisa_desenvolvimento_inovacao_termos_marco_legal_ciencia_tecnologia_inovacao.pdf. Acesso em: 22 fev. 2024.

BRITANNICA, T. **Editors of Encyclopaedia “computer vision”**. Encyclopedia Britannica, August 6, 2024. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/computer-vision>. Acesso em: 1º mar. 2024.

BRUNO-FARIA, Maria de Fátima; FONSECA, Marcus Vinicius de Araújo. Cultura de inovação: conceitos e modelos teóricos. **Revista de Administração Contemporânea**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 372-396, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/QbZdzddgZPJdy3sPmZWm3n/>. Acesso em: 23 fev. 2024.

CAMPOS, Fernando. O desafio é viabilizar a gestão de mudas a quaisquer viveiros florestais. **Viveiro web**, 2024. Disponível em: <http://viveiroweb.com.br/#produto>. Acesso em: 21 fev. 2024.

FARIA, Leandro Innocentini Lopes de. **Prospecção Tecnológica em Materiais**: aumento da eficiência do tratamento bibliométrico – aplicação na análise de tratamentos de superfície resistentes ao desgaste. 2001. 213p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/644/TeseLILF.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FERRARI, Renata Fermينو *et al.* O Impacto Das Tecnologias Digitais no Processo de Ensino Aprendizagem. **Revista Ilustração**, [s.l.], v. 4, n. 6, p. 21-27, 2023. DOI: 10.46550/ilustracao.v4i6.215. Disponível em: <https://journal.editorailustracao.com.br/index.php/ilustracao/article/view/215>. Acesso em: 28 fev. 2024.

FONSECA, Ésio de Pádua *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, [s.l.], v. 26, p. 515-523, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400015>. Acesso em: 21 fev. 2024.

GREGO, Célia Regina *et al.* Tecnologias desenvolvidas em Agricultura de Precisão. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S. *et al.* (ed.). **Agricultura digital**: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 166-191. ISBN 978-65-86056-37-2. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126562>. Acesso em: 21 fev. 2024.

HAN, Jiawei; KAMBER, Micheline; PEI, Jian; **Data mining**: concepts and techniques. 3. ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2011. Disponível em: <https://myweb.sabanciuniv.edu/rdehkharghani/files/2016/02/The-Morgan-Kaufmann-Series-in-Data-Management-Systems-Jiawei-Han-Micheline-Kamber-Jian-Pei-Data-Mining-Concepts-and-Techniques-3rd-Edition-Morgan-Kaufmann-2011.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2024.

KANT, Amitabh *et al.* Artificial Intelligence for Agriculture Innovation. **Community Paper March**, [s.l.], 2021. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Artificial_Intelligence_for_Agriculture_Innovation_2021.pdf. Acesso em: 28 fev. 2024.

LEITE, Maria Angelica de Andrade *et al.* Avanços no uso das tecnologias no processo de transformação digital no meio rural. **Plataforma Visão de futuro do Agro**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/80209220/Avan%C3%A7os+no+uso+das+tecnologias+no+processo+de+transforma%C3%A7%C3%A3o+digital+no+meio+rural+-+mega+3.pdf/78e33c01-4924-c1ee-f62e-23d9de868794>. Acesso em: 26 fev. 2024.

LEME, Mateus de Campos. **Inteligência artificial utilizada na identificação de espécies e prognóstico visual de mudas florestais**. 2021. 50p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Botucatu, 2021. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_71b3a2892caadd54369a6bb831171b82. Acesso em: 22 fev. 2024.

LU, D.; WENG, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. **International Journal of Remote Sensing**, [s.l.], v. 28, n. 5, p. 823-870, 2007. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01431160600746456?needAccess=true>. Acesso em: 1º mar. 2024.

MARCHIORI, Brenda; STELLA, Rita. **Pesquisa aponta para a necessidade da participação das comunidades locais na gestão de áreas de preservação**. Por Brenda Marchiori e Rita Stella, **Jornal da USP**, 2022. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/biodiversidade/noticia/2022/07/18/pesquisa-aponta-para-a-necessidade-da-participacao-das-comunidades-locais-na-gestao-de-areas-de-preservacao.gh.html>. Acesso em: 28 fev. 2024.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira *et al.* **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente**. In: EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agricultura Digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. [S.l.]: Embrapa, 2020. p. 20-45. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126214/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2024.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Agrícola e Pecuário 2022-2023**. Governo Federal do Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/plano-safra/2022-2023/cartilha-plano-safra-2022-2023.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

OLIVEIRA, Silvia Regina Siqueira Loureiro; SILVA, Victor Santos da. Sustentabilidade ambiental e inovação tecnológica: caminhos à ecoinovação. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Paraná, v. 14, n. 1, p. e233, 2023. DOI: 10.7213/revdireconsoc.v14i1.25834. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/direitoeconomico/article/view/25834>. Acesso em: 26 fev. 2024.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2024. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 20 set. 2024.

OSCO, Lucas Prado *et al.* A convolutional neural network approach for counting and geolocating citrus-trees in UAV multispectral imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, [s.l.], v. 160, p. 97-106, 2020. Acesso em: 23 fev. 2024.

PACKER, Abel L.; SANTOS, Solange. Ciência aberta e o novo modus operandi de comunicar pesquisa. **SciELO em Perspectiva**, [s.l.], 2019. Disponível em: <https://blog.scielo.org/blog/2019/08/01/ciencia-aberta-e-o-novo-modus-operandi-de-comunicar-pesquisa-parte-i/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

PORTER, Alan L. Tech Forecasting. **Technological Forecasting and Social Change**, [s.l.], v. 62, p. 19-28, 1999. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/technological-forecasting-and-social-change>. Acesso em: 20 fev. 2024.

QUARESMA, Henry Uliano. O impacto da Inteligência Artificial no Agronegócio. **LinkedIn**, 28 de setembro de 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/o-impacto-da-inteligencia-artificial-agronegocio-uliano-quaresma/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

RETOURNA, Christophe. **Analyse de cas concrets d'innovations dans les PME-PMI : problématiques et discussions**. Marseille: Université de Droit et des Sciences D'Aix Marseille III, 1995. Acesso em: 21 fev. 2024.

RODRIGUEZ-GALIANO, V. F.; CHICA-OLMO, M.; CHICA-RIVAS, M. Predictive modelling of gold potential with the integration of multisource information based on random forest: a case study on the Rodalquilar area, Southern Spain. **International Journal of Geographical Information Science**, [s.l.], v. 28, n. 7, p. 1.336-1.354, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169136815000037>. Acesso em: 21 fev. 2024.

SANTOS, Thiago Teixeira *et al.* Automatic grape bunch detection in vineyards using deep learning. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2017, São Pedro. **Anais [...]**. São Pedro: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169609/1/Automatic-grape-SBIAgro.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2024.

SANTOS, Thiago Teixeira. **Odometria visual com SVO e sua aplicação em reconstrução tridimensional**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2014. 28p. ISSN 1677-9274; 130. Acesso em: 23 fev. 2024.

SUTTMEIER, Richard P. How China Is Trying to Invent the Future as a Science Superpower. **Sign Up for Our Daily Newsletter**, [s.l.], 2018. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/how-china-is-trying-to-invent-the-future-as-a-science-superpower/>. Acesso em: 25 fev. 2024.

SZELISKI, Richard. Computer vision: algorithms and applications. **Springer Science & Business Media**, [s.l.], p. 18, 2010. Acesso em: 1º mar. 2024.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; SILVEIRA, José Maria Ferreira Jardim da. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de economia e Sociologia Rural**, [s.l.], v. 50, p. 721-742, 2012. Acesso em: 23 fev. 2024.

Sobre os Autores

Fernanda Ferreira Alves

E-mail: fernandafalv3s@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5662-2968>

Bacharel em Sistemas de Informação pela Faculdade Sapiens em 2022.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Instituto Federal de Rondônia, Porto Velho, Calama, Avenida Calama, n. 4.985, Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho, RO. CEP: 76820-441.

Marcio Rodrigues Miranda

E-mail: marcio.miranda@ifro.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4111-9879>

Doutor em Ciências Biológicas (Biofísica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2005.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Instituto Federal de Rondônia, Porto Velho, Calama, Avenida Calama, n. 4.985, Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho, RO. CEP: 76820-441.

Minelly Azevedo da Silva

E-mail: minelly.silva@ifro.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6052-6341>

Doutora em Biologia Experimental pela UNIR em 2021.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Instituto Federal de Rondônia, Porto Velho, Calama, Avenida Calama, n. 4.985, Flodoaldo Pontes Pinto, Porto Velho, RO. CEP: 76820-441.