REVISTA
INTERDISCIPLINAR DE
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
ISSN 3086-7401

RIDES

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DIGITALIZAÇÃO DA METODOLOGIA MADERUS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE A FERRAMENTA ABERTA PARA O DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

Artificial intelligence and digitalization of the MADERUS methodology: a bibliometric review on the open tool for sustainable rural development

Luciano dos Santos Müller[1] Cleiton Rodrigo Hansel[2] Nardel Luiz Soares da Silva[3]
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil
E-mails: luciano.muller@unioeste.br[1]; cleiton.hansel@unioeste.br[2]; nardel.silva@unioeste.br[3]

Como citar: MÜLLER, Luciano dos Santos; HANSEL, Cleiton Rodrigo; SILVA, Nardel Luiz Soares da. Inteligência artificial e digitalização da metodologia MADERUS: uma revisão bibliométrica sobre a ferramenta aberta para o desenvolvimento rural sustentável. **Revista Interdisciplinar de Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], [s.d.]. DOI: 10.48075/pva7gx49. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/rides/article/view/38266. Acesso em: 8 set. 2026.

Resumo: A agricultura familiar enfrenta desafios persistentes de acesso a ferramentas de avaliação de sustentabilidade que sejam ao mesmo tempo cientificamente robustas e operacionalmente acessíveis. A Metodologia de Avaliação do Desenvolvimento Rural Sustentável (MADERUS), proposta por Hein (2019) no âmbito do PPGDRS/UNIOESTE, representa um instrumento multidimensional consolidado nesse campo, mas sua aplicação permanece predominantemente manual, limitando sua acessibilidade e difusão. Este artigo apresenta uma revisão bibliométrica com análise de conteúdo sobre a produção científica relacionada à MADERUS, à digitalização de ferramentas de avaliação de sustentabilidade e à aplicação de inteligência artificial na agricultura familiar. A busca foi realizada no Portal de Periódicos CAPES, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), no Repositório Institucional da UNIOESTE, no Scopus, no Web of Science e no Google Scholar, com termos combinados em português e inglês para o período de 2008 a 2026. Após triagem sistemática, foram selecionados 36 trabalhos para o corpus final, composto por 20 trabalhos previamente indicados pelo orientador e 16 trabalhos identificados pela busca sistemática. A análise de coocorrência de palavras-chave realizada no VOSviewer, com metadados combinados do Scopus e Web of Science, gerou uma rede com 148 itens conectados e 18 clusters, evidenciando três agrupamentos temáticos principais: desenvolvimento rural e inclusão digital; tecnologias digitais e inteligência artificial; e sensoriamento remoto e visão computacional, com poucas conexões entre o primeiro agrupamento e os demais.. Os resultados fundamentam a viabilidade e a relevância científica de uma plataforma web responsiva que digitalize a MADERUS com suporte de inteligência artificial generativa, tornando-a mais acessível para agricultores, técnicos e gestores públicos, contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2, 9 e 17.

Palavras-chave: MADERUS; agricultura familiar; inteligência artificial; digitalização; desenvolvimento rural sustentável; bibliometria.

Abstract: *Family farming faces persistent challenges in accessing sustainability assessment tools that are both scientifically robust and operationally accessible. The Methodology for Assessing Sustainable Rural Development (MADERUS), proposed by Hein (2019) within the Graduate Program in Sustainable Rural Development (PPGDRS/UNIOESTE), represents a consolidated multidimensional instrument in this field; however, its application remains predominantly manual, limiting its accessibility and dissemination. This article presents a bibliometric review combined with content analysis of scientific production related to MADERUS, the digitalization of sustainability assessment tools, and the application of artificial intelligence in family farming. The search was conducted in the CAPES Journals Portal, the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), the UNIOESTE Institutional Repository, Scopus, Web of Science, and Google Scholar, using combined search terms in Portuguese and English for*

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional, o que permite compartilhar, copiar, distribuir, exibir, reproduzir, a totalidade ou partes desde que não tenha objetivo comercial e sejam citados os autores e a fonte.

the period from 2008 to 2026. After systematic screening, 36 studies were selected for the final corpus, comprising 20 studies previously indicated by the advisor and 16 studies identified through the systematic search. The keyword co-occurrence analysis performed using VOSviewer, based on combined metadata from Scopus and Web of Science, generated a network with 148 connected items and 18 clusters, revealing three main thematic groupings: rural development and digital inclusion; digital technologies and artificial intelligence; and remote sensing and computer vision, with few connections between the first grouping and the others. The results support the feasibility and scientific relevance of a responsive web platform for digitalizing MADERUS with the support of generative artificial intelligence, making it more accessible to farmers, technicians, and public managers, while contributing to Sustainable Development Goals (SDGs) 2, 9, and 17.

Keywords: *MADERUS; family farming; artificial intelligence; digitalization; sustainable rural development; bibliometrics.*

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar constitui um dos pilares da estrutura produtiva brasileira. O Censo Agropecuário de 2017 registrou que os estabelecimentos de agricultura familiar correspondem a 77% do total de estabelecimentos agropecuários do país, sendo responsáveis por parcela expressiva da produção de alimentos voltada ao mercado interno e por 23% da área agrícola total (IBGE, 2019). Apesar dessa representatividade, esses estabelecimentos enfrentam desafios persistentes de gestão, acesso a recursos e avaliação da sustentabilidade de suas práticas produtivas.

A avaliação da sustentabilidade em propriedades rurais familiares exige instrumentos que integrem dimensões econômica, social e ambiental de forma articulada. Sachs (2007) argumenta que qualquer abordagem que não contemple essas três dimensões simultaneamente tende a produzir diagnósticos incompletos e políticas igualmente insuficientes. Gliessman (2002) reforça essa perspectiva ao apontar que a agricultura convencional, orientada pela produtividade de curto prazo, compromete a base ecológica que sustenta a produção futura, tornando urgente a adoção de metodologias que avaliem a viabilidade sistêmica dos agrossistemas.

Nesse cenário, a Metodologia de Avaliação do Desenvolvimento Rural Sustentável — MADERUS, proposta por Hein (2019) no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural Sustentável (PPGDRS) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), destaca-se como um instrumento multidimensional, construído especificamente para a realidade da agricultura familiar brasileira. Com 33 variáveis distribuídas nas dimensões social, econômica e ambiental, a MADERUS foi projetada com premissas de aplicação participativa, facilidade de uso e retorno pedagógico às famílias rurais. No entanto, sua aplicação permanece predominantemente manual, dependendo de processos de coleta e análise que exigem formação técnica especializada e restringem seu alcance justamente nos espaços onde mais seria necessária junto a agricultores, técnicos de extensão e gestores municipais.

Diante desse contexto, emerge o seguinte problema de pesquisa: o que a produção científica existente sobre a MADERUS, a digitalização de ferramentas de avaliação de sustentabilidade e a aplicação de inteligência artificial na agricultura familiar revela sobre as lacunas e possibilidades para o desenvolvimento de uma plataforma *web* responsiva que torne a metodologia mais acessível e de uso mais facilitado?

O objetivo geral deste artigo é mapear o estado do conhecimento científico nas intersecções entre a MADERUS, a digitalização de ferramentas de avaliação de sustentabilidade rural e a aplicação de inteligência artificial na agricultura familiar, por meio de revisão bibliométrica com análise de conteúdo. Para tanto, definem-se os seguintes objetivos específicos: (a) identificar a distribuição temporal e temática da produção científica sobre os temas nas principais bases de dados nacionais e internacionais; (b) analisar as redes de coocorrência de palavras-chave com uso do *software* VOSviewer, a partir dos metadados exportados do Scopus e do Web of Science; e (c) identificar as lacunas na literatura que fundamentem a proposta de digitalização da MADERUS com integração de inteligência artificial generativa como ferramenta aberta para o desenvolvimento rural sustentável.

A justificativa para esta pesquisa se assenta em três dimensões complementares. Do ponto de vista científico, a MADERUS é uma metodologia consolidada empiricamente no PPGDRS/UNIOESTE, mas praticamente ausente nas bases internacionais condição que, como demonstram os dados desta revisão, decorre da barreira de acessibilidade imposta pelo processo manual, e não de fragilidade metodológica. Do ponto de vista tecnológico, a inteligência artificial generativa atingiu um nível de maturidade que viabiliza sua integração com instrumentos de avaliação de sustentabilidade, conforme documentado pela produção científica recente (BARBEDO, 2023; MYSORE, 2024). Do ponto de vista social, a proposta de uma ferramenta aberta, responsiva e de uso facilitado responde diretamente à necessidade de democratização do acesso a instrumentos de diagnóstico rural, alinhando-se ao ODS 2 Fome Zero e Agricultura Sustentável , ao ODS 9 Indústria, Inovação e Infraestrutura e ao ODS 17 Parcerias e Meios de Implementação da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015). Schneider (2003) já indicava que os sistemas produtivos familiares demandam instrumentos de análise que acompanhem sua complexidade sem impor ao usuário uma carga técnica desproporcionada argumento que permanece atual e que esta pesquisa busca atender.

O artigo está organizado da seguinte forma: após esta introdução, apresenta-se a metodologia da revisão bibliométrica; em seguida, os resultados quantitativos e qualitativos da análise; na sequência, a discussão aprofundada sobre os eixos temáticos identificados; e, por fim, as conclusões articuladas ao problema e aos objetivos definidos.

METODOLOGIA

A bibliometria, definida por Pritchard (1969) como a aplicação de métodos matemáticos e estatísticos à análise da produção científica, consolidou-se como instrumento central para o mapeamento de campos de conhecimento em expansão. Araújo (2006) complementa essa definição ao destacar que a bibliometria permite identificar padrões de produção, coautorias, periódicos centrais e tendências temporais de forma objetiva e replicável — características que a tornam particularmente adequada ao objetivo desta pesquisa, que é mapear um campo interdisciplinar ainda em constituição.

Zupic e Cater (2015) argumentam que a revisão bibliométrica deve ser combinada com análise qualitativa de conteúdo para que os resultados quantitativos número de publicações, distribuição temporal, redes de palavras-chave sejam interpretados à luz do que os estudos efetivamente abordam. Seguindo essa orientação, este trabalho adota a análise de conteúdo segundo os princípios propostos por Bardin (2011), que preconiza a organização do *corpus* em categorias temáticas por meio de leitura sistemática e codificação progressiva dos textos. Trata-se de uma abordagem que privilegia rigor e transparência sem impor ao pesquisador uma leitura meramente estatística da produção analisada.

Bases de Dados e Protocolo de Busca

A busca bibliográfica foi realizada nas seguintes bases e repositórios:

- Portal de Periódicos CAPES (www.periodicos.capes.gov.br) — principal agregador de produção científica para programas de pós-graduação brasileiros, com acesso via CAFé pela UNIOESTE; recorte temporal: 2009–2026 (limite da plataforma);
- Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações da UNIOESTE (tede.unioeste.br) — para acesso à produção interna ao PPGDRS; sem recorte temporal definido pela plataforma;
- Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações Nacional (BDTD/IBICT — bdtd.ibict.br) — para mapeamento da produção nacional em programas de pós-graduação; recorte temporal: 2008–2026;
- Scopus (Elsevier) — para verificação da produção internacional e geração de metadados para análise de coocorrência de palavras-chave; recorte temporal: 2008–2026;
- Web of Science (Clarivate) — base complementar ao Scopus para produção internacional; recorte temporal: 2008–2026; exportação limitada a 50 registros por busca pelo sistema da plataforma;
- Google Scholar — como base complementar para publicações de acesso aberto e literatura cinzenta; recorte temporal: 2008–2026.

Os termos de busca foram organizados em três eixos temáticos e combinados por operadores booleanos *AND* e *OR*, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Protocolo de termos de busca por eixo temático

Eixo Temático	Termos em Português	Termos em Inglês (Scopus e WoS)
Eixo 1 – Avaliação de Sustentabilidade Rural	"MADERUS"; "avaliação de sustentabilidade" *AND* "agricultura familiar"; "desenvolvimento rural sustentável" *AND* "metodologia"	MADERUS *OR* ("sustainable rural development" *AND* "sustainability indicators") *OR* ("family farming" AND "sustainability assessment")
Eixo 2 – Digitalização e Tecnologia no Campo	"digitalização" *AND* "agricultura"; "plataforma web" *AND* "rural"; "inclusão digital" *AND* "agricultor familiar"	("digital agriculture" *OR* "smart farming") *AND* ("family farming" OR "smallholder" *OR* "rural development")

Eixo 3 – Inteligência Artificial na Agricultura	"inteligência artificial" *AND* "agricultura"; "IA" *AND* "agricultura familiar"	("artificial intelligence" *OR* "machine learning" *OR* "generative AI") *AND* ("family farming" *OR* "smallholder farming" *OR* "sustainable agriculture")

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Conforme sintetizado no Quadro 1, a estratégia de busca foi estruturada em três eixos temáticos: avaliação de sustentabilidade rural, digitalização e tecnologias no campo, e inteligência artificial na agricultura, com termos específicos em português e inglês. Essa dupla linguagem justifica-se pela natureza das bases consultadas: enquanto o Portal CAPES, a BDTD e o Google Scholar indexam majoritariamente produção em língua portuguesa, o Scopus e o Web of Science exigem termos em inglês para capturar a produção internacional. As buscas foram conduzidas entre 15 e 18 de junho de 2026.

Critérios de Inclusão e Exclusão e Seleção do Corpus

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: publicações em português, inglês ou espanhol; período de 2008 a 2026 (com exceção do Portal CAPES, cujo sistema permite recorte a partir de 2009); trabalhos que abordassem ao menos um dos três eixos temáticos definidos; e teses, dissertações, artigos científicos revisados por pares, capítulos de livros acadêmicos e relatórios técnicos de instituições de pesquisa reconhecidas. Foram excluídos: trabalhos de conclusão de curso de graduação e especialização; publicações sem identificação de autoria ou afiliação institucional verificável; textos exclusivamente jornalísticos ou de divulgação sem referenciação científica; e trabalhos sobre agricultura de larga escala sem conexão com o desenvolvimento rural sustentável ou com a agricultura familiar.

O período de coleta de dados estendeu-se de 15 a 18 de junho de 2026. As consultas foram realizadas nas seguintes datas: Portal CAPES e BDTD UNIOESTE (15/06); BDTD Nacional (16/06); Scopus (16/06 a 17/06); Web of Science (17/06); e Google Scholar (18/06).

As buscas iniciais retornaram volumes expressivos nas bases internacionais, especialmente nos Eixos 2 e 3. Para tornar a triagem operacionalizável, foram aplicados filtros por área temática antes da exportação: no Scopus, o Eixo 2 foi filtrado pelas áreas *Agricultural and Biological Sciences* e *Social Sciences* (310 → 192 registros), e o Eixo 3 pelas áreas *Agricultural and Biological Sciences*, *Social Sciences* e *Computer Science*, com exportação dos 200 mais citados (3.179 → 200). No Web of Science, os Eixos 1 e 2 foram exportados integralmente (11 e 50 registros, respectivamente — o Eixo 2 retornou 167 resultados na plataforma, mas o sistema limita a exportação a 50 registros por busca); o Eixo 3 foi limitado aos 200 mais citados (1.102 → 200). O total de registros efetivamente exportados e submetidos à triagem foi de 1.057, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Registros por base, filtros aplicados e fluxo de seleção do *corpus*

Base / Busca	Encontrados	Exportados	Observação
Scopus — Eixo 1	14	14	Sem filtro adicional
Scopus — Eixo 2	310	192	Filtro: *Agricultural* & *Biological Sciences* e *Social*

			Sciences
Scopus — Eixo 3	3.179	200	Filtro: *Agricultural* & *Biological, Social Sciences* e *Computer Science*; 200 mais citados
Web of Science — Eixo 1	11	11	Sem filtro adicional
Web of Science — Eixo 2	167	50	Limite de 50 registros por exportação na plataforma
Web of Science — Eixo 3	1.102	200	200 mais citados
Portal CAPES — MADERUS	4	4	Recorte 2009–2026 (limite da plataforma)
Portal CAPES — tema amplo	116	116	"desenvolvimento rural sustentável" *AND* "agricultura familiar"
BDTD UNIOESTE — MADERUS	8	8	Sem recorte temporal definido
BDTD Nacional — MADERUS	8	8	Recorte 2008–2026
Google Scholar — MADERUS + "agricultura familiar"	21	21	Recorte 2008–2026
Google Scholar — três temas combinados	233	233	Recorte 2008–2026
Total exportado para triagem	**—**	**1.057**	Base real da triagem sistemática
Selecionados para leitura completa	**—**	**89**	Após triagem por título e resumo
***Corpus* final**	**—**	**36**	Atenderam integralmente aos critérios

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Composição do corpus final: O conjunto de 36 trabalhos que compõem o *corpus* final é formado por duas origens distintas: (i) 20 trabalhos previamente indicados pelo orientador como referências fundamentais para a pesquisa, abrangendo os marcos teóricos da MADERUS, da avaliação de sustentabilidade e da agricultura familiar; e (ii) 16 trabalhos efetivamente obtidos por meio da estratégia de busca sistemática descrita neste item, que atenderam a todos os critérios de inclusão após a triagem por título, resumo e leitura completa.

Procedimentos de Análise

A análise bibliométrica foi conduzida em duas etapas complementares: uma abordagem quantitativa, apoiada em indicadores de produção científica e redes de coocorrência; e uma abordagem qualitativa, fundamentada na análise de conteúdo temática.

A primeira etapa, quantitativa, compreendeu três procedimentos. Inicialmente, examinou-se a distribuição temporal das publicações a partir dos 667 registros exportados do Scopus e do Web of Science — únicas bases que disponibilizam metadados estruturados com campo de ano de publicação —, permitindo identificar tendências de crescimento e pontos de inflexão na produção científica sobre os temas investigados. Em seguida, procedeu-se à caracterização tipológica e institucional do *corpus* final de 36 trabalhos, classificando-os por tipo de produção (teses,

dissertações, artigos, livros/capítulos e relatórios técnicos) e por instituição de origem, com o objetivo de mapear os principais núcleos produtores de conhecimento na área.

Por fim, para a análise de coocorrência de palavras-chave, utilizou-se o *software* VOSviewer, versão 1.6.19, desenvolvido por Van Eck e Waltman (2010), a partir da importação combinada dos arquivos exportados do Scopus (formato CSV) e do Web of Science (formato *Tab-delimited*). Adotaram-se os seguintes parâmetros: (a) método de contagem *full counting*, que considera todas as ocorrências dos termos nos documentos; (b) critério de inclusão: palavras-chave com frequência mínima de 2 ocorrências; (c) *clustering* com resolução padrão de 1.00, ajustada automaticamente pelo *software*; (d) ponderação por relevância (*relevance score*), que atribui maior peso aos termos mais representativos do conjunto analisado; e (e) *merge* de termos sinônimos e variantes ortográficas realizados manualmente pelos autores, com base na leitura prévia dos resumos e palavras-chave. Aplicados esses parâmetros, o VOSviewer identificou 149 itens com ao menos 2 ocorrências, dos quais 1 foi automaticamente excluído por estar desconectado da rede principal — procedimento padrão do *software* que visa garantir que o mapa represente apenas relações efetivamente documentadas. O resultado final compreendeu uma rede com 148 itens conectados, organizados em 18 *clusters*, com 1.090 links de coocorrência e força total de 1.600, a partir dos quais foram gerados os mapas de visualização de rede (*network visualization*) e de sobreposição temporal (*overlay visualization*).

A segunda etapa, qualitativa, consistiu em análise de conteúdo temática com base nos princípios de Bardin (2011), compreendendo a leitura integral dos 36 trabalhos do *corpus* e sua categorização sistemática. O processo de codificação foi estruturado nas seguintes etapas: (i) definição das unidades de análise — cada trabalho do *corpus* foi considerado uma unidade de análise, com leitura completa de seu conteúdo; (ii) estabelecimento das categorias temáticas — adotou-se um procedimento misto (*mixed approach*): as categorias gerais (*avaliação de sustentabilidade rural*, *digitalização e inclusão digital* e *inteligência artificial aplicada à agricultura*) foram definidas a priori, com base nos três eixos de busca que orientaram a coleta de dados, enquanto as subcategorias e especificidades temáticas emergiram indutivamente dos dados durante a leitura sistemática dos textos; (iii) codificação propriamente dita — realizada por um único pesquisador, com supervisão contínua e validação periódica do orientador, que atuou como revisor independente para verificação da consistência das classificações atribuídas; (iv) registro sistemático — para cada trabalho, foram extraídas e organizadas em planilha estruturada (Microsoft Excel) as seguintes informações: autor(es), ano de publicação, tipo de produção, instituição de origem, base de dados na qual foi localizado, eixo temático predominante, principais achados e contribuições para a pesquisa; e (v) síntese interpretativa — a partir do material codificado, procedeu-se à análise transversal dos dados, buscando identificar padrões, convergências, divergências e lacunas entre os estudos, que subsidiaram a discussão apresentada na seção 4. Ressalta-se, como limitação metodológica, que a codificação por um único pesquisador, embora supervisionada, pode introduzir vieses interpretativos, o que é reconhecido e discutido na seção de limitações do estudo.

RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS

Distribuição Temporal das Publicações

A análise da distribuição temporal foi realizada sobre os 667 registros exportados do Scopus e do Web of Science — as únicas bases que disponibilizam metadados estruturados com campo de ano de publicação compatível com análise quantitativa. Os resultados revelam crescimento expressivo e acelerado da produção científica sobre os temas investigados, com mudança de patamar clara a partir de 2019.

Entre 2010 e 2018, as publicações exportadas somaram 47 registros, com variação anual modesta — nenhum ano ultrapassou 8 registros. O ano de 2019 marca o início de uma trajetória ascendente consistente: foram 25 registros naquele ano, número que mais que dobrou para 46 em 2020 e voltou a crescer expressivamente nos anos seguintes — 64 em 2021, 89 em 2022, 105 em 2023 e 145 em 2024, o ano de maior volume em todo o período analisado. O ano de 2025 registrou 115 publicações, e 2026, ainda em curso no momento da coleta (junho de 2026), já contabilizava 46 registros. O Quadro 3 apresenta a distribuição anual completa.

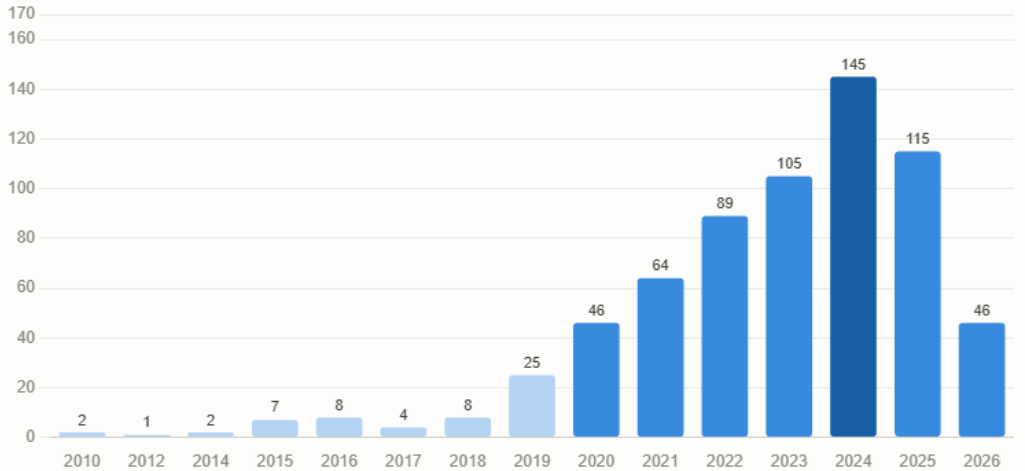
Quadro 3 – Distribuição anual dos registros exportados do Scopus e Web of Science (2010–2026)

Ano	Registros	Ano	Registros
2010	2	2019	25
2012	1	2020	46
2014	2	2021	64
2015	7	2022	89
2016	8	2023	105
2017	4	2024	145
2018	8	2025	115
		2026*	46
Total	**667**		

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O ponto de inflexão em 2019 coincide com dois eventos relevantes: a sistematização da MADERUS por Hein (2019), que consolidou uma linha de pesquisa aplicada no PPGDRS, e a publicação do relatório de Bolfe *et al*. (2020) sobre tendências da agricultura digital no Brasil.

Figura 1 – Distribuição anual dos registros exportados do Scopus e Web of Science (2010–2026)



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O crescimento contínuo nos anos seguintes reflete a expansão simultânea de dois campos a consolidação empírica da MADERUS em novos municípios e contextos, e o *boom* internacional da produção sobre IA e digitalização agrícola. A Figura 1 demonstra essa trajetória de publicações em gráfico, de forma anual.

Tipos de Produção e Origem Institucional

O *corpus* final de 36 trabalhos é composto por 14 teses e dissertações (38,9%), 13 artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares (36,1%), 7 livros ou capítulos de livros (19,4%) e 2 relatórios técnicos institucionais (5,6%). A predominância de teses e dissertações sobre artigos de periódicos reflete a natureza ainda emergente da articulação entre MADERUS e tecnologias digitais: a produção sobre a metodologia está concentrada nos repositórios institucionais brasileiros a busca por MADERUS retornou apenas 8 resultados na BDTD UNIOESTE, 8 na BDTD Nacional e 4 artigos no Portal CAPES. Nas bases internacionais Scopus e Web of Science, a metodologia não aparece como objeto central em nenhum dos registros retornados pelo Eixo 1.

Essa distribuição não indica fragilidade científica da MADERUS — indica que a barreira de acessibilidade e facilidade de uso do processo manual impede sua circulação além do circuito acadêmico do PPGDRS. A digitalização com integração de inteligência artificial é a resposta a essa barreira: ao tornar a aplicação da metodologia mais acessível e intuitiva para diferentes perfis de usuários, cria condições para sua adoção mais ampla e, como consequência, para sua maior visibilidade científica.

Em termos de origem institucional, o PPGDRS/UNIOESTE se destaca com 9 trabalhos diretamente vinculados à MADERUS. Outros programas que contribuíram com temas correlatos incluem a Universidade Federal do Vale do São Francisco (LOIOLA, 2024), a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (SILVA, 2025) e a Universidade Federal da Integração Latino-Americana (MESSIAS, 2024).

Quadro 4 – Caracterização temática do *corpus* final por foco de análise

Foco Temático Predominante	Obras Representativas do *Corpus*
Fundamentos teóricos: sustentabilidade, agroecologia e agricultura familiar	Sachs (2007); Gliessman (2002); Miranda (2008); Masera *et al.* (2000); Schneider (2003); Veiga, Abramovay e Ehlers (2003)
Inclusão digital rural, tecnologia no campo e primeiros aplicativos agrícolas	Bauermann (2016); Bernardes *et al.* (2015); Rosário (2015); Basso *et al.* (2019); Messias (2024); Santos (2024)
Criação, consolidação e aplicações empíricas da MADERUS	Hein (2019); Freitag (2020); Hahn (2022); Dalbello *et al.* (2021); Feitosa Filho (2023); Hansel (2024); Pérez (2024); Richart *et al.* (2026)
Agricultura digital, IA agrícola e transformação digital rural	Bolfe *et al.* (2020); Barbedo (2023); Guilherme, Silva e Florian (2024); Mysore (2024); Cruz Neto *et al.* (2025); Santos *et al.* (2025); Souza (2024); Silva (2025)

Desenvolvimento rural sustentável: inovação e políticas públicas	Nunes (2024); Ribeiro (2025); Loiola (2024); Saraiva (2024)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O Quadro 4 apresenta a caracterização temática do corpus final, organizada pelos focos temáticos identificados na análise de conteúdo e pelas obras representativas de cada eixo.

Palavras-chave e Redes Temáticas

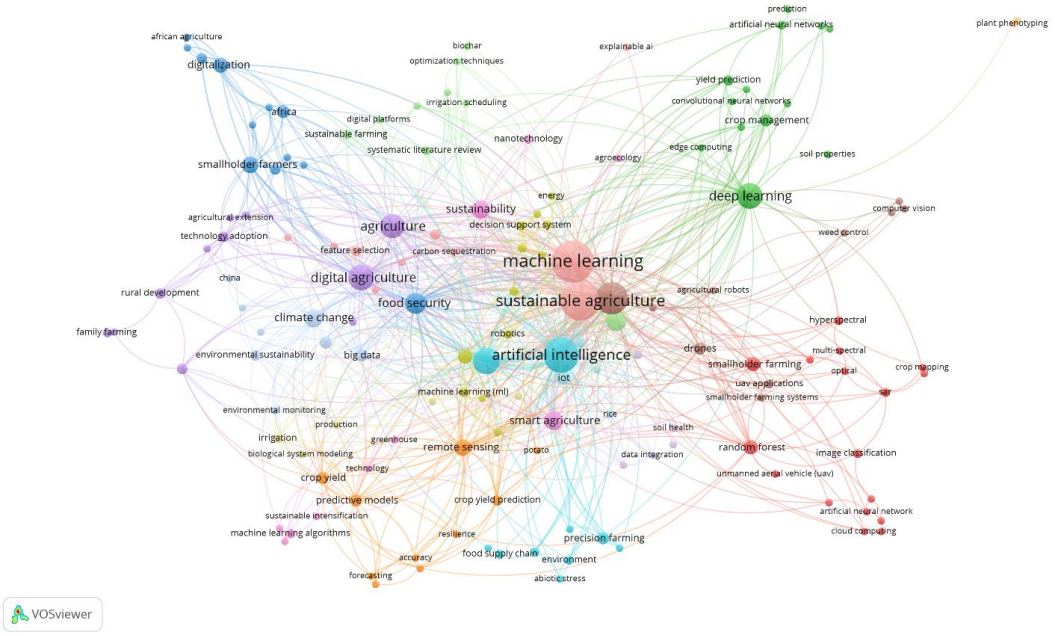
A análise de coocorrência de palavras-chave foi realizada no VOSviewer a partir da importação combinada dos arquivos exportados do Scopus (formato CSV) e do Web of Science (formato *Tab-delimited*), totalizando os três eixos de busca de cada base. O *software* identificou 149 itens com ao menos 2 ocorrências; 1 item foi automaticamente excluído por estar desconectado da rede principal procedimento padrão que garante que o mapa represente apenas relações efetivamente documentadas. O resultado foi uma rede com 148 itens conectados, 18 *clusters* e 1.090 links de coocorrência, com força total de 1.600.

Os termos centrais do mapa, identificados pelo tamanho dos nós, são: *sustainable agriculture*, *machine learning*, *artificial intelligence*, *digital agriculture*, *smart agriculture* e *remote sensing*. Esses termos formam o núcleo da rede e concentram a maior parte das conexões, confirmando que os eixos conceituais dominantes na produção científica internacional sobre os temas investigados são a sustentabilidade agrícola e as tecnologias digitais emergentes.

A análise por *clusters* revela três agrupamentos principais. O primeiro, à esquerda do mapa, agrupa termos ligados ao desenvolvimento rural e à inclusão digital — *rural development*, *smallholder farmers*, *digital agriculture*, *technology adoption*, *family farming* e *digitalization*. O segundo, no centro e centro-direita, reúne termos da fronteira tecnológica aplicada à produção agrícola *machine learning*, *artificial intelligence*, *sustainable agriculture*, *smart agriculture*, *deep learning* e *food security*. O terceiro, à direita, concentra termos de sensoriamento remoto e visão computacional *remote sensing*, *drones*, *UAV applications*, *convolutional neural networks* e *crop management*.

O achado bibliométrico mais relevante é a fraqueza das conexões entre o primeiro *cluster* desenvolvimento rural e agricultura familiar e os dois demais. Termos como *family farming* e *rural development* têm poucas e frágeis ligações com *artificial intelligence* e *machine learning* no mapa. A MADERUS não aparece como nó visível, confirmando sua ausência nas bases internacionais. Essa separação entre os *clusters* é a evidência quantitativa da lacuna que este artigo argumenta existir: a produção científica que articula instrumentos metodológicos de avaliação de sustentabilidade rural com tecnologias digitais emergentes é ainda incipiente.

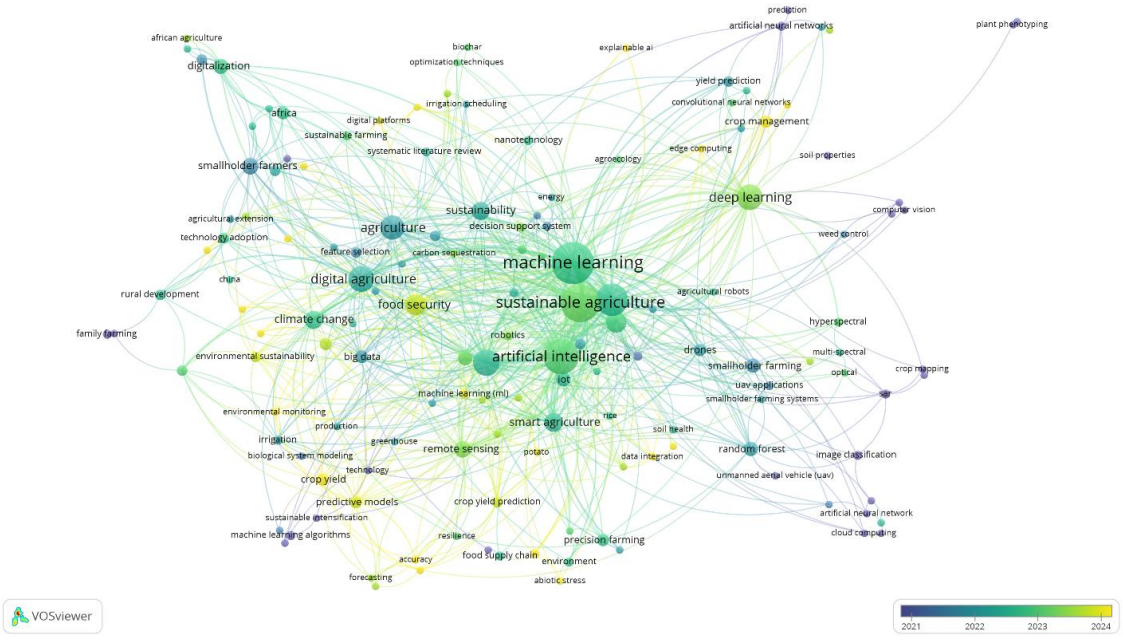
Figura 2 – Mapa de coocorrência de palavras-chave (Network Visualization — VOSviewer)



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A Figura 2 apresenta o mapa de coocorrência gerado no VOSviewer (Network Visualization). E, na sequência uma visão temporal pela Figura 3, dos mesmos dados.

Figura 3 – Mapa de sobreposição temporal (Overlay Visualization — VOSviewer)



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A visualização de sobreposição temporal (Overlay Visualization), apresentada na Figura 3, mostra o ano médio de publicação dos termos na escala 2021–2024. Os termos mais recentes em amarelo/verde-claro são os da fronteira tecnológica: smart

farming, machine learning, deep learning e remote sensing. Os termos mais consolidados em azul/roxo correspondem ao desenvolvimento rural sustentável: sustainable agriculture, food security e digital agriculture. Essa distribuição confirma que os três campos estão em momentos distintos de maturidade científica, reforçando a relevância de uma pesquisa que os articule por meio de uma plataforma digital acessível.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A MADERUS: Consolidação Metodológica e Barreira de Acesso

A MADERUS foi proposta por Hein (2019) como resposta à necessidade de um instrumento de avaliação de sustentabilidade construído especificamente para a realidade da agricultura familiar brasileira. Diferentemente de metodologias desenvolvidas em contextos internacionais como o MESMIS, criado por Masera, Astier e López-Ridaura (2000) para sistemas produtivos latino-americanos em geral, a MADERUS parte de um conjunto de 33 variáveis calibradas para as condições fundiárias, produtivas e sociais da agricultura familiar do sul do Brasil, com princípios de aplicação participativa e retorno pedagógico às famílias.

Freitag (2020) realizou a única comparação direta entre MADERUS e MESMIS disponível na literatura, concluindo que ambas produzem diagnósticos analiticamente consistentes, mas que a MADERUS apresenta um protocolo de aplicação mais acessível para técnicos e extensionistas rurais sem formação especializada em avaliação de sistemas. Esse resultado é central para compreender a relevância da metodologia como objeto de digitalização: uma ferramenta pensada para o campo exige que seu suporte tecnológico também o seja.

Os trabalhos de aplicação empírica demonstram a capacidade de adaptação da MADERUS a diferentes contextos. Hahn (2022) avançou ao utilizá-la como ferramenta educativa em processos de extensão rural. Feitosa Filho (2023) deu um passo em direção à digitalização ao propor uma "calculadora de sustentabilidade" baseada nos indicadores da MADERUS, iniciativa que antecipa a lógica da plataforma proposta, embora sem integração de inteligência artificial e sem responsividade para dispositivos móveis.

Hansel (2024) aplicou a MADERUS em 24 propriedades de agricultura familiar em Quatro Pontes/PR, obtendo índice médio de sustentabilidade de 75,11%. A partir desse dado, Richart et al. (2026) investigaram as propriedades sob gestão feminina no mesmo município, encontrando índice médio de 74,61% - diferença de apenas 0,50 ponto percentual, confirmando a robustez analítica da MADERUS em diferentes recortes amostrais. Pérez (2024) ampliou essa validação ao aplicar a MADERUS em Foz do Iguaçu/PR, consolidando sua aplicabilidade a realidades diversas do Oeste Paranaense.

O conjunto dessas evidências aponta para uma metodologia madura e reconhecida. Sua ausência nos mapas bibliométricos internacionais não decorre de fragilidade científica, mas da barreira de acessibilidade que o processo manual impõe:

sem uma plataforma digital que torne sua aplicação intuitiva e acessível para diferentes perfis de usuários, a MADERUS permanece restrita a um circuito acadêmico específico. A digitalização, com integração de inteligência artificial, é, portanto, a condição para ampliar seu alcance - tanto no campo, junto aos agricultores e técnicos, quanto no meio acadêmico.

Digitalização Rural: Possibilidades e Condicionantes

Bauermann (2016) investigou a inclusão digital de agricultores familiares nos municípios do Oeste do Paraná e identificou que a exclusão digital não se resume ao acesso a dispositivos ou à cobertura de internet: ela abrange também dimensões de letramento digital, confiança nas tecnologias e adequação das interfaces ao contexto real de uso. Uma plataforma que não seja intuitiva e contextualizada tende a replicar, em forma digital, as mesmas barreiras que a exclusão analógica impunha.

Bernardes et al. (2015) demonstraram que ferramentas de comunicação rural digital, quando construídas a partir das necessidades dos agricultores, ampliam a capacidade de organização e de acesso a informações das famílias rurais. Rosário (2015) argumenta que o desenvolvimento de aplicativos multiplataforma, otimizados para dispositivos móveis, é a estratégia mais eficaz para atingir populações geograficamente dispersas com acesso à internet predominantemente via conexão móvel. Messias (2024) confirma que a acessibilidade da interface é o fator determinante para a adoção efetiva de ferramentas digitais pelos agricultores familiares.

O cluster de desenvolvimento rural e inclusão digital identificado no mapa do *VOSviewer* que reúne *smallholder farmers, digital agriculture, technology adoption* e *digitalization* - indica uma agenda de pesquisa consolidada internacionalmente. Silva (2025) concluiu que os produtores familiares que adotam tecnologias digitais de forma orientada apresentam ganhos significativos em produtividade, acesso a mercados e capacidade de planejamento. Loiola (2024) demonstrou que a digitalização de metodologias de avaliação não apenas facilita a aplicação, mas também potencializa o engajamento dos próprios agricultores no processo diagnóstico.

Bolfe et al. (2020) identificam um paradoxo persistente: embora o Brasil seja uma das maiores potências agrícolas do mundo, a adoção de tecnologias digitais na agricultura familiar permanece aquém do potencial. Os autores apontam que superar esse paradoxo exige o desenvolvimento de ferramentas específicas para a pequena escala mais simples e mais contextualizadas do que as soluções concebidas para o agronegócio. Santos (2024) corrobora esse diagnóstico ao documentar, no Sudoeste do Paraná, que a conectividade digital acompanhada de ferramentas adequadas melhora o acesso a mercados e a qualidade de vida das famílias rurais.

Inteligência Artificial na Agricultura: Potencial e Responsabilidade

O cluster central do mapa VOSviewer que reúne *machine learning, artificial intelligence, sustainable agriculture, deep learning* e *food security* com as conexões mais

densas da rede expressa o crescimento acelerado da IA aplicada à agricultura. Com 3.179 documentos brutos identificados no Scopus e 1.102 no Web of Science para o Eixo 3, esse é o campo de mais rápida expansão entre os três eixos investigados, o que é confirmado pelos dados de distribuição temporal: 145 dos 667 registros exportados concentram-se apenas no ano de 2024.

Barbedo (2023) identifica que as principais barreiras para a adoção de IA na agricultura familiar são a qualidade dos dados disponíveis, o custo de implementação e a ausência de interfaces acessíveis. Guilherme, Silva e Florian (2024) concluem que a geração de diagnósticos personalizados em linguagem acessível é uma das aplicações com maior potencial de impacto para a sustentabilidade agrícola. Saraiva (2024) indica que modelos de linguagem de grande escala têm capacidade singular de transformar dados técnicos em linguagem compreensível para usuários não especializados.

Cruz Neto et al. (2025) argumentam que a inclusão social deve ser um critério de design incorporado desde a concepção de soluções tecnológicas agrícolas. Mysore (2024) demonstra casos de uso do modelo Gemini para produtividade agrícola, incluindo recomendações de manejo e geração de relatórios contextualizados em linguagem acessível. A integração desse tipo de modelo com uma plataforma de aplicação da MADERUS permitiria transformar os índices calculados pela metodologia em diagnósticos compreensíveis com sugestões práticas de ação, respondendo diretamente ao desafio de acessibilidade e facilidade de uso.

Santos et al. (2025) alertam que a governança dos dados produzidos pelos agricultores é elemento crítico e frequentemente negligenciado. A transparência sobre o tratamento dos dados coletados durante a aplicação da MADERUS e a proteção da privacidade das famílias rurais devem ser consideradas desde a arquitetura do sistema. Souza (2024) reforça que a integração de tecnologias em um ecossistema digital agrícola exige planejamento cuidadoso da experiência do usuário para que a complexidade técnica não se converta em nova barreira de acesso.

Lacunas Identificadas e Posicionamento da Pesquisa Proposta

A análise bibliométrica e de conteúdo permite identificar três lacunas que justificam a proposta de pesquisa apresentada neste artigo.

A primeira é a ausência de uma plataforma digital específica para a MADERUS. As buscas por MADERUS nas bases internacionais retornaram zero resultados sobre digitalização da metodologia. Feitosa Filho (2023) avançou nessa direção com a "calculadora de sustentabilidade", mas a iniciativa não contempla responsividade para dispositivos móveis nem integração de inteligência artificial. O espaço entre o que existe e o que é possível tecnicamente é o que a pesquisa proposta ocupa.

A segunda lacuna é a integração entre instrumentos metodológicos de avaliação de sustentabilidade rural e IA generativa. O mapa *VOSviewer* revelou que os termos *family farming* e *sustainability assessment* têm poucas conexões com *artificial intelligence* e *machine learning* e nenhuma com termos como generative AI ou large language models. A aplicação de modelos de linguagem para interpretar indicadores de sustentabilidade e gerar relatórios contextualizados para agricultores é abordagem

ainda inédita no corpus analisado.

A terceira lacuna diz respeito à abertura tecnológica. A maior parte das soluções identificadas na revisão é proprietária ou de alto custo. Nunes (2024) e Ribeiro (2025) argumentam que o desenvolvimento rural sustentável exige instrumentos que empoderem os próprios agricultores a interpretar sua situação e tomar decisões fundamentadas. A proposta de uma ferramenta aberta de uso livre, acessível via navegador em qualquer dispositivo, com interface projetada para facilidade de uso responde a essa demanda e alinha-se aos princípios do desenvolvimento rural sustentável e da soberania tecnológica.

CONCLUSÃO

Esta revisão bibliométrica com análise de conteúdo foi conduzida com o objetivo de mapear o estado do conhecimento científico nas intersecções entre a Metodologia MADERUS, a digitalização de ferramentas de avaliação de sustentabilidade rural e a aplicação de inteligência artificial na agricultura familiar, identificando lacunas que fundamentem a proposta de uma plataforma web responsiva com integração de IA generativa. A partir de 1.057 registros exportados de seis bases de dados por meio de protocolo sistemático, foram selecionados 36 trabalhos para o corpus final compostos por 20 trabalhos previamente indicados pelo orientador e 16 obtidos pela busca sistemática, submetidos à análise bibliométrica e de conteúdo.

Em resposta ao problema de pesquisa formulado, os resultados demonstram que a produção científica existente revela uma lacuna estrutural expressiva: embora a MADERUS seja uma metodologia robusta, empiricamente testada em diferentes contextos do Oeste Paranaense e com reconhecida capacidade pedagógica, ela permanece praticamente ausente das bases internacionais. A análise de coocorrência de palavras-chave no *VOSviewercom* 148 itens conectados, 18 clusters e 1.090 links, evidenciou que os campos do desenvolvimento rural sustentável e das tecnologias digitais e IA formam agrupamentos com poucas conexões entre si, confirmando que a integração entre instrumentos metodológicos de avaliação de sustentabilidade e tecnologias digitais emergentes é ainda incipiente na literatura. Essa separação, somada ao dado de que a MADERUS retornou apenas 21 resultados no Google Scholar associada à agricultura familiar e nenhum resultado nas bases internacionais, constitui a evidência bibliométrica central que responde ao problema proposto: a lacuna existe, é documentável e aponta claramente para a viabilidade e a necessidade de uma proposta de digitalização.

Quanto aos objetivos específicos, todos foram atendidos. A distribuição temporal dos 667 registros exportados do Scopus e do Web of Science demonstrou crescimento acelerado a partir de 2019, com pico em 2024 (145 registros), confirmando a expansão simultânea dos campos de IA agrícola e de avaliação de sustentabilidade, ainda que em trajetórias paralelas e pouco articuladas. A análise de coocorrência revelou três clusters temáticos principais desenvolvimento rural e inclusão digital, tecnologias de IA e aprendizado de máquina, e sensoriamento remoto e visão computacional, com a MADERUS ausente como nó visível em todos eles. As três

lacunas identificadas ausência de plataforma digital para a MADERUS, inexistência de integração entre IA generativa e instrumentos de avaliação de sustentabilidade rural, e escassez de soluções tecnológicas abertas para esse público fundamentam a proposta de pesquisa com precisão e originalidade científica.

Do ponto de vista da justificativa, os dados corroboram as três dimensões apresentadas na introdução. Cientificamente, a revisão comprova que a barreira de acesso imposta pelo processo manual é o principal obstáculo à difusão da MADERUS, não sua consistência metodológica. Tecnologicamente, o crescimento exponencial da produção sobre IA agrícola especialmente após 2021 confirma que os recursos tecnológicos necessários para a integração proposta estão disponíveis e em expansão. Socialmente, a proposta de uma ferramenta aberta e de uso facilitado responde diretamente ao imperativo de democratização do conhecimento científico aplicado ao campo, alinhando-se aos ODS 2, 9 e 17 da Agenda 2030 (ONU, 2015).

Esta pesquisa apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação de seus resultados. Em primeiro lugar, a composição híbrida do corpus final com 20 trabalhos previamente indicados pelo orientador e apenas 16 obtidos pela busca sistemática restringe a caracterização do conjunto integral como resultado exclusivo de uma revisão sistemática. Embora essa estratégia tenha sido adotada para assegurar a inclusão de marcos teóricos fundamentais, ela introduz um viés de seleção que limita a reprodutibilidade integral do estudo. Em segundo lugar, a análise de conteúdo foi codificada por um único pesquisador, o que pode introduzir vieses de interpretação, apesar da supervisão do orientador e da utilização de procedimentos sistemáticos de registro. Em terceiro lugar, a inclusão de fontes de literatura cinzenta devidamente classificadas e justificadas como material complementar representa um desvio em relação ao critério estrito de produção revisada por pares. Em quarto lugar, a análise de coocorrência baseou-se exclusivamente nos metadados do Scopus e Web of Science, que cobrem parcialmente a produção nacional, especialmente em periódicos de menor fator de impacto ou em língua portuguesa. Por fim, e mais importante, a proposta de digitalização da MADERUS com IA generativa não foi submetida a validação empírica com usuários reais, sendo seu potencial e efetividade dependentes de estudos futuros de usabilidade, adequação técnica e impacto nas práticas de gestão rural.

Os resultados desta revisão apontam para uma agenda de pesquisa aplicada que inclui: (a) o desenvolvimento técnico da plataforma web responsiva proposta, com integração de IA generativa para interpretação de entrada e saída dos indicadores da MADERUS; (b) a avaliação participativa de usabilidade com agricultores familiares, técnicos de extensão e gestores públicos, visando validar a ferramenta em contextos concretos de utilização; (c) a investigação sobre letramento digital rural e os fatores que influenciam a adoção tecnológica por diferentes perfis de agricultores; (d) o estudo da governança de dados agrícolas e das implicações éticas do uso de IA generativa no diagnóstico rural; e (e) o acompanhamento longitudinal dos efeitos da ferramenta sobre as decisões de gestão e os índices de sustentabilidade das propriedades familiares. Essas dimensões indicam que a contribuição desta pesquisa não se esgota no mapeamento bibliométrico: ela constrói o alicerce teórico e empírico para uma linha de investigação interdisciplinar com potencial real de impacto para a agricultura familiar do Oeste Paranaense e do Brasil. Ademais, recomenda-se que futuros estudos

ampliem a busca para outras bases de dados, como a SciELO e a Redalyc, e que considerem a realização de meta-análises ou revisões sistemáticas com protocolo PRISMA para aprofundar a compreensão das relações aqui identificadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/16. Acesso em: 18 jun. 2026.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARBEDO, Jayme Garcia Arnal. **Inteligência artificial na agricultura: desafios e oportunidades**. Brasília: Embrapa, 2023.

BASSO, L. H. *et al.* Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 20, p. 17-36, jul./dez. 2019.

BAUERMANN, H. B. **Inclusão digital de agricultores familiares em municípios da região oeste do Paraná**. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2016.

BERNARDES, J. C.; VIEIRA, S. C.; BONFIM, E. B. Comunicação rural: legitimando a inclusão digital no campo. **RECODAF: Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, n. 2, p. 1-12, jul./dez. 2015.

BOLFE, Edson Eyji *et al.* **Agricultura digital: tecnologias e estratégias para a agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2020.

BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jul. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em: 15 jun. 2026.

CRUZ NETO, G. A. *et al.* Desafios e oportunidades da agricultura digital na promoção da sustentabilidade e da inclusão social entre os pequenos produtores. **Revista New Science**, v. 5, n. 1, 2025.

DALBELLO, Liliane *et al.* Nível de desenvolvimento rural sustentável na agricultura familiar por meio da metodologia MADERUS. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 3, n. 2, p. 1-20, 2021.

FEITOSA FILHO, Luiz Antonio. **"Calculadora de sustentabilidade" aplicado à avaliação de indicadores de desenvolvimento rural sustentável, utilizando a metodologia MADERUS**. 2023. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2023.

FREITAG, C. **Avaliação da sustentabilidade em agrossistemas da agricultura familiar pelo método MESMIS em comparação com a metodologia MADERUS**. 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020.

GLIESSMAN, Stephen R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002.

GUILHERME, A. S.; SILVA, A. L.; FLORIAN, F. Estudo da inteligência artificial na agricultura: vantagens, desvantagens e desafios. **Revista FT**, v. 29, n. 140, p. 1-15, nov. 2024.

HAHN, Kelly Gislaine. **Ferramenta educativa propulsora ao desenvolvimento rural**

sustentável: pesquisa ação sob avaliação da sustentabilidade a luz da metodologia MADERUS. 2022. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2022.

HANSEL, Cleiton Rodrigo. **Índice de sustentabilidade das propriedades rurais da agricultura familiar no município de Quatro Pontes-PR**. 2024. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2024.

HEIN, André Fernando. **MADERUS: uma metodologia para avaliação do desenvolvimento rural sustentável na agricultura familiar**. 2019. 266 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br. Acesso em: 17 jun. 2026.

LOIOLA, Marcos Victor do Carmo. **Ferramentas digitais para identificação do nível de sustentabilidade em empreendimentos agrícolas na região Vale do Submédio São Francisco**. 2024. Tese (Doutorado em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2024.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS**. México: Mundi Prensa, 2000.

MESSIAS, Heloisa de Cassia. **A acessibilidade e a inclusão digital dos agricultores familiares no contexto da agricultura digital**. 2024. Dissertação (Mestrado em Integração Contemporânea da América Latina) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2024.

MIRANDA, Italo Carlos de Almeida. **Avaliação da sustentabilidade dos programas de financiamento rural para o desenvolvimento rural do estado do Ceará: um estudo de caso**. 2008. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MYSORE, V. How to use Google Gemini AI for Agriculture Productivity. **DEV Community**, 2024. Disponível em: https://dev.to/vishalmysore/how-to-use-google-gemini-ai-for-agriculture-productivity-556. Acesso em: 17 jun. 2026.

NUNES, Anderson. **Desenvolvimento rural sustentável para a agricultura familiar: um enfoque econômico, social e ambiental**. São Paulo: Freitas Bastos, 2024.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel. Acesso em: 18 jun. 2026.

PÉREZ, Paola Vanessa. **Mensuração do desenvolvimento rural sustentável da agricultura familiar do município de Foz do Iguaçu–PR, utilizando a metodologia MADERUS**. 2024. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2024.

PRITCHARD, Alan. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of Documentation**, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

RIBEIRO, Guilherme Fernando (Org.). **Desenvolvimento rural sustentável: inovação, políticas e práticas para o futuro do campo**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2025.

RICHART, Jenelly Maria *et al.* Gênero, gestão e sustentabilidade no campo: aplicação da Metodologia MADERUS em propriedades rurais do Oeste Paranaense. **Veredas do Direito**,

v. 23, e236991, 2026. DOI: https://doi.org/10.18623/rvd.v23.6991. Acesso em: 15 jun. 2026.

ROSÁRIO, F. C. **Desenvolvimento de aplicativos móveis multiplataforma**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

SACHS, Ignacy. **Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Cortez, 2007.

SANTOS, I. *et al.* Inteligência artificial na agricultura familiar: capacitação, governança e inovação. **ResearchGate**, 2025.

SANTOS, José Augusto Gomes. **O impacto da inclusão digital nas unidades produtoras orgânicas da agricultura familiar do Sudoeste do Paraná**. 2024. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2024.

SARAIVA, Antonio Mauro. A inteligência artificial na pesquisa agrícola. **Jornal da USP**, São Paulo, 2024. Disponível em: https://jornal.usp.br. Acesso em: 17 jun. 2026.

SCHNEIDER, S. **A pluriatividade na agricultura familiar**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

SILVA, Robson Tavares da. **A transformação digital como indutora de desenvolvimento de negócios rurais: análise dos seus impactos sobre agricultores familiares regionalizados**. 2025. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2025.

SOUZA, Diego Matheus Silva. **Smart farming no Brasil: integrando tecnologias avançadas para o desenvolvimento do setor agrícola brasileiro**. São Luís: UFMA, 2024.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3. Acesso em: 18 jun. 2026.

VEIGA, J. E.; ABRAMOVAY, R.; EHLERS, E. Em direção a uma agricultura mais sustentável. In: **Patrimônio Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Edusp; Imesp, 2003. p. 305-333.

ZUPIC, I.; CATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015.

Data de submissão: 10/08/2026
Data de aceite: 07/09/2026
Data de publicação: 09/09/2026