



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E INOVAÇÕES AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEIS: UMA REVISÃO MULTIDISCIPLINAR

Mariana Assis Borges¹; Mariana Juliani da Silva Portal¹; Tanice Andreatta²

¹Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de
Palmeira das Missões; ²Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Palmeira das Missões

Resumo:

O objetivo, neste artigo, foi analisar a produção científica na área de mudanças climáticas e inovações agrícolas sustentáveis. Quanto ao método, recorreu-se a análise bibliométrica como ferramenta para mapear a produção científica relacionada à inovação, adoção de tecnologias e agricultura sustentável. Os dados foram obtidos na plataforma Scopus, foi considerado artigos e reviews no período de 2014 a 24 de abril de 2023. A sistematização e a análise do ocorreram no software Bibliometrix. Foi identificado um crescimento significativo nas publicações a partir de 2020, predominam artigos e reviews nas áreas das Ciência Ambiental, Ciências Biológicas e Agrárias e Ciências Sociais. Os periódicos que mais publicaram nessa temática foram o *Sustainability*, *Nature* e *Science*. Os resultados obtidos demonstraram a contemporaneidade da temática, bem como a importância da inserção de inovações, tecnologias, manejos eficazes e conhecimento técnico multidisciplinar na transição para um sistema alimentar sustentável. Nesse sentido, seja através de inovações, adoção de tecnologias ou simplesmente, o uso adequado de manejos agrícolas e recomendações técnicas apropriadas, todas as práticas e estudos visam promover a segurança alimentar e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) a longo prazo e dessa maneira, ser sustentável em todos os pilares: social, econômico e ambientalmente.

Palavras-chave: Inovações. Produção agrícola. Segurança alimentar. Sistema alimentar. Sustentabilidade.



1. Introdução

As produções agrícolas e pecuárias são fundamentais para a alimentação e bem-estar humano, assim como são primordiais nas discussões globais sobre segurança alimentar, no entanto, possuem desafios a serem superados para atingir a sustentabilidade dos sistemas agropecuários. A *Food And Agriculture Organization Of The United Nations* (FAO), orienta a sustentabilidade dos sistemas agroalimentares de acordo com os seguintes critérios: (1) deve-se proteger a biodiversidade do ecossistema; (2) respeitar culturas; (3) ser economicamente justo e acessível; (4) nutricionalmente adequado e saudável; e (5) otimizar o uso de recursos naturais e humanos, respeitando a sua resiliência (FAO, 2019).

O setor agropecuário é o maior usuário de terra e água doce do planeta, contempla atividades que são responsáveis por grandes emissões de gases de efeito estufa em muitos países, bem como corroboram para a perda da biodiversidade mundial (GARRETT *et al.*, 2020; VITOUSEK *et al.*, 1997; TILMAN *et al.*, 2002; FOLEY *et al.*, 2005; HENDERS *et al.*, 2015). Alguns estudos defendem que grande parte dos impactos sociais e ambientais indesejados na agropecuária podem ser atribuídos ao aumento de tecnologias e adoção de operações mais especializadas (NAYLOR *et al.*, 2005; GARRETT *et al.*, 2020).

No decorrer do século XX, diante da demanda mundial por alimentos em uma sociedade mais urbanizada, a maioria dos esforços em aumento de produção basearam-se no aprimoramento e desenvolvimento de insumos e máquinas agrícolas, incluindo também o surgimento de novas variedades de sementes, defensivos, fertilizantes e outros. Essa estratégia de maximização, tecnologia e expansão agropecuária foi depois chamada de “Revolução Verde”, elevou os níveis produtivos de alimentos, mas também impulsionou custos financeiros e ambientais que se tornaram crescentes (ADHIKARI *et al.*, 2018; PENG *et al.*, 2010; PINGALI *et al.*, 1997).

Os sistemas que foram caracterizados pelo uso frequente de químicos (defensivos/fertilizantes) e acúmulo excessivo de resíduos, como é o caso da pecuária que resulta em altos níveis de poluição e emissão de gases de efeito estufa, colocam os agricultores em mais exposição aos riscos climáticos e de mercado (PIMENTEL *et al.*, 2005; TILMAN *et al.*, 2002). De acordo com Ward (1993), a gestão agrícola baseada unicamente nesses sistemas, cria uma esteira tecnológica de produção onde cada solução também cria desafios adicionais. Em prol da sustentabilidade agrícola é necessário desenvolver alternativas ao panorama atual das atividades de cultivo e pecuária.



Soma-se a esse desafio, a crescente natalidade e demanda populacional que sobre alimentos, exigindo que a produção agrícola seja cada mais eficiente e utilize de forma consciente os seus recursos naturais. Sendo assim, alternativas que possibilitem produzir mais utilizando uma menor área, passam a ser opções viáveis e incluem novas formas de produção como potenciais sistemas agrícolas, a exemplo da eminente agricultura vertical.

Nesse contexto, o crescimento da população mundial, levanta dois principais desafios, o primeiro de atender a demanda por alimentos e o segundo de garantir que esse alimento tenha qualidade nutricional e seja sustentável. Segundo Rivera et al. (2023), é primordial que seja atendida a necessidade populacional por alimentos de qualidade, para impossibilitar um possível cenário, onde produtos industrializados sejam a principal fonte alimentar e, por consequência, ocasione um problema de insegura alimentar. Por outro lado, vislumbra-se uma parcela da população já voltada à busca por alimento de qualidade, os quais eles consideram ser alimentos produzidos sustentavelmente (SAMBELL *et al.*, 2019).

Assim, a agricultura sustentável está voltada e acolhe questões de âmbito ambiental, para mitigação das mudanças climáticas e preservação da biodiversidade; social, para disponibilizar alimento em quantidade e qualidade diante da crescente demanda, a fim de evitar a insegurança alimentar; e governamental, ao caber as lideranças desenvolver políticas públicas em prol do meio ambiente e dos produtores, para que esses tenham incentivo em adotar práticas conservacionistas em suas propriedades.

Convém, segundo Sambell et al. (2019), que todas as partes interessadas, do que chamamos de “sistema alimentar sustentável”, construam coletivamente as medidas necessárias para que ocorra a transição para práticas sustentáveis dentro da produção agropecuária. Legando as lideranças, de cada setor do sistema, a responsabilidade de assegurar as funções, processos e serviços necessários para uma mudança efetiva.

Diante do exposto, mesmo que os elos da cadeia agropecuária apresentem objetivos diferentes, a construção e o conhecimento não podem ser fragmentados, sendo a agricultura sustentável um coletivo de práticas adotadas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é analisar a produção científica na área de mudanças climáticas e inovações agrícolas sustentáveis.

2. Procedimentos de pesquisa

Para mapeamento da produção científica relacionada à inovação, adoção de tecnologias e agricultura sustentável recorreu-se à bibliometria. A utilização da bibliometria

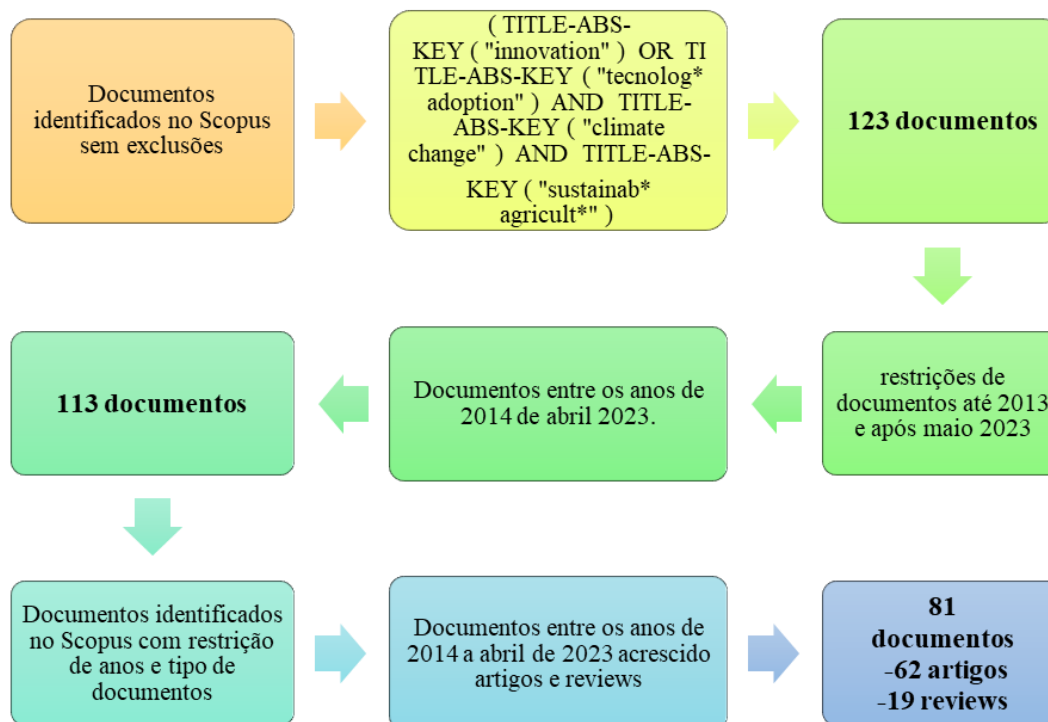


tem sido recorrente e se estendido às diferentes disciplinas e áreas do conhecimento (ARIA; CUCCURULLO, 2017; ARRUDA *et al.*, 2022; COBO *et al.*, 2015; DERVIS, 2019). Esse método é de contribuição relevante para o mapeamento científico devido ao volume expressivo de produção científica (ARIA; CUCCURULLO, 2017; DERVIS, 2019), para pesquisadores e/ou futuros pesquisadores se familiarizarem com um tema/tópico específico e localizar lacunas de pesquisa pouco exploradas (MULAY; JOSHI; CHAUDHARI, 2020).

A busca foi realizada na plataforma Scopus, a partir da seguinte estrutura: (TITLE-ABS-KEY ("innovation") OR TITLE-ABS-KEY ("tecnolog* adoption") AND TITLE-ABS-KEY ("climate change") AND TITLE-ABS-KEY ("sustainab* agricult*")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2014)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")).

No delineamento da revisão foi definido como critério a data de publicação dos estudos (2014 a 24 abril 2023) e os artigos e reviews sem restrição de linguagem e áreas específicas do conhecimento.

Figura 1- Desenho dos critérios de pesquisa e seleção na Plataforma Scopus



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)



Os documentos foram sistematizados e tratados no Bibliometrix, ferramenta programada em R, sendo um sistema flexível e pode ser rapidamente atualizada e integrada a outros pacotes R estatísticos (ARIA; CURCCURULO, 2017; DERVIS, 2019).

3. Resultados e discussões

A trajetória da produção científica sobre mudanças climáticas e inovações agropecuárias sustentáveis é ascendente, e o crescimento mais acentuado ocorreu a partir de 2020. O ano com maior número de publicações na plataforma Scopus foi em 2022 (Tabela 1), revelando a contemporaneidade da temática.

Entre os dez periódicos que contemplam estudos relacionados à temática, (Tabela 1), destacam-se o *Sustainability* (81 documentos) e *Nature* (59 documentos). O primeiro periódico (*Sustainability*) se trata de um periódico internacional, interdisciplinar e acadêmica, que disponibiliza materiais abertos sobre sustentabilidade ambiental, cultural, econômica e social desde 2009. O segundo periódico mais citado é o *Nature*, periódico interdisciplinar britânico, semanal, publicado pela primeira vez em 1869, classificado como uma das maiores revistas existentes, a mais citada no mundo pela *Journal Citation Reports* (2010), sendo reconhecida por publicar pesquisas originais em diferentes campos científicos.

As universidades/institutos de pesquisas, destaca-se a *Cornell University*, sediada em Ithaca - Nova York e filiada da *State University of New York*, foi fundada em 1865, colecionando cerca de 50 edições do Prêmio Nobel. Em segundo, destaca-se a *University of Leeds*, uma instituição da Inglaterra, classificada entre as 100 melhores universidades do mundo (QS World Rankings 2023). De acordo com informações divulgadas pela instituição (2023), 90% das suas pesquisas foram consideradas “líder mundial” ou “excelente internacionalmente” (Research Excellence Framework 2021).



Tabela 1 – Síntese das principais métricas relacionadas à temática

Affiliations	Artigos	Periódicos mais citados	Artigos
Cornell University	4	Sustainability	81
University of Leeds	4	Nature	59
Bydgoszcz University of Science And Technology	3	Science	58
Huazhong Agricultural University	3	Agric Syst	45
University of Dhaka	3	Front Plant Sci	43
University of Western Macedonia	3	Land Use Policy	37
Wageningen University	3	Front Plant Sci	35
Wageningen University and Research	3	Agronomy Journal	31
Cadi Ayyad University	2	J Clean Prod	30
Crops for Nutrition and Health	2	Sci Rep	30
Publicações por ano	Artigos	Países de maior produção científica	Artigos
2014	2	India	27
2015	2	Usa	27
2016	4	Italy	23
2017	5	Uk	21
2018	7	China	19
2019	5	France	15
2020	10	Greece	13
2021	14	Brazil	12
2022	21	Netherlands	8
2023	12	Nigeria	8

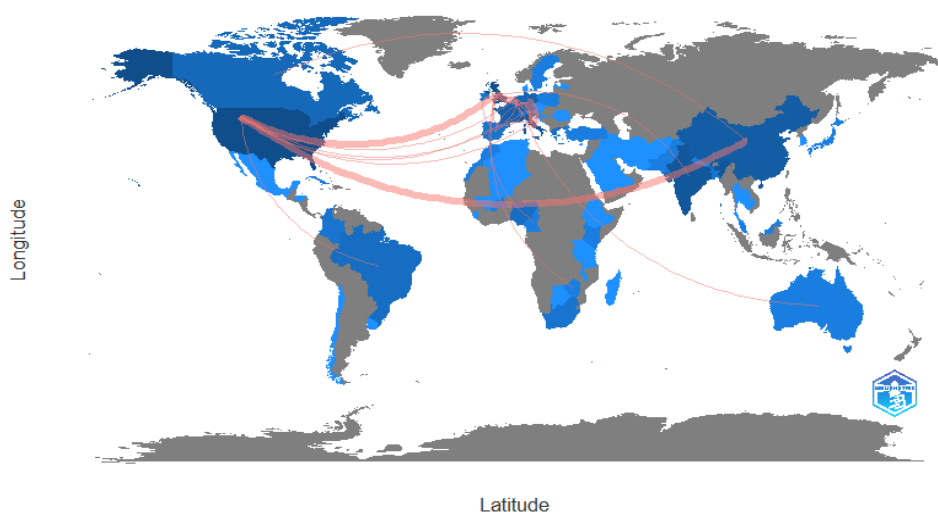
Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

Já os países de maior produção científica (Tabela 1), são a Índia e os Estados Unidos, apesar de sua relevância no setor agropecuário e nos assuntos de mitigações climáticas mundiais, o Brasil ocupa a oitava posição do ranking. Os assuntos de sustentabilidade nas atividades agrícolas e pecuárias estão em tendência e se mostram essenciais para as discussões sobre segurança alimentar e concretização dos Desafios do Desenvolvimento Sustentável (UNITED NATIONS, 2015), portanto, percorrem centros de pesquisas alocados em diferentes estados e países. Resultados que também refletem nas redes colaborativas de pesquisas entre países (Figura 2).



Cabe destacar a forte interação entre Estados Unidos e União Europeia, tendo em vista que são países voltados à sustentabilidade, adoção de medidas mitigadoras de mudanças climáticas e tecnologias. No entanto, a China aparece entre eles, como mais um país a agregar essa rede colaborativa, em função do seu elevado e crescente número populacional, além da necessidade de utilizar melhor a sua terra arável e almejar tecnologias eficazes para uma melhor produção agrícola.

Figura 2 - Rede de colaboração entre países



Fonte: *Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)*

Em relação as palavras mais frequentes, nota-se destaque para mudanças climáticas, agricultura, agricultura alternativa, inovação e segurança alimentar. Temas que aparecem frequentemente relacionados na produção científica, bem como são complementares aos assuntos de sustentabilidade nos sistemas produtivos agropecuários e estão em evidência crescente ao longo dos anos.

A segurança alimentar surge em menor escala no ranking de frequência, no entanto, é propulsora para a promoção da agricultura sustentável. Em formato de nuvem de palavras, a agricultura surge como termo central à medida em que todos os demais temas se formam em decorrência da atividade e são realizados a partir de suas práticas. Sumberg e Giller (2022) defendem a importância dos termos adjetivos à agricultura, o não uso ou desaparecimento dos adjetivos seria catastrófico para os desafios de descrever e analisar a agricultura, cada termo carrega uma função. A exemplo: agricultura sustentável, agricultura alternativa, agricultura de precisão e outros (Figura 3).



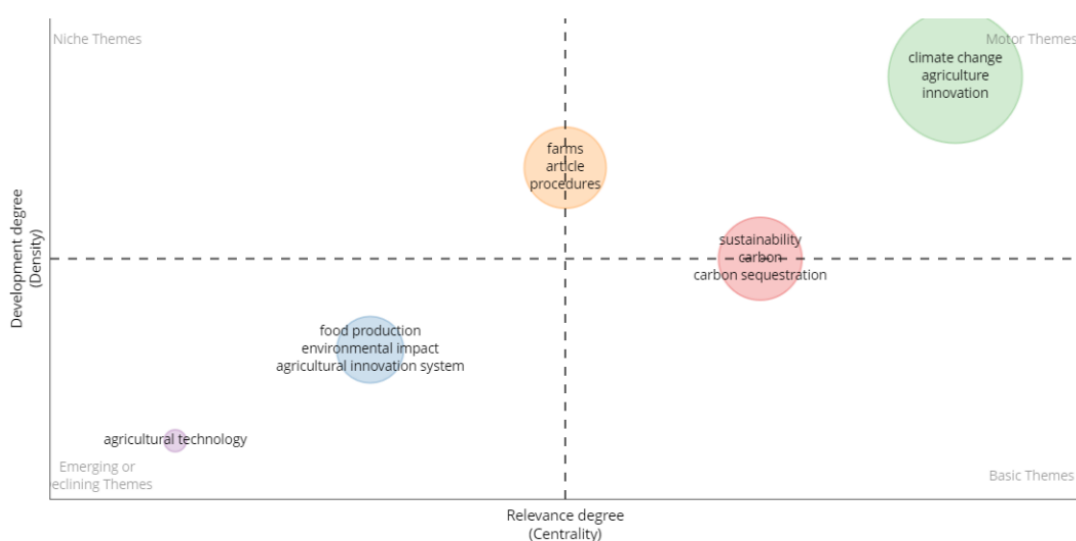
Figura 3 – Palavras-chave mais utilizadas nos documentos



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

As palavras-chave mais destacadas no documento dizem respeito à temática central da pesquisa: agricultura e agricultura alternativa/sustentável. Na Figura 3 os termos aparecem de forma isolada, sem associações complementares. Alguns termos podem ser melhores entendidos quando alocados em grupos, a exemplo da Figura 4.

Figura 4 – Evolução da temática

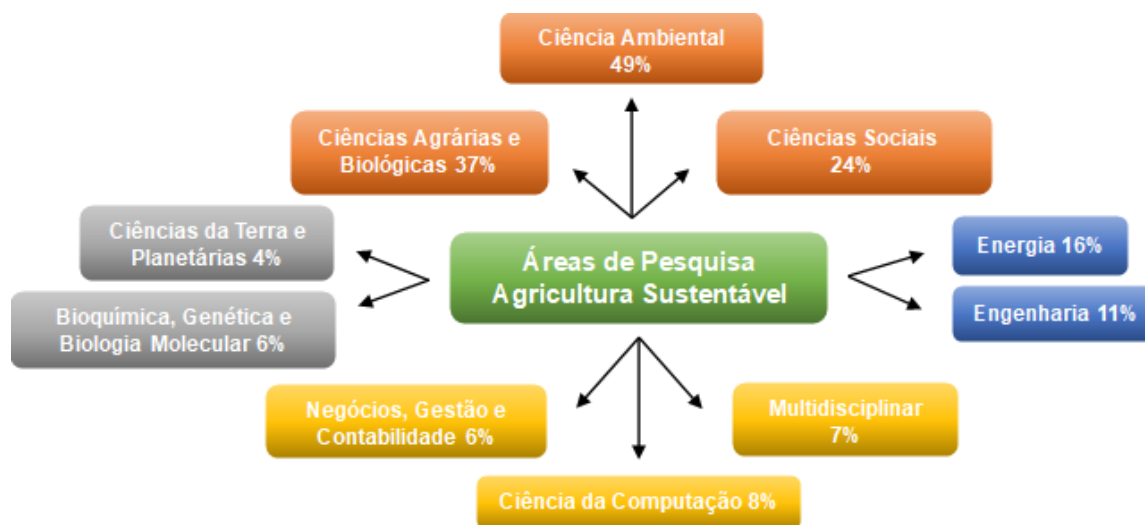


Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)



A evolução da temática permite associações de palavras complementares, assim, nota-se a evolução dos assuntos sobre sustentabilidade na agricultura. Iniciando por tecnologia agrícola; depois sistemas de inovação agrícola e impacto ambiental; procedimentos da fazenda (manejo); sequestro de carbono; mudanças climáticas e inovação agrícola.

Figura 5 – Porcentagem de artigos nas áreas temática da base de dados Scopus



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da pesquisa no Scopus (2023)

Em conformidade com a evolução da temática, destaca-se também a multidisciplinariedade das áreas que discutem a temática. No entanto, apesar de serem áreas distintas, muitas são complementares ou se relacionam. Foi observado que 49% dos artigos estão indexados na categoria ciência ambiental, 37% em ciências agrárias e biológicas, 24% em ciências sociais, além de outros eixos como energia, engenharia e ciência da computação.

A associação de áreas diferentes para a construção da sustentabilidade na agricultura mostra-se essencial, na medida em que une esforços para a busca de soluções inovadoras, reforça a importância da agricultura para o cumprimento de ações de desenvolvimento sustentáveis, bem como enfatiza a contemporaneidade e emergência recente do tema.

4. Considerações finais

A agricultura sustentável está voltada a questões de âmbito ambiental, social e econômico, e necessita de um esforço coletivo e multidisciplinar para ser, de fato, efetiva e contribuir para a mitigação dos impactos ambientais observados nas práticas agrícolas



convencionais. Neste contexto, o objetivo deste artigo foi analisar a produção científica na área de mudanças climáticas e inovações agrícolas sustentáveis.

Como método, recorreu-se a análise bibliométrica. Os dados foram obtidos na plataforma Scopus e considerou-se artigos e revisões no período de 2014 a 24 de abril de 2023. A sistematização e a análise ocorreram no software Bibliometrix.

A transição para um sistema alimentar mais sustentável depende principalmente da inserção de inovações, tecnologias, manejos eficazes e conhecimento técnico multidisciplinar. Sendo possível visualizar tais aspectos presentes em todos os estudos analisados. Dessa maneira, atender à crescente demanda da população mundial por alimentos em quantidade e qualidade é um esforço conjunto, onde conhecimentos precisam ser somados para que lideranças de cada setor da cadeia produtiva apliquem as ações necessárias para um caminho de maior sustentabilidade.

A interdisciplinaridade presente na sustentabilidade é observada tanto nas revistas onde publica-se sobre o tema, como na área de atuação dos profissionais relacionados, ressaltando a importância de trabalhar essa questão como um todo, bem como sua complexidade. Legislações e consumidores já exigem atitudes, para além do que vem sendo debatido, reivindicam o aumento da biodiversidade em toda a cadeia agroalimentar e pressionam a redução do uso de recursos naturais. A sustentabilidade é um tema contemporâneo, com um crescente aumento no número de produções científicas, encobrendo cada vez mais pontos a serem estudados e discutidos.

Nesse sentido, seja através de inovações, adoção de tecnologias ou simplesmente, o uso adequado de manejos agrícolas e recomendações técnicas apropriadas, todas as práticas e estudos visam promover a segurança alimentar e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) a longo prazo e dessa maneira, ser sustentável em todos os pilares: social, econômico e ambientalmente.

Como sugestão para trabalhos futuros, acredita-se na importância de estudo aplicados e direcionados para regiões ou países específicos, a fim de contemplar avanços e discussões particulares sobre mudanças climáticas e inovações na agricultura. Em relação as limitações do estudo, acredita-se que o uso da bibliometria é de fundamental importância para mapear referenciais teóricos e/ou métodos de análise, no entanto, deve-se evitar generalizações. Decisões de palavras-chave de buscas, períodos ou áreas do conhecimento podem ser consideradas subjetivas ou não expressarem o mesmo sentido, resultando na exclusão não intencional de outros estudos relevantes.



AGRADECIMENTOS

As alunas envolvidas neste estudo possuem auxílio de bolsa subsidiada CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ADHIKARI *et al.* **System of crop intensification for more productive, resource-conserving, climate-resilient, and sustainable agriculture: Experience with diverse crops in varying agroecologies.** International journal of agricultural sustainability 16.1 (2018): 1-28.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. **bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis.** Journal of Informetrics, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

ARRUDA, H.; SILVA, E. R.; LESSA, M.; PROENÇA, D.; BARTHOLO, R. **VOSviewer and Bibliometrix.** Journal of the Medical Library Association: JMLA, v. 110, n. 3, p. 392–395, 2022.

COBO, M. J.; MARTÍNEZ, M. A.; GUTIÉRREZ-SALCEDO, M.; FUJITA, H.; HERRERA-VIEDMA, E. **25 years at Knowledge-Based Systems: A bibliometric analysis.** Knowledge-Based Systems, v. 80, p. 3–13, 2015.

CORNELL UNIVERSITY. **About Cornell.** Overview. Disponível em: <https://www.cornell.edu/about/>. Acesso em: 20 de abr. de 2023.

DERVIS, H. **Bibliometric analysis using bibliometrix an R package.** Journal of Scientometric Research, v. 8, n. 3, p. 156–160, 2019.

FOLEY *et al.* **Global consequences of land use.** Science 309 (5734):570-574, 2005.



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Moving forward on food loss and waste reduction.** 2019. 153p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>>. Acesso em: 17/03/2023

GARRETT *et al.* **Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales.** *Ecology and Society* 25.1 (2020): 24.

HENDERS *et al.* **Trading forests: land-use change and carbon emissions embodied in production and exports of forest-risk commodities.** *Environmental Research Letters* 10(12):125012, 2015.

NAYLOR *et al.* Bradford, J. Alder, and H. Mooney. **Losing the links between livestock and land.** *Science* 310(5754):1621, 2005.

PENG *et al.* Improving nitrogen fertilization in rice by site specific N management. **A review.** *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 649–656. doi: 10.1051/agro/2010002, 2010.

PIMENTEL, D. **Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States.** *Environment, Development and Sustainability* 7:229-252, 2005.

PINGALI, P, HOSSAIN, M; GERPACIO, R. V. **Asian Rice Bowls: The Returning Crisis?** Los Baños, Philippines: International Rice Research Institute, 1997.

RIVERA, Ximena Schmidt *et al.* The role of aeroponic container farms in sustainable food systems—The environmental credentials. **Science of The Total Environment**, v. 860, p. 160420, 2023.

SAMBELL, Ros *et al.* Local challenges and successes associated with transitioning to sustainable food system practices for a west Australian context: Multi-sector stakeholder perceptions. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 11, p. 2051, 2019.



SUMBERG, James; GILLER, Ken E. **What is 'conventional' agriculture?.** Global Food Security, v. 32, p. 100617, 2022.

TILMAN *et al.* **Forecasting agriculturally driven global environmental change.** Science 292(5515):281-284, 2001.

TILMAN *et al.* **Agricultural sustainability and intensive production practices.** Nature 418:671-677, 2002.

UNIVERSITY OF LEEDS. **Why study at the University of Leeds?** International Study Centre. Disponível em: <<https://www.leedsisc.com/international-study-centre/university-of-leeds>>. Acesso em: 20 de abr. de 2023.

UNITED NATIONS. General Assembly. Resolution 70/1, 25 september 2015. **Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development.** Disponível em: <http://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf>. Acesso em: 10 De abr. 2023.

VITOUSEK *et al.* **Human domination of Earth's ecosystems.** Science 277 (5325):494-499, 1997.

WARD, N. **The agricultural treadmill and the rural environment in the post-productivist era.** Sociologia Ruralis 33 (3-4):348-364, 1993.