



25 a 28  
setembro  
2024  
Campus Central UEPG  
Ponta Grossa | PR

Explorando as Interseções das Inteligências  
Artificiais na Sociedade Atual

Realização:



Apoio:



COMTURPG



## SEMEANDO EM SOLO INCERTO: OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AGRICULTURA GLOBAL

### SOWING ON UNCERTAIN SOIL: THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON GLOBAL AGRICULTURE

#### ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

Aldo Siatkowski , UNICENTRO, Brasil, siatkowski.aldo@gmail.com

Cristiano Andrade Bober, UNICENTRO, Brasil, bobercristiano@gmail.com

João Marcos Opata, UNICENTRO, Brasil, joaomopata@hotmail.com

Edson Luis Kuzma, UNICENTRO, Brasil, edson.kuzma@gmail.com

Marcos de Castro, UNICENTRO, Brasil, marcosdecastroms@yahoo.com.br

#### Resumo

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura com o objetivo principal de analisar como as mudanças climáticas impactam a agricultura. Utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio*, foram selecionados e classificados 20 artigos de acordo com sua relevância científica, considerando o fator de impacto do periódico, o número de citações e o ano de publicação. As análises revelaram que as mudanças climáticas estão causando aumento das temperaturas, eventos climáticos extremos e variabilidade das precipitações, prejudicando a produção agrícola em diversas regiões. As adaptações necessárias incluem ajustes tecnológicos, diversificação de cultivos, agricultura de conservação e políticas robustas de apoio. O estudo concluiu que a resiliência climática agrícola depende do apoio institucional, da troca de conhecimento e de estratégias integradas para mitigar os efeitos adversos, garantindo a segurança alimentar e a estabilidade econômica das comunidades agrícolas. Os estudos destacam que a agricultura de conservação é vantajosa em regiões com condições adversas, enquanto outras pesquisas enfatizam a importância de políticas adaptativas e planejamento resiliente. Além disso, a percepção das mudanças climáticas pelos agricultores e suas estratégias de ação variam significativamente conforme características demográficas e socioeconômicas, sublinhando a necessidade de abordagens personalizadas. A pesquisa conclui ainda que enfrentar os desafios das mudanças climáticas na agricultura requer uma combinação de inovações tecnológicas, políticas adaptativas e cooperação global, assegurando a segurança alimentar e a estabilidade econômica das comunidades agrícolas.

**Palavras-chave:** Agricultura; Mudanças climáticas; Resiliência Climática; *Methodi Ordinatio*

#### Abstract

*This work presents a systematic literature review with the primary objective of analyzing how climate change impacts agriculture. Using the Methodi Ordinatio methodology, 20 articles were selected and classified based on their scientific relevance, considering the journal's impact factor, the number of citations, and the year of*

publication. The analyses revealed that climate change is causing increased temperatures, extreme weather events, and precipitation variability, which adversely affect agricultural production in various regions. Necessary adaptations include technological adjustments, crop diversification, conservation agriculture, and robust supportive policies. The study concluded that agricultural climate resilience depends on institutional support, knowledge exchange, and integrated strategies to mitigate adverse effects, ensuring food security and economic stability for agricultural communities. The studies highlight that conservation agriculture is advantageous in regions with adverse conditions, while other research emphasizes the importance of adaptive policies and resilient planning. Additionally, farmers' perceptions of climate change and their action strategies vary significantly according to demographic and socio-economic characteristics, underscoring the need for personalized approaches. The research further concludes that addressing the challenges of climate change in agriculture requires a combination of technological innovations, adaptive policies, and global cooperation, thus ensuring food security and economic stability for agricultural communities.

**Keywords:** Agriculture; Climate change; Climate Resilience; Methodi Ordinatio

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social global, sendo essencial para a segurança alimentar e o progresso econômico. Além de fornecer alimentos, a agricultura é um importante motor econômico, gerando empregos e impulsionando o mercado. A inovação e o desenvolvimento tecnológico no setor agrícola são cruciais para melhorar a produtividade, reduzir o desperdício e otimizar os recursos naturais, beneficiando não apenas os agricultores, mas toda a cadeia alimentar e a economia como um todo (Aragón, Oteiza & Rud, 2021).

Com o aumento da demanda agrícola impulsionado pelo crescimento populacional, renda e mudanças nos padrões de consumo, a agricultura também enfrenta o desafio adicional das mudanças climáticas. O aumento das temperaturas, alterações nos padrões de precipitação e a ocorrência de eventos climáticos extremos preocupam quanto à sustentabilidade e resiliência dos ecossistemas e das comunidades (Chandio, Jiang, Rehman & Rauf, 2020). As atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, têm sido os principais impulsionadores das mudanças climáticas desde 1800, resultando em secas intensas, escassez de água, incêndios severos, aumento do nível do mar e outros fenômenos adversos (Rasul, 2021).

As ameaças que a crise climática impõe à agricultura e aos sistemas alimentares são variadas, complexas e interconectadas (Rasul, 2021). Em 2016, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) alertou que, se a abordagem atual continuar, a produção alimentar global enfrentará choques climáticos extremos, reduzindo ainda mais a produtividade agrícola até 2030 (FAO, 2016). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas também estimou que essas mudanças podem aumentar o risco de fome e subnutrição em 20% até 2050 (IPCC, 2017). No futuro, os impactos negativos na produção agrícola se intensificarão, levando a maiores flutuações na produção agrícola e preços dos alimentos, afetando gravemente a estabilidade do mercado agrícola global (Song, Zhang, Wang & Kwek, 2022).

A crescente frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos têm impactos diretos na segurança alimentar, saúde pública e infraestrutura (Song *et al.*, 2022). Portanto, como proposto por Chen e Gong (2021) é crucial investigar os impactos das mudanças climáticas e desenvolver estratégias de adaptação e mitigação. A percepção dos agricultores sobre as mudanças climáticas e seus efeitos é vital para adaptar as práticas agrícolas de forma eficaz, promovendo estratégias que sejam economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis (Li, Ruiz-Menjivar, Zhang & Zhang, 2021).

Neste sentido, o objetivo da presente pesquisa é analisar o impacto das mudanças climáticas na agricultura a partir de uma revisão sistemática de literatura, utilizando a *Methodi Ordinatio*. Os

artigos foram pesquisados no portal de periódicos CAPES, entre os meses de maio e junho de 2024. As palavras chave utilizadas na busca foram: (*Global Warming or Climate Change or Climate Resilience*) and *Agriculture*. Aprimorando ainda mais os mecanismos de filtragem, foram direcionados os seguintes itens: tipo de recurso: apenas artigos; coleções: *Web of Science*, *ScienceDirect* e *Scopus*.

## 2. Impacto das Mudanças Climáticas na Agricultura

A agricultura, prática de produção de plantas e animais para alimentação, remonta a pelo menos 10.000 a.C. Assad e Almeida (2015) destacam que, na pré-história, o uso do fogo para limpar áreas e ferramentas rudimentares foram essenciais para os primeiros assentamentos humanos. A agricultura se expandiu globalmente, com modificações genéticas em plantas e animais para adaptar-se a diferentes ambientes. Esse avanço aumentou a diversidade de produtos agrícolas e melhorou a dieta humana. No entanto, a agricultura continua essencial para a alimentação e causa impacto ambiental inevitável.

Já Schmidhuber e Tubiello (2007) discutem que a agricultura é vital tanto para a alimentação quanto para a geração de renda. No contexto atual, onde o comércio global é acessível, a segurança alimentar não depende apenas da disponibilidade física de alimentos, mas também da capacidade das pessoas de obtê-los, seja por meios monetários ou não. A autossuficiência nacional, portanto, não garante a segurança alimentar individual. Exemplos disso são Hong Kong e Singapura, que, apesar de não serem autossuficientes em agricultura, possuem segurança alimentar, enquanto a Índia, autossuficiente, enfrenta problemas de insegurança alimentar entre parte de sua população.

Por outro lado, mudança climática refere-se a alterações significativas e de longo prazo nos padrões climáticos médios de uma região ou globalmente, incluindo desvios dos padrões normais do clima e seus efeitos em diversas áreas da Terra. Essas mudanças podem ocorrer ao longo de décadas, séculos ou até milhões de anos; no entanto, o aumento das atividades humanas, como industrialização, urbanização, desmatamento, práticas agrícolas e mudanças no uso da terra, tem acelerado a emissão de gases de efeito estufa. Como resultado, a taxa de mudança climática tornou-se significativamente mais rápida (Mahato, 2018).

Os impactos das mudanças climáticas têm se tornado cada vez mais evidentes ao longo das últimas décadas. Projeções indicam um padrão climático mais instável, resultando em vulnerabilidades exacerbadas nos países de renda mais baixa (Abid, Schilling, Scheffran & Zulficar, 2016). As alterações climáticas manifestam-se através de eventos como ondas de calor, inundações, secas e elevação do nível do mar, além da poluição atmosférica. Essas mudanças têm impactos significativos na saúde humana, contribuindo para o aumento de doenças respiratórias e transmissíveis, e causando danos diversos e agravos à saúde em decorrência de desastres, resultando até mesmo em óbitos. No médio e longo prazo, essas mudanças comprometem a segurança alimentar e nutricional (Alpino, Mazoto, Barros & Freitas, 2020).

## 3. Procedimentos Metodológicos

A partir do objetivo de explorar como as mudanças climáticas têm impactado a agricultura, este estudo realizou uma revisão sistemática da literatura por meio da aplicação da *Methodi Ordinatio*, que consiste em uma metodologia multicritério de tomada de decisão (*Multi-Criteria Decision Aid* - MCDA). Esta estratégia metodológica permite a criação de portfólios de artigos com relevância científica, a partir da aplicação da equação *Index Ordinatio* (*InOrdinatio*), que tem como objetivo selecionar e classificar os artigos de acordo com sua relevância científica, levando em consideração os principais fatores a serem considerados em um artigo científico: o

fator de impacto do periódico em que o artigo foi publicado, número de citações e ano de publicação (Pagani, Kovaleski & Resende, 2015).

A partir desses pontos, de acordo com Pagani *et al.* (2015), o método consiste na utilização da equação a seguir:  $InOrdinatio = (Fi/1000) + \alpha * [10 - (AnoPesq - AnoPub)] + (\Sigma Ci)$ , em que:

- $Fi$  = fator de impacto, conforme definido pelo *CiteScore* do ano anterior, ou sua estimativa do *Journal Citation Report* (JCR) no caso de *CiteScore* inexistente;
- $\alpha$  = coeficiente de importância do fator ano de publicação, variando de 1 a 10;
- $AnoPesq$  = ano em que a pesquisa está sendo realizada;
- $AnoPub$  = ano da publicação do artigo; e
- $SCi$  = total de citações do artigo encontradas conforme o *Google Scholar*.

Segundo Pagani, Kovaleski e Resende (2018), os mecanismos de publicação científica, bem como os empregados na busca de artigos científicos teóricos, têm aumentado tanto em quantidade quanto em qualidade. Ao aplicar a equação, os pesquisadores conseguem identificar, entre os trabalhos selecionados, aqueles mais relevantes para integrar seu portfólio bibliográfico. Dessa maneira, a metodologia proporciona aos pesquisadores uma abordagem sistemática e eficaz para a seleção e classificação de trabalhos científicos, em meio ao crescente volume de artigos, periódicos e bases de dados.

Para a realização da revisão sistemática foram buscados os artigos de maior relevância em três bases de dados internacionais: *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*, visto que apresentam grande número de publicações com as palavras-chaves pesquisadas, maior disponibilidade de acesso ao material publicado e maior consistência na busca. Inicialmente, estipulou-se as palavras-chaves: *Global Warming*; *Climate Change*; *Climate Resilience*; e *Agriculture*. Optou-se, também, pela análise dos artigos publicados nos anos de 2020 a 2024 acerca da temática em questão, sem limitação do idioma.

A partir da definição das bases de dados e das palavras-chaves, foi utilizada a seguinte combinação: (“*global warming*” OR “*climate change*” OR “*climate resilience*”) AND *Agriculture*. A busca definitiva dos dados resultou em um total bruto de 889 resultados. A Tabela 1 mostra o volume de artigos obtidos considerando cada base de dados pesquisada, bem como o campo utilizado.

COMBINAÇÃO DE PALAVRAS-CHAVES	SCIENCE DIRECT	SCOPUS	WEB OF SCIENCE
Title: (“ <i>global warming</i> ” OR “ <i>climate change</i> ” OR “ <i>climate resilience</i> ”) AND <i>Agriculture</i>	204	373	312
Total de artigos do portfólio	889		

Tabela 1 – Busca Sistemática de Literatura final

Em seguida, após a busca pelos termos, combinação e parâmetros previamente selecionados em cada base, os dados foram exportados para os gerenciadores de referências *Mendeley* e *JabRef* tendo em vista realizar procedimentos de filtragem, como identificar e excluir os artigos duplicados. Nesse processo, constatou-se a existência de 267 artigos duplicados. Após essa etapa, realizou-se uma leitura exploratória em todo o portfólio, abrangendo título, palavras-chave e resumo. O intuito era descartar os artigos que não estivessem em conformidade com o tema, resultando na identificação e exclusão de 187 artigos, o que culminou em um total de 435 artigos restantes. A Tabela 2 resume esses procedimentos e mostra o resultado final obtido.

PROCEDIMENTOS DE FILTRAGEM	NÚMERO DE ARTIGOS
Quantidade inicial de artigos	889
Artigos duplicados excluídos	267
Exclusão de artigos fora do tema	187
Total de artigos excluídos	454
Número resultante de artigos no portfólio	435

Tabela 2 – Procedimentos de filtragem

Nessa circunstância, a equação *InOrdinatio* foi aplicada, resultando em um portfólio ordenado de artigos científicos, de acordo com a relevância científica. Posteriormente, a partir do conjunto total de artigos obtidos, foram selecionados os 20 mais bem classificados pelo *InOrdinatio*. Em seguida, após encontrados em sua versão completa, deu-se início à leitura e análise sistemática do conteúdo desses artigos. As categorias apreciadas abrangeram especialmente o problema de pesquisa, metodologia, resultados e conclusões, em busca de estabelecer comparações.

#### 4. Resultados e Discussões

A partir da aplicação da *Methodi Ordinatio*, chegou-se ao seguinte quadro com os artigos pertinentes a pesquisa:

AUTORES, ANO E <i>InORDINATIO</i>	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
1   PEREVEDENTSEV, Y.P.; VASIL'EV, A.A. (2023)  <i>InOrdinatio</i> : 2844	Avalia as tendências de temperatura e precipitação na Rússia de 1950 a 2020. O estudo correlaciona mudanças na temperatura do ar com índices de circulação atmosférica e determina o impacto dessas mudanças na produtividade agrícola e na vulnerabilidade regional.	O estudo usa dados ERA5 de 1950 a 2020 para calcular médias anuais e sazonais de temperatura para nove regiões da Rússia, incluindo médias plurianuais, desvios padrão e tendências lineares, com séries temporais suavizadas por filtragem passa-baixa.	A temperatura do ar aumentou significativamente, especialmente no inverno. A aridez climática crescente nas regiões sul e secas prejudica a produção agrícola.
2   ARYAL, J.P. <i>et al.</i> (2020)  <i>InOrdinatio</i> : 1400,05	Avalia os impactos das mudanças climáticas na agricultura do Sul da Ásia. O estudo identifica práticas de adaptação para pequenos agricultores e propõe mudanças institucionais e políticas para melhorar a adaptação e a resiliência agrícola a longo prazo.	O estudo revisou sistematicamente a literatura sobre os impactos das mudanças climáticas na agricultura, analisando dados e projeções sobre variabilidade climática, produção de culturas e recursos naturais.	A variabilidade climática é responsável por cerca de 60% da variação nos rendimentos agrícolas, afetando negativamente a produção e aumentando a insegurança alimentar e a pobreza.
3   CHEN, S.; GONG, B. (2021)	Avaliar o impacto das mudanças de temperatura na produtividade agrícola e	A metodologia analisa dados climáticos e agrícolas de 2.495	Temperaturas extremas reduzem a produtividade agrícola e a produtividade

AUTORES, ANO E <i>InORDINATIO</i>		OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
	<i>InOrdinatio</i> : 808,03	na produtividade total dos fatores na China. O estudo determina a eficácia das adaptações adotadas pelos agricultores e analisa a relação não linear entre temperatura e produtividade.	condados na China (1981-2015) usando modelo de painel e diferenças longas para avaliar impactos de curto e longo prazo, considerando a adaptação dos agricultores.	total dos fatores (PTF), com adaptações de longo prazo mitigando parcialmente os impactos negativos.
4	ARAGÓN, F.M.; OTEIZA, F.; RUD, J.P. (2021)	Analisar como os agricultores em países em desenvolvimento respondem ao calor extremo, identificando mudanças produtivas como o aumento do uso da terra e a alteração da mistura de culturas para mitigar os impactos negativos das temperaturas elevadas.	Utilizando uma função de produção, o estudo combina dados de famílias agrícolas peruanas (2007-2015) com dados de temperatura de satélite para estimar a relação entre temperatura e produtividade agrícola.	Agricultores aumentam o uso da terra e a produção de tubérculos para mitigar os impactos do calor extremo, mas a produtividade agrícola ainda é afetada negativamente.
	<i>InOrdinatio</i> : 690,36			
5	ANTWI-AGYEI, P.; STRINGER, L.C. (2021)	Identificar as fontes de informação usadas por agentes de extensão agrícola no Alto Leste do Gana. O estudo determina suas necessidades de capacitação para comunicação eficaz de informações climáticas e identifica barreiras para a implementação de serviços de extensão na adaptação às mudanças climáticas.	O estudo usa métodos mistos, incluindo workshops, entrevistas e inquéritos com 32 agentes de extensão agrícola no nordeste de Gana, para entender os desafios e necessidades desses agentes.	Rádio e televisão são as principais fontes de informação climática. Capacitação técnica e melhoria das habilidades de comunicação são necessárias, com barreiras como falta de transporte e recursos financeiros insuficientes.
	<i>InOrdinatio</i> : 661,03			
6	CHANDIO, A.A. (2020)	Examinar o impacto das mudanças climáticas globais na produção agrícola na China (1982-2014), analisando como as emissões de CO <sub>2</sub> , temperatura e precipitação afetam a produtividade agrícola e fornecendo evidências para políticas adaptativas.	A metodologia inclui testes de raiz unitária e cointegração (ARDL, Johansen) para verificar a integração e a associação de variáveis no curto e longo prazo.	Emissões de CO <sub>2</sub> e variáveis climáticas afetam significativamente a produção agrícola, destacando a necessidade de políticas adaptativas.
	<i>InOrdinatio</i> : 610,55			
7	ZHANG, L. <i>et al</i> (2020)	Comparar a eficácia da Teoria do Comportamento Planejado (TPB) e da Teoria do Valor-Crença-Norma (VBN) na previsão de comportamentos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas na produção de arroz. O estudo também examina os determinantes das intenções e comportamentos dos produtores.	Coletando dados de 1.538 produtores de arroz na China, o estudo usa PLS-SEM para analisar determinantes de intenções e comportamentos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, comparando TPB e VBN.	A TPB e a VBN explicam diferentes comportamentos de adaptação e mitigação, sugerindo a necessidade de políticas que considerem essas diferenças teóricas.
	<i>InOrdinatio</i> : 544,05			

AUTORES, ANO E <i>InORDINATIO</i>		OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
8	RASUL, G. (2021)	Examinar os desafios multifacetados enfrentados pelos agricultores do Sul da Ásia devido aos impactos combinados das mudanças climáticas e da pandemia de COVID-19.	Revisão da literatura existente sobre os impactos dessas crises e suas interconexões.	Desafios crescentes devido às mudanças climáticas e à pandemia de COVID-19. Cooperação global como forma de garantir a segurança alimentar e fortalecer a resiliência agrícola.
	<i>InOrdinatio</i> : 533,03			
9	SU, Y.; GABRIELLE, B.; MAKOWSKI, D. (2021)	Comparar a produtividade dos sistemas de agricultura de conservação e sistemas de preparo convencional para oito principais espécies de culturas, sob condições climáticas atuais e futuras.	Pesquisa bibliográfica; Abordagem probabilística de aprendizado de máquina em escala global; 4.403 observações pareadas de sistemas de agricultura de conservação e convencional.	Grandes diferenças na probabilidade de ganhos de rendimento com agricultura de conservação entre tipos de culturas, práticas de gestão agrícola, zonas climáticas e regiões geográficas.
	<i>InOrdinatio</i> : 511,36			
10	PATHAK, H. (2023)	Avaliar os impactos, adaptação e mitigação das alterações climáticas na agricultura Indiana.	Revisão de literatura existente sobre os impactos das alterações climáticas na agricultura e a análise de dados experimentais da Índia.	A adoção de práticas de agricultura de conservação na Índia pode reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa e melhorar a resiliência e produtividade das culturas diante das mudanças climáticas.
	<i>InOrdinatio</i> : 505			
11	AHMED, Z. <i>et al</i> (2021)	Investigar as percepções dos agricultores sobre as mudanças climáticas, sua vulnerabilidade e as estratégias de adaptação na gestão agrícola nas ilhas ribeirinhas de Bangladesh.	Questionário semiestruturado para coletar dados de 98 domicílios; Discussões em grupos focais no distrito de Gaibandha, Bangladesh.	Os resultados destacam que secas, erosão fluvial e inundações são percebidos como principais riscos climáticos. Estratégias de adaptação influenciadas por fatores socioeconômicos.
	<i>InOrdinatio</i> : 496,36			
12	SONG, Y. <i>et al</i> (2022)	Investigar como as alterações climáticas afetam os fatores verdes agrícolas.	Métodos de controle sintético e outras ferramentas analíticas de avaliação de impacto climático; Análise quantitativa de dados para suporte empírico	Os resultados mostram que a precipitação, a temperatura e a umidade impactam significativamente a produtividade total dos fatores verdes agrícolas.
	<i>InOrdinatio</i> : 445,68			
13	SAPTUTYNINGSIH, E.; DISWANDI, D.; JAUNG, W. (2020)	Examinar o impacto do capital social na adaptação às mudanças climáticas no setor agrícola de Yogyakarta, Indonésia, particularmente em relação à disposição dos agricultores em contribuir	Modelo de regressão logística para analisar a disposição dos agricultores em pagar por adaptações às mudanças climáticas. A amostra incluiu 286 famílias agrícolas de	Setenta por cento dos agricultores demonstraram disposição para contribuir financeiramente. Fatores sociodemográficos influenciaram a
	<i>InOrdinatio</i> : 425,05			

AUTORES, ANO E <i>InORDINATIO</i>		OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
		financeiramente para estratégias de adaptação.	22 aldeias em Yogyakarta.	disposição de pagamento dos agricultores.
14	LI, W. <i>et al</i> (2021)	Investigar as percepções dos agricultores sobre as alterações climáticas e a adoção de tecnologias agrícolas de baixo carbono nos sistemas de produção de arroz na Bacia do Rio Yangtze	Modelo logit binário para avaliar os determinantes da adoção de tecnologias de baixo carbono (LCT); Método de estimativa de máxima verossimilhança para a estimativa de Poisson.	Os resultados revelaram que mais da metade dos agricultores na Bacia do Rio Yangtze percebem mudanças climáticas locais e padrões irregulares de precipitação, enquanto uma maioria significativa percebe que a produção agrícola contribui para a variabilidade climática.
	<i>InOrdinatio</i> : 421,70			
15	STRAFFELINI, E.; TAROLLI, P. (2023)	Analisar os impactos das mudanças climáticas nos sistemas agrícolas no nordeste da Itália, especificamente na área do Delta do Rio Pó.	Sistema de Informação Geográfica (SIG) para relacionar as zonas agrícolas atuais e futuras com suas respectivas classes climáticas, além de mapear o índice de aridez ao longo do tempo e investigar a seca agrícola ocorrida em 2022	Tendência de aridificação crescente, com um impacto significativo nas terras agrícolas irrigadas. O estudo destaca que a seca extrema e as altas temperaturas podem se tornar mais frequentes, agravando os desafios enfrentados pelos agricultores
	<i>InOrdinatio</i> : 407			
16	CINNER, J.E. <i>et al</i> (2022)	Investigar os potenciais impactos das alterações climáticas na produção agrícola e pesqueira em 72 comunidades costeiras tropicais de cinco países do Indo-Pacífico.	Combinação de inquéritos socioeconômicos realizados com 3.008 agregados familiares e resultados de simulação multimodelo intersetorial para uma análise subnacional dos impactos projetados.	Mudanças climáticas terão impactos significativos nos setores de pesca e agricultura em comunidades costeiras tropicais, com projeções de perdas maiores na pesca do que na agricultura globalmente.
	<i>InOrdinatio</i> : 395,68			
17	ZILLI, M. <i>et al</i> (2020)	Quantificar os impactos econômicos das mudanças climáticas na agricultura brasileira, em termos de mudanças na área e produção das principais commodities brasileiras, considerando a competição pelo uso da terra e os aspectos econômicos.	Utilização do GLOBIOM-Brasil, um modelo econômico de equilíbrio parcial, para simular os impactos das mudanças climáticas na agricultura.	Os resultados exploram as projeções de áreas agrícolas e de pastagens, bem como as mudanças na produção das principais culturas e pecuária, destacando a importância do comércio internacional para mitigar os impactos das mudanças climáticas.
	<i>InOrdinatio</i> : 389,55			
18	CUI, X.; XIE, W. (2022)	Quantificar a adaptação dos agricultores às mudanças climáticas através de ajustes na época de cultivo e avaliar o impacto desses ajustes na mitigação de perdas de rendimento.	O estudo analisou dados de painel de quase 800 locais na China (1993-2013) para avaliar a resposta das datas de plantio e duração da estação de	Adaptações podem antecipar o plantio e encurtar a estação de crescimento, reduzindo as perdas de rendimento em até 9%.
	<i>InOrdinatio</i> : 385,68			

AUTORES, ANO E <i>InORDINATIO</i>		OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADOS
			cultivo às variações de temperatura e precipitação.	
19	GUNTUKULA, R. (2020)  <i>InOrdinatio</i> : 369,55	Investigar como as mudanças climáticas afetam os rendimentos das principais culturas na Índia para compreender melhor as implicações para a segurança alimentar.	Utiliza séries temporais de sete culturas principais e métodos econométricos para avaliar os efeitos das variáveis climáticas na produtividade agrícola.	Variáveis climáticas impactam significativamente os rendimentos das culturas, com efeitos mistos entre diferentes tipos de culturas.
20	LABEYRIE, V. <i>et al</i> (2021)  <i>InOrdinatio</i> : 363,03	Compreender como a diversidade de culturas impacta a capacidade adaptativa dos agroecossistemas às mudanças climáticas e informar a tomada de decisão agrícola.	Revisão de 95 artigos científicos sobre mudanças na diversidade de culturas em resposta às mudanças climáticas, analisando trajetórias de mudança e fatores influentes.	A diversidade de cultivos ajuda na adaptação às mudanças climáticas, mas a homogeneização das culturas ameaça essa capacidade e a segurança alimentar.

Quadro 1 – Síntese dos artigos analisados

O estudo de Perevedentsev e Vasil’ev (2023) examinou as mudanças climáticas na Rússia e seu impacto na agricultura. As temperaturas subiram significativamente, especialmente no inverno, com um aumento médio de 0,38°C por década. Além disso, verificou-se que eventos climáticos extremos, como secas e ondas de calor, tornaram-se mais frequentes, afetando negativamente a produção agrícola. A análise destacou a necessidade de avaliações quantitativas e adaptações na agricultura para lidar com essas mudanças.

A agricultura no Sul da Ásia também enfrenta desafios significativos devido às mudanças climáticas, impactando a segurança alimentar e os pequenos agricultores. O artigo de Aryal *et al.* (2020) ressalta que adaptações tecnológicas e de governança são necessárias para mitigar esses impactos. Nesse caso, o apoio institucional é crucial para implementar estratégias de adaptação eficazes e sustentar a produtividade.

Chen e Gong (2021) investigaram como as mudanças climáticas afetam a produtividade agrícola na China e as adaptações dos agricultores. O calor extremo reduz a produtividade a curto prazo, mas adaptações no uso de recursos compensam parte desses impactos. Mesmo com adaptações, projeta-se que as mudanças climáticas causarão perdas substanciais na agricultura chinesa.

Enquanto isso, Aragón *et al.* (2021) analisaram como os agricultores peruanos se adaptam ao calor extremo, aumentando o uso da terra e alterando a mistura de culturas. Essas adaptações mitigam parcialmente os efeitos negativos do calor na produtividade agrícola. A pesquisa enfatiza a importância das respostas adaptativas dos agricultores para estimar os impactos econômicos das mudanças climáticas.

Antwi e Stringer (2021) exploram como os serviços de extensão agrícola podem ser aprimorados para ajudar os pequenos agricultores a enfrentar as mudanças climáticas. Utilizando métodos mistos, os autores analisam as fontes de informação, necessidades de capacitação e barreiras na adaptação às mudanças climáticas.

Sob outra perspectiva, o estudo de Chandio *et al.* (2020) examinou os impactos das mudanças climáticas na agricultura chinesa entre 1982 e 2014. Nesse contexto, verificou-se que fatores climáticos como emissões de CO<sub>2</sub>, temperatura e precipitação afetam a produtividade agrícola. O estudo destacou a necessidade de políticas adaptativas para mitigar os impactos adversos e garantir a segurança alimentar.

Em outro estudo, Zhang *et al.* (2020) compararam a eficácia da Teoria do Comportamento Planejado (TPB) e da Teoria do Valor-Crença-Norma (VBN) na previsão de comportamentos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas entre produtores de arroz na China. A TPB é mais eficaz para prever comportamentos de adaptação, enquanto a VBN explica melhor os comportamentos de mitigação.

Rasul (2021), apontou que as mudanças climáticas alteram a produção agrícola por meio de variações em temperaturas, precipitações e eventos climáticos extremos, enquanto a pandemia interrompe cadeias de abastecimento. Os agricultores enfrentam desafios sem precedentes que afetam a produção, comercialização, transporte e rendimento agrícola. O estudo enfatiza a necessidade de ação integrada e urgente, promovendo cooperação regional e global para garantir a segurança alimentar e melhorar a resiliência dos sistemas agrícolas.

No estudo de Su, Gabrielle e Makowski (2021), os autores comparam a agricultura de conservação (AC) com os sistemas de cultivo convencionais (CT) e analisam os impactos das mudanças climáticas na produtividade agrícola. Utilizando aprendizado de máquina, os resultados indicam que a AC tem melhor desempenho em regiões continentais, secas e temperadas, enquanto a CT é mais eficaz em regiões tropicais. Sob condições climáticas futuras, os dados sugerem que a AC oferece uma vantagem sustentável para os agricultores diante das mudanças climáticas, especialmente em áreas com condições adversas.

Ahmed, Guha, Shew e Alam (2021), examinam as percepções dos agricultores sobre as mudanças climáticas e suas estratégias de adaptação nas ilhas ribeirinhas de Bangladesh. Os autores destacam que secas, erosão fluvial e inundações são os principais riscos percebidos, causando impactos significativos na agricultura. Para mitigar esses problemas, os agricultores adotaram novas técnicas agrícolas, intensificaram a irrigação, ajustaram os tempos de plantio e optaram por culturas de curta duração. Fatores como idade, tamanho da família, renda anual e posse de terra influenciam suas escolhas adaptativas. O estudo, também, enfatiza a importância da educação e acesso a informações sobre tecnologias agrícolas para aumentar a resiliência dos agricultores diante das mudanças climáticas.

Sob outra perspectiva, Song *et al.* (2022) destacam que fatores climáticos como precipitação, temperatura e umidade têm um impacto significativo na produtividade total, afetando produção, fatores de produção e estrutura, com variações regionais específicas. Além disso, condições meteorológicas extremas exercem um impacto negativo considerável em áreas severamente afetadas. Os autores enfatizam a implementação de políticas para promover um desenvolvimento agrícola sustentável e adaptativo, visando mitigar os efeitos adversos.

Saptutyningshig, Diswandi e Jaung (2020) investigaram o impacto do capital social na adaptação às mudanças climáticas no setor agrícola de Yogyakarta, Indonésia, focando na disposição dos agricultores em contribuir financeiramente para estratégias de adaptação. Resultados mostram que 70% dos agricultores estavam dispostos a contribuir financeiramente, correlacionando essa disposição positivamente com altos níveis de capital social, incluindo confiança, participação comunitária e relações pessoais. Fatores sociodemográficos como idade, gênero, tamanho da família, alfabetização, tamanho da propriedade e posse de terra também influenciaram essa disposição de pagamento.

Por outro lado, Li *et al.* (2021), apontam que mais da metade dos agricultores observaram mudanças nas condições climáticas locais e padrões irregulares de precipitação. Além disso, verificou-se que os agricultores que têm maior conscientização sobre as mudanças climáticas e melhor acesso a recursos e informações são mais propensos a adotar tecnologias de baixo carbono. Nesse contexto, a troca de conhecimento e o suporte técnico são essenciais para facilitar a adaptação dos agricultores.

No estudo de Straffelini e Tarolli (2023), utilizando mapas climáticos atuais e futuros, índices de aridez e dados históricos, os autores identificaram como a crescente aridificação pode estar impactando severamente as terras agrícolas irrigadas no nordeste da Itália. O estudo alerta para o aumento potencial de secas extremas e altas temperaturas, agravando os desafios dos agricultores. Sublinha-se a necessidade urgente de planejamento agrícola resiliente e gestão sustentável da água para mitigar esses impactos.

Já Cinner *et al.* (2022) apontam que as perdas globais projetadas para a pesca são maiores que para a agricultura. A maioria dos locais analisados enfrenta perdas em ambos os setores simultaneamente, mas a mitigação climática pode reduzir essa carga dupla. As comunidades mais vulneráveis, especialmente aquelas com menor estatuto socioeconômico, são as mais afetadas. Para os agricultores, a projeção mostra que culturas como milho e mandioca enfrentam declínios consistentes, exacerbando a vulnerabilidade das comunidades rurais às mudanças climáticas.

A pesquisa de Cinner *et al.* (2022), ressalta que é crucial considerar as dimensões sociais da vulnerabilidade ao avaliar os impactos das alterações climáticas, uma vez que muitas comunidades dependem simultaneamente da pesca e da agricultura, e a abordagem integrada pode revelar uma variabilidade substancial nos impactos e na capacidade de adaptação das comunidades.

Zilli *et al.* (2020) argumentam que as mudanças climáticas têm impactos significativos na agricultura brasileira, mas ressalta o potencial de adaptação e resiliência do setor. Os autores enfatizam a importância do comércio internacional para mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas e apontam que políticas e estratégias adequadas podem ajudar os agricultores brasileiros a se adaptarem às novas condições climáticas, garantindo segurança alimentar e promovendo crescimento econômico sustentável.

Cui e Xie (2022) abordaram como as alterações climáticas impactam a agricultura e a adaptação dos agricultores por meio do ajuste das estações de cultivo. Usando dados da China, os autores analisaram como temperaturas e precipitações influenciam as datas de plantio e a duração das estações de crescimento do milho, sugerindo que tais ajustes podem mitigar parte dos danos causados pelas mudanças climáticas.

O estudo "*Assessing the Impact of Climate Change on Indian Agriculture: Evidence from Major Crop Yields*" de Guntukula (2020) examinou os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola na Índia. O estudo analisou dados anuais de sete culturas principais ao longo de 58 anos, avaliando o impacto de variáveis climáticas, como precipitação e temperaturas máximas e mínimas, nos rendimentos das culturas.

Por fim, Labeyrie *et al.* (2021) discutiram a importância da diversidade de culturas para a adaptação agrícola às mudanças climáticas. Baseando-se em observações locais, o estudo analisou como a diversidade de cultivos pode contribuir para a resiliência dos agroecossistemas, destacando o papel do conhecimento dos agricultores na adaptação às variações climáticas e na segurança alimentar.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da presente pesquisa foi analisar o impacto das mudanças climáticas na agricultura a partir de uma revisão sistemática de literatura, utilizando a *Methodi Ordinatio*. Verificou-se que, de fato, as mudanças climáticas têm impactado a agricultura, destacam-se alguns pontos elencados nos parágrafos a seguir. Os estudos apresentados fornecem uma visão abrangente dos impactos das mudanças climáticas na agricultura em diferentes regiões do mundo e destacam a importância das adaptações para enfrentar esses desafios.

Em resumo, as pesquisas mostram que as mudanças climáticas resultam em temperaturas mais altas, aumento na frequência de eventos climáticos extremos e variações nos padrões de precipitação. Esses fatores afetam negativamente a produtividade agrícola e a segurança alimentar global.

As adaptações tecnológicas, mudanças nas práticas agrícolas e o apoio institucional são cruciais para mitigar esses impactos. Estudos indicam que a agricultura de conservação pode oferecer uma vantagem sustentável em regiões com condições adversas, enquanto outras pesquisas destacam a necessidade de políticas adaptativas e de um planejamento agrícola resiliente. A cooperação regional e global, bem como a troca de conhecimento e suporte técnico, são essenciais para garantir a segurança alimentar e melhorar a resiliência dos sistemas agrícolas.

A percepção das mudanças climáticas e as estratégias de ação adotadas pelos agricultores podem variar significativamente conforme suas características, como idade, tamanho da família, renda anual, posse de terra e nível de educação. Essa variação destaca a importância de abordagens personalizadas para diferentes grupos de agricultores, levando em conta suas necessidades e capacidades específicas.

Além disso, a conscientização dos agricultores e a implementação de tecnologias de baixo carbono desempenham um papel importante na adaptação às mudanças climáticas. A diversidade de cultivos e a capacidade de ajuste das estações de cultivo também são estratégias eficazes para mitigar os impactos climáticos.

## REFERÊNCIAS

- Abid, M., Schilling, J., Scheffran, J., & Zulfiqar, F. (2016). Climate change vulnerability, adaptation and risk perceptions at farm level in Punjab, Pakistan. *Science of the Total Environment*, 547, 447–460. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.125>
- Ahmed, Z., Guha, G. S., Shew, A. M., & Alam, G. M. M. (2021). Climate change risk perceptions and agricultural adaptation strategies in vulnerable riverine char islands of Bangladesh. *Land Use Policy*, 103, 105295. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105295>
- Alpino, T. de M. A., Mazoto, M. L., Barros, D. C. de, & Freitas, C. M. de. (2022). Os impactos das mudanças climáticas na Segurança Alimentar e Nutricional: uma revisão da literatura. *Ciência & Saúde Coletiva*, 27(1), 273–286. <https://doi.org/10.1590/1413-8123202271.05972020>
- Antwi-Agyei, P., & Stringer, L. C. (2021). Improving the effectiveness of agricultural extension services in supporting farmers to adapt to climate change: Insights from northeastern Ghana. *Climate Risk Management*, 32, 100304. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100304>
- Aragón, F. M., Oteiza, F., & Rud, J. P. (2021). Climate Change and Agriculture: Subsistence Farmers' Response to Extreme Heat. *American Economic Journal: Economic Policy*, 13(1), 1–35. <https://doi.org/10.1257/pol.20190316>

- Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Khurana, R., Khatri-Chhetri, A., Rahut, D. B., & Jat, M. L. (2019). Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems. *Environment, Development and Sustainability*, 22. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4>
- Assad, M. L. L., & Almeida, J. (2004). Agricultura e sustentabilidade: Contexto, desafios e cenários. *Ciência & Ambiente*, 29, 15-30. Recuperado de [http://www.researchgate.net/publication/228718155\\_Agricultura\\_e\\_sustentabilidade](http://www.researchgate.net/publication/228718155_Agricultura_e_sustentabilidade)
- Chandio, A. A., Jiang, Y., Rehman, A., & Rauf, A. (2020). Short and long-run impacts of climate change on agriculture: an empirical evidence from China. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(2), 201–221. <https://doi.org/10.1108/ijccsm-05-2019-0026>
- Chen, S., & Gong, B. (2020). Response and adaptation of agriculture to climate change: Evidence from China. *Journal of Development Economics*, 102557. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102557>
- Cinner, J. E., Caldwell, I. R., Thiault, L., Ben, J., Blanchard, J. L., Coll, M., ... Maury, O. (2022). Potential impacts of climate change on agriculture and fisheries production in 72 tropical coastal communities. *Nature Communications*, 13(1), 3530. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30991-4>
- Cui, X., & Xie, W. (2021). Adapting Agriculture to Climate Change through Growing Season Adjustments: Evidence from Corn in China. *American Journal of Agricultural Economics*. <https://doi.org/10.1111/ajae.12227>
- FAO. (2016). Climate change, agriculture and food security. Rome Fao.
- Guntukula, R. (2019). Assessing the impact of climate change on Indian agriculture: Evidence from major crop yields. *Journal of Public Affairs*, 20(1). <https://doi.org/10.1002/pa.2040>
- IPCC, 2017. Enhancing the Contribution and Role of Practitioner Knowledge in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group (WG) II Process: Insights From UK Workshops.
- Labeyrie, V., Renard, D., Aumeeruddy-Thomas, Y., Benyei, P., Caillon, S., Calvet-Mir, L., ... Reyes-García, V. (2021). The role of crop diversity in climate change adaptation: insights from local observations to inform decision making in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 51, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.006>
- Li, W., Ruiz-Menjivar, J., Zhang, L., & Zhang, J. (2021). Climate change perceptions and the adoption of low-carbon agricultural technologies: Evidence from rice production systems in the Yangtze River Basin. *Science of the Total Environment*, 759, 143554. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143554>
- Mahato, A. (2018). Climate Change and its Impact on Agriculture. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4) (ISSN: 2250-3153). <http://www.ijsrp.org/research-paper-0414.php?rp=P282518>
- Pathak, H. (2022). Impact, adaptation, and mitigation of climate change in Indian agriculture. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10537-3>
- Pagani, R. N., Kovaleski, J. L., & Resende, L. M. (2015). Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*, 105(3), 2109–2135. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x>
- Pagani, R. N., Kovaleski, J. L., & Resende, L. M. M. de. (2017). Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. *Ciência Da Informação*, 46(2). <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v46i2.1886>
- Perevedentsev, Y. P., & Vasil'ev, A. A. (2023). Climate Change and Its Impact on Agriculture. *Russian Meteorology and Hydrology*, 48(9), 739-744. <https://doi.org/10.3103/s1068373923090017>
- Rasul, G. (2021). Twin challenges of COVID-19 pandemic and climate change for agriculture and food security in South Asia. *Environmental Challenges*, 2, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100027>

- Saptutyingsih, E., Diswandi, D., & Jaung, W. (2020). Does social capital matter in climate change adaptation? A lesson from agricultural sector in Yogyakarta, Indonesia. *Land Use Policy*, 95, 104189. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104189>
- Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19703-19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Song, Y., Zhang, B., Wang, J., & Kwek, K. (2022). The impact of climate change on China's agricultural green total factor productivity. *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122054. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122054>
- Straffelini, E., & Tarolli, P. (2023). Climate change-induced aridity is affecting agriculture in Northeast Italy. *Agricultural Systems*, 208, 103647. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103647>
- Su, Y., Gabrielle, B., & Makowski, D. (2021). The impact of climate change on the productivity of conservation agriculture. *Nature Climate Change*, 11(7), 628–633. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01075-w>
- Zhang, L., Ruiz-Menjivar, J., Luo, B., Liang, Z., & Swisher, M. E. (2020). Predicting climate change mitigation and adaptation behaviors in agricultural production: A comparison of the theory of planned behavior and the Value-Belief-Norm Theory. *Journal of Environmental Psychology*, 68, 101408. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101408>
- Zilli, M., Scarabello, M., Soterroni, A. C., Valin, H., Mosnier, A., Leclère, D., ... Ramos, F. M. (2020). The impact of climate change on Brazil's agriculture. *Science of the Total Environment*, 740(740), 139384. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139384>