

## Mudanças Climáticas e Segurança Alimentar no Brasil

Gislene Joselita de Souza Fonseca<sup>1</sup>

Viviani Silva Lírio<sup>2</sup>

### RESUMO

Esta pesquisa aborda a interseção entre Segurança Alimentar e mudanças climáticas, destacando os desafios e as implicações para o Brasil. O estudo examina como variáveis climáticas, como temperatura, precipitação e eventos extremos como a exposição a seca, impactam a produção agrícola e, conseqüentemente, a segurança alimentar. No contexto brasileiro, a diversidade climática e territorial agrava a vulnerabilidade do país em relação as mudanças climáticas.

Para mitigar esses impactos, destaca-se a importância da adoção de estratégias de adaptação climática. Práticas agrícolas inteligentes, manejo sustentável de recursos hídricos e tecnologias avançadas são recomendadas para aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas. Além disso, políticas públicas eficazes que promovam a agricultura sustentável e o apoio financeiro aos agricultores são essenciais para enfrentar os desafios climáticos.

Ressalta-se a necessidade de abordagens regionais específicas no Brasil, devido às disparidades climáticas e socioeconômicas. Regiões como o Norte e o Nordeste requerem estratégias adaptadas às suas vulnerabilidades particulares.

Apesar das limitações relacionadas a disponibilidade e qualidade de dados, a pesquisa oferece uma boa perspectiva para a formulação de estratégias de adaptação que assegurem a segurança alimentar e a sustentabilidade em face das mudanças climáticas.

Em resumo, essa pesquisa destaca a urgência de ações coordenadas para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas na segurança alimentar, destacando a necessidade de abordagens integradas e multidisciplinares para garantir um futuro sustentável.

**Palavras-chave:** Segurança Alimentar, Mudanças climáticas, Vulnerabilidade climática

### ABSTRACT

This research explores the relationship between food security and climate change, focusing on the challenges and implications for Brazil. It examines how climatic variables such as temperature, precipitation, and extreme events affect agricultural production and, consequently, food security. In the Brazilian context, climatic and territorial diversity increases vulnerability, especially in regions like the Northeast, which already faces historical drought issues.

The study analyzes the direct impacts of climate change, such as the reduction in agricultural productivity due to adverse conditions, including prolonged droughts and floods. It also identifies indirect effects, such as fluctuations in food prices and increased malnutrition, which limit access to food and negatively impact population health.

To mitigate these impacts, the research highlights the importance of adopting climate adaptation strategies. It recommends climate-smart agricultural practices, sustainable water resource management, and advanced technologies to increase the resilience of agricultural systems. Additionally, effective public policies that promote sustainable agriculture and provide financial support to farmers are essential to address climate challenges.

---

<sup>1</sup> Estudante de Doutorado do Programa de Pós Graduação de Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa.

<sup>2</sup> Professora do Programa de Pós Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa.

The research acknowledges the need for region-specific approaches in Brazil due to climatic and socioeconomic disparities. Regions like the North and Northeast require strategies tailored to their specific vulnerabilities.

However, the research faces limitations, such as the complexity and variability of climatic and agricultural data, data availability and quality, and the need to integrate socioeconomic and political factors. Despite these limitations, the research provides valuable insights for formulating adaptation strategies that ensure food security and sustainability in the face of climate change.

In summary, the research emphasizes the urgency of coordinated actions to tackle the challenges posed by climate change on food security, highlighting the need for integrated and multidisciplinary approaches to ensure a sustainable future.

**Keywords:** Food Security, Climate Change, Climate vulnerability

**JEL Classification:**E24

## **ÁREA 13: DESIGUALDADE, POBREZA E POLÍTICAS SOCIAIS**

### **1-INTRODUÇÃO**

As alterações climáticas emergiram como um dos desafios globais mais prementes do nosso tempo, com implicações de longo alcance para vários aspetos da vida humana, incluindo a segurança alimentar (Tubiello,2007). A segurança alimentar (SAN) refere-se ao acesso de todas as pessoas, em todos os momentos, a alimentos suficientes, seguros e nutritivos para atender às suas necessidades dietéticas e preferências alimentares, permitindo uma vida ativa e saudável. O impacto das alterações climáticas na segurança alimentar pode ser compreendido através dos seus efeitos nas três componentes principais da segurança alimentar: disponibilidade, acesso e utilização (Thompson et al., 2010).

A segurança alimentar é um pilar fundamental para o desenvolvimento sustentável. Assim, a segurança alimentar é um conceito multifacetado que envolve a disponibilidade de alimentos, o acesso econômico e físico a eles, a utilização adequada dos nutrientes e a estabilidade dessas condições ao longo do tempo. Quando qualquer uma dessas dimensões é comprometida, surge a insegurança alimentar, uma condição que ameaça o bem-estar e a saúde das populações, especialmente das mais vulneráveis.

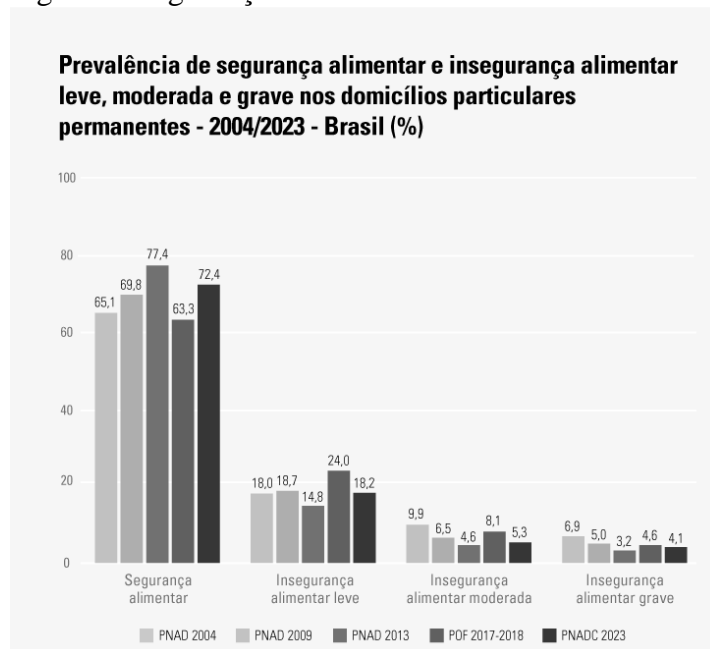
O sistema alimentar global é uma rede complexa e multifacetada que engloba todas as etapas da cadeia produtiva de alimentos, desde a produção agrícola até o consumo final. Essa rede inclui a agricultura, pecuária, pesca, transporte, processamento, embalagem, armazenamento, varejo, consumo e gestão de perdas e resíduos. Cada etapa deste sistema é interdependente e desempenha um papel crucial na garantia de que alimentos seguros e nutritivos estejam disponíveis para a população mundial.

Prevê-se que as alterações climáticas diminuam a produtividade das atividades agropecuárias, levando à redução da disponibilidade de alimentos, ao mesmo tempo que contribuem para a degradação dos solos e para os elevados preços de mercado, o que pode limitar o acesso aos alimentos (Masipa, 2017; Thompson et al., 2010; Raza et al., 2019). Além disso, os impactos negativos nos meios de subsistência e o aumento das taxas de desnutrição sugerem que a utilização dos alimentos disponíveis também pode ser comprometida (Thompson et al., 2010). No Brasil, país com vasta extensão territorial e rica biodiversidade, os efeitos das mudanças climáticas são particularmente relevantes, afetando diretamente a produção agrícola e, conseqüentemente, a segurança alimentar. As variações nos padrões climáticos, como o

aumento da frequência e intensidade de eventos extremos: Secas severas, inundações frequentes e ondas de calor têm se tornado mais comuns, alteram os ciclos produtivos e a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a agricultura

Nos últimos anos, o Brasil tem enfrentado desafios significativos em relação à segurança alimentar. Dados recentes indicam um aumento na prevalência de insegurança alimentar, especialmente em regiões como o Norte e o Nordeste. No relatório publicado pela ONU, o país registra cerca de 21 milhões de pessoas que não têm o que comer todos os dias e 70,3 milhões em insegurança alimentar. Segundo o relatório, são 10 milhões de pessoas desnutridas no país. A evolução dos índices de segurança alimentar brasileiros, pode ser acompanhada na figura 1 abaixo:

Figura 1- Segurança alimentar no Brasil de 2004 a 2023



Fonte: IBGE

As mudanças climáticas e a resiliência climática estão intimamente relacionadas, especialmente no contexto do Brasil. As mudanças climáticas referem-se às alterações significativas e de longo prazo nos padrões meteorológicos e de temperatura, resultantes principalmente das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e práticas agrícolas intensivas. Esses fenômenos têm impactos profundos no meio ambiente, na economia e na sociedade (IPCC,2021).

No Brasil, as mudanças climáticas manifestam-se através de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, inundações, aumento da temperatura e mudanças nos padrões de precipitação. Essas alterações afetam diretamente a produção agrícola, que é um pilar fundamental para a segurança alimentar do país (FAO,2021). A agricultura brasileira, especialmente nas regiões mais vulneráveis, como o Semiárido nordestino, enfrenta desafios significativos devido à variabilidade climática, com consequências diretas na disponibilidade de alimentos e na estabilidade econômica das comunidades rurais.

A resiliência climática, por outro lado, refere-se à capacidade de sistemas naturais e humanos de se adaptarem e se recuperarem dos impactos adversos das mudanças climáticas. No contexto agrícola, isso envolve a adoção de práticas sustentáveis que aumentem a capacidade de adaptação dos produtores e reduzam a vulnerabilidade às variações climáticas. Práticas como o manejo sustentável do solo, o uso eficiente da água, a diversificação de culturas e a implementação de tecnologias agrícolas inteligentes são fundamentais para construir essa resiliência (IPCC,2023).

A interdependência entre mudanças climáticas e resiliência climática é clara: enquanto as mudanças climáticas representam uma ameaça crescente, a resiliência climática oferece um caminho para mitigar esses impactos e assegurar a continuidade da produção agrícola e da segurança alimentar (FAO,2022).A promoção de políticas públicas integradas que incentivem práticas agrícolas sustentáveis, a pesquisa e desenvolvimento de cultivares resistentes ao clima, e o apoio a agricultores afetados por eventos climáticos extremos são essenciais para fortalecer a resiliência climática no Brasil

A relação entre mudanças climáticas e resiliência climática no Brasil é uma dinâmica de desafio e resposta. As mudanças climáticas impõem desafios significativos, mas através da construção de resiliência climática, o Brasil pode adaptar-se e prosperar, assegurando a sustentabilidade de seu setor agrícola e a segurança alimentar para sua população (Ministério do Meio Ambiente,2023).

A presente pesquisa tem como objetivo principal identificar as principais influências das mudanças climáticas nos índices de segurança alimentar no Brasil. Através de uma abordagem multidisciplinar, pretende-se analisar como diferentes variáveis climáticas impactam a produção agrícola e a disponibilidade de alimentos, bem como as consequências dessas mudanças para a segurança alimentar das populações mais vulneráveis.

Além disso, o estudo buscará entender as disparidades regionais nos impactos das mudanças climáticas sobre a segurança alimentar, reconhecendo que as regiões Norte e Nordeste, por exemplo, podem enfrentar desafios distintos em comparação às regiões Sul e Sudeste. A identificação dessas influências permitirá a formulação de políticas públicas mais eficazes e direcionadas, visando mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas e promover a resiliência do setor agrícola brasileiro.

Com esta pesquisa, espera-se contribuir para um entendimento mais profundo das complexas interações entre clima e segurança alimentar no Brasil, fornecendo subsídios valiosos para a elaboração de estratégias que assegurem a sustentabilidade e a equidade no acesso a alimentos em um cenário de mudanças climáticas globais.

Portanto, este trabalho é de grande relevância, pois busca fornecer uma compreensão detalhada das interconexões entre mudanças climáticas e segurança alimentar no Brasil. Os achados desta pesquisa poderão contribuir para a formulação de estratégias de adaptação e mitigação que garantam a segurança alimentar e promovam a resiliência das comunidades afetadas.

## **2-REVISÃO DE LITERATURA**

A ameaça iminente das alterações climáticas tornou-se uma preocupação global premente, com implicações de longo alcance em diversos aspectos, incluindo a segurança alimentar. À medida que a população mundial continua a crescer, o desafio de garantir um abastecimento alimentar adequado e nutritivo para todos tornou-se cada vez mais complexo, exacerbado pelos efeitos adversos das alterações climáticas nos sistemas agrícolas (Chávez-Dulanto et al., 2020). Dado seu caráter multiconceitual, a segurança alimentar é um tema amplamente estudado e envolve diversas dimensões, desde a produção e distribuição de alimentos até o acesso e consumo pelas populações. No contexto das mudanças climáticas, esses fatores se tornam ainda mais complexos e interdependentes, exigindo uma análise profunda.

A segurança alimentar é um conceito multifacetado e complexo que tem recebido atenção significativa nos últimos anos, particularmente no contexto do desenvolvimento global e da agricultura sustentável. A Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) define segurança alimentar como uma “situação que existe quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico, social e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos que satisfaçam as suas necessidades dietéticas e alimentares” (Schmidhuber & Tubiello, 2007). Esta definição abrange quatro dimensões principais do abastecimento alimentar: disponibilidade, estabilidade, acesso e utilização (Schmidhuber & Tubiello, 2007). A

disponibilidade relaciona-se com a capacidade global do sistema agrícola para satisfazer a procura de alimentos, que é influenciada por uma série de fatores agroclimáticos e socioeconómicos. A estabilidade refere-se à capacidade dos indivíduos de garantir o acesso a recursos alimentares adequados, mesmo diante de eventos inesperados, como agitação social ou fatores climáticos. O acesso abrange o acesso físico e económico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos. Por fim, a utilização centra-se na capacidade dos indivíduos de consumir e utilizar os alimentos de forma a promover uma vida saudável e ativa (Bhandari, 2021) (Schmidhuber & Tubiello, 2007).

As alterações climáticas podem ter impacto na segurança alimentar através de várias vias, tais como afetar a disponibilidade, o acesso, a utilização e a estabilidade do abastecimento alimentar (Hall et al., 2021). Sendo assim, as mudanças climáticas têm sido identificadas como um dos maiores desafios para a segurança alimentar global. O aumento da temperatura, a alteração dos padrões de precipitação e a frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos, como secas, enchentes e tempestades, têm impactos diretos e indiretos na produção agrícola. Esses fenômenos podem reduzir a produtividade das culturas, danificar infraestruturas essenciais e afetar negativamente a disponibilidade de alimentos (IPCC, 2021). Os países subdesenvolvidos, são particularmente vulneráveis aos impactos negativos das alterações climáticas na segurança alimentar, dada a dependência dessas regiões da agricultura e a vulnerabilidade geral da população (Thompson et al., 2010).

As alterações climáticas podem afetar de maneira direta a produtividade das culturas através de mudanças na temperatura, nos padrões de precipitação e no aumento da frequência e gravidade de eventos climáticos extremos (Raza et al., 2019). Isto pode levar à redução da produção, à degradação da terra e, em última análise, à diminuição da disponibilidade de alimentos (Sultan, 2012). Além disso, os efeitos indiretos das alterações climáticas, tais como as flutuações dos preços de mercado, as modificações nos meios de subsistência e o aumento da desnutrição, agravam ainda mais os desafios à segurança alimentar (Thompson et al., 2010; Adeleye et al., 2021, Bhatt & Hossain, 2019).

Para enfrentar estes desafios complexos, as estratégias de adaptação têm sido fortemente discutidas na literatura como um meio de mitigar a grave insegurança alimentar que poderia ocorrer principalmente entre as populações mais vulneráveis (Thompson et al., 2010). A transformação dos sistemas alimentares sob a pressão das alterações climáticas é crucial, e o papel da agricultura inteligente em termos climáticos tem sido destacado como uma solução potencial para alcançar a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável mais rapidamente (Zougmore et al., 2021).

Cadeias de valor agrícolas inteligentes em termos climáticos que considerem todo o sistema alimentar, desde a produção até à comercialização, podem ajudar a criar resiliência e garantir a disponibilidade, o acesso e a utilização de alimentos nutritivos (Mwongera et al., 2018). Ao integrar práticas e tecnologias climaticamente inteligentes em toda a cadeia de valor, as partes interessadas podem trabalhar para se adaptarem às mudanças nas condições climáticas e garantirem a segurança alimentar das populações vulneráveis (López-Marqués et al., 2020; Mohammadi et al., 2022).

Os impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar no Brasil são multifacetados e de longo alcance. Vários estudos demonstraram que as alterações climáticas já estão a ter efeitos significativos nos sectores da agricultura, silvicultura e pescas do país (Indriawati & Prasetyani, 2021). As pesquisas sobre os efeitos das mudanças climáticas na segurança alimentar são fundamentais devido à importância do setor agrícola para a economia do país e para a segurança alimentar global. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de alimentos, e qualquer impacto significativo na sua produção agrícola pode ter repercussões globais (Foley et al., 2011). Estudos como o de Assad et al. (2013) têm mostrado que as mudanças climáticas podem

reduzir significativamente a área adequada para a produção de grãos no Brasil, destacando a necessidade urgente de estratégias de adaptação.

A vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas varia significativamente entre as regiões brasileiras. No caso do Brasil, a diversidade climática e ecológica do país significa que diferentes regiões enfrentam diferentes tipos de riscos. Por exemplo, o Nordeste brasileiro é particularmente suscetível a secas, enquanto a Amazônia está ameaçada por desmatamentos e mudanças no regime de chuvas (Marengo et al., 2018). Essas diferenças regionais exigem abordagens específicas para mitigar os impactos e garantir a segurança alimentar.

No setor agrícola, prevê-se que as alterações climáticas conduzam a uma diminuição significativa da produção global até 2050 (Indriawati & Prasetyani, 2021). Isto se deve a uma variedade de fatores, incluindo mudanças na temperatura, padrões de precipitação e frequência de eventos climáticos extremos. Por exemplo, um ligeiro aumento na temperatura pode, na verdade, aumentar a produtividade das pastagens em algumas regiões de pastagens temperadas e úmidas (Raza et al., 2019). No entanto, em outras áreas, como no bioma Caatinga no Nordeste do Brasil, espera-se que a redução da disponibilidade de água tenha um impacto negativo no ecossistema (Pinheiro et al., 2017).

Os efeitos das alterações climáticas na silvicultura também são preocupantes. Prevê-se que as alterações climáticas contribuam para um declínio no fornecimento de madeira e um aumento dos incêndios florestais em certas regiões. Isto, por sua vez, pode ter efeitos em cascata na segurança alimentar, uma vez que as florestas são uma importante fonte de alimentos e outros recursos para muitas comunidades. (Indriawati & Prasetyani, 2021).

Os impactos das alterações climáticas nas pescas também são significativos. A investigação proposta por Indriawati & Prasetyani (2021), sugere que as alterações climáticas podem levar a uma diminuição da biomassa de peixes grandes e a um aumento das mortes de peixes em diversas áreas, como por exemplo, na bacia do Paraná.

Para enfrentar esses desafios, é crucial que o Brasil desenvolva e implemente estratégias para construir resiliência climática nos setores agrícola, florestal e pesqueiro. (Singh et al., 2021). Essas manobras pedem o envolvimento de investimento em novas tecnologias, adoção de agricultura de práticas sustentável e melhoras os sistemas de alerta precoce para eventos climáticos extremos. (Pereira et al., 2012).

Ao tomar medidas proativas para enfrentar os impactos das mudanças climáticas, o Brasil pode ajudar a garantir a segurança alimentar da sua crescente população e contribuir para os esforços globais para construir um sistema alimentar mais sustentável e resiliente.

### 3 METODOLOGIA

Esta metodologia descreve o uso do modelo econométrico Vector Error Correction Model (VECM) para investigar os impactos das mudanças climáticas, especificamente variações na precipitação e temperatura, na insegurança alimentar no Brasil. O VECM é apropriado para esta análise, pois permite examinar tanto as relações de curto prazo quanto as de longo prazo entre as variáveis de interesse.

#### 3.1 Fonte de Dados

Os dados utilizados no modelo proposto serão obtidos através de várias bases disponíveis relacionadas a temática. Sendo divididos da seguinte forma:

- **Insegurança Alimentar (IA):** Medida por índices de insegurança alimentar disponíveis em bases de dados nacionais de responsabilidade do IBGE.

- **Precipitação (PREC):** Dados anuais de precipitação média, obtidos de agência meteorológica- o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia)
- **Temperatura (TEMP):** Dados anuais de temperatura média, também obtidos da fonte INMET.
- **Outras Variáveis de Controle:** Porcentagem da população exposta a precipitação extrema e porcentagem da população exposta a seca, obtidos da base Organisation for Economic Co-operation and Development- OECD.

Os dados vão abranger um período suficientemente longo para captar as variações sazonais e tendências de longo prazo, variando de 2004 a 2023.

### 3.2 Modelo Econométrico

#### Testes de Raiz Unitária

Antes de aplicar o modelo VECM, é necessário verificar a integração das séries temporais. Utilizaremos testes de raiz unitária como o Augmented Dickey-Fuller (ADF) e Phillips-Perron (PP) para cada variável:

- $IAN_t$
- $Precipitação_t$
- $Temperatura_t$

#### Teste de Cointegração de Johansen

Como as séries temporais são integradas da mesma ordem, aplicaremos o teste de cointegração de Johansen para verificar a existência de relações de longo prazo entre as variáveis:

- $IAN_t \sim Precipitação_t + Temperatura_t$

#### Estimação do Modelo VECM

Com base nos resultados dos testes de cointegração, estimaremos o modelo VECM, que pode ser representado como:

$$\Delta IAN_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta IAN_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta PREC_{t-i} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta TEMP_{t-i} + \pi Z_{t-1} + \varepsilon_t$$

Onde:

- $\Delta$  representa as primeiras diferenças das variáveis.
- $\Gamma_i$  são os coeficientes das variáveis defasadas.
- $\Pi$  é a matriz de cointegração.
- $Z_{t-1}$  é o vetor de termos de erro de correção de longo prazo.
- $\varepsilon_t$  é o termo de erro.

A metodologia proposta permitirá uma análise robusta dos impactos das mudanças climáticas na insegurança alimentar no Brasil, fornecendo resultados que contribuem para um melhor entendimento desse fenômeno, assim como contribuir na formulação de políticas públicas que visam mitigar a fome no país.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados correspondem a estimação do modelo de correção de erros vetorial (VECM) utilizando as variáveis apresentadas anteriormente. O objetivo deste modelo é capturar a relação de longo prazo (cointegração) e as dinâmicas de curto prazo entre essas variáveis.

Os coeficientes encontrados na estimação expostos na Tabela 1, indicam que, no longo prazo, um aumento na Temperatura média e na porcentagem de pessoas expostas a seca está associado a um aumento nos índices de Insegurança alimentar. Isso sugere que mudanças na temperatura média e em eventos extremos de seca têm um impacto significativo sobre o índice de vulnerabilidade ao clima, como é o caso da segurança alimentar.



Tabela 1- Resultados estimados VECM

<b>Beta</b>	<b>Coef.</b>	<b>Std.Err.</b>	<b>Z</b>	<b>p&gt; z </b>
<b>IAN</b>	1	.	.	.
<b>Temp. média</b>	4.61562	.6426404	7.18	0.000
<b>Precipitação</b>	-.0251015	.0117728	-2.13	0.033
<b>_cons</b>	-105.103	.	.	.

Fonte: Elaborado pelas autoras

Trabalhos voltados a interação das mudanças climáticas e seus impactos na vida dos indivíduos chegam a resultados semelhantes e concluem que a crescente frequência e intensidade de fenômenos meteorológicos extremos, como ondas de calor, secas, inundações e tempestades, tornaram-se uma preocupação significativa em todo o mundo, com profundas implicações para a segurança alimentar global. À medida que o clima continua a mudar, estes eventos extremos tornam-se mais prevalentes, colocando sérios desafios à produção agrícola e à disponibilidade de alimentos (Zahra, 2016; Raza et al., 2019; Lenka et al., 2020; Shahzad et al., 2021).

Segundo Lenka et al., 2020 as implicações destes fenômenos climáticos extremos para a segurança alimentar são de grande alcance. Os rendimentos das colheitas podem ser drasticamente reduzidos, levando à escassez de alimentos básicos e à inflação dos preços. Isto, por sua vez, pode ter um impacto desproporcional nas populações mais vulneráveis, exacerbando problemas de pobreza e desnutrição (Gregory et al., 2005).

As estimações que interagem o nível de precipitação e a variável de insegurança alimentar, revela que um aumento nos níveis de precipitação aumenta a insegurança alimentar. Esse resultado caminha na mesma direção da relação estabelecida entre os níveis de precipitação e a segurança alimentar encontrados na literatura, que revela uma questão complexa e multifacetada que tem recebido atenção significativa nos últimos anos. As alterações climáticas, com as mudanças que as acompanham nos padrões de precipitação, são amplamente reconhecidas como uma grande ameaça à segurança alimentar global (Zahra, 2016; Wheeler & Braun, 2013).

O aumento da precipitação pode perturbar a estabilidade dos sistemas alimentares de várias maneiras. A variabilidade de curto prazo no abastecimento alimentar, impulsionada pela variabilidade e alterações climáticas, pode exacerbar a insegurança alimentar em áreas já vulneráveis à fome e à subnutrição (Wheeler & Braun, 2013; Schmidhuber & Tubiello, 2007; Wheeler & Braun, 2013). Além disso, os efeitos indiretos das alterações na precipitação nos rendimentos familiares e individuais, bem como no acesso à água potável e à saúde, podem prejudicar a utilização e a acessibilidade dos alimentos (Wheeler & Braun, 2013).

Simultaneamente, os padrões de precipitação podem tornar-se mais intensos, mas menos frequentes, levando a um risco aumentado de inundações repentinas, erosão do solo e secas agrícolas (Thornton et al., 2014). Isto pode ter um impacto negativo no rendimento das culturas e na saúde do gado, minando em última análise a segurança alimentar, o que vai de encontro com os resultados obtidos nessa pesquisa que revelam que no longo prazo que as variações nos níveis de precipitação afetam os níveis de insegurança alimentar.

Essas descobertas são relevantes para a compreensão das dinâmicas entre vulnerabilidade ao clima e eventos extremos no Brasil, especialmente em relação a mudanças climáticas e seus impactos. Os resultados indicam a importância de monitorar e mitigar os efeitos de mudanças na temperatura média e eventos extremos de seca para reduzir a vulnerabilidade ao clima, principalmente no que se diz respeito a garantia de segurança alimentar a população brasileira.

## 5 CONCLUSÃO

A pesquisa sobre segurança alimentar e mudanças climáticas aborda um tema crucial para a sustentabilidade global e o bem-estar das populações, especialmente em países vulneráveis como o Brasil. Ao explorar as interações entre variáveis climáticas, e segurança alimentar, este estudo oferece uma percepção de como as mudanças no clima podem impactar negativamente a disponibilidade, o acesso e a utilização de alimentos, exacerbando problemas de desnutrição e fome.

Os efeitos das mudanças climáticas na segurança alimentar são complexos e multifacetados. Alterações na temperatura, nos padrões de precipitação e a frequência de eventos climáticos extremos, como secas e inundações, afetam diretamente a produtividade agrícola. No Brasil, essas mudanças têm implicações significativas devido à sua vasta extensão territorial e diversidade climática. Regiões como o Nordeste, que já enfrentam desafios históricos de seca, estão particularmente vulneráveis. Os resultados dessa pesquisa destacam que a redução da disponibilidade de água e a degradação dos solos podem diminuir a produção agrícola, aumentando a insegurança alimentar.

Além dos impactos diretos na agricultura, as mudanças climáticas afetam a segurança alimentar através de efeitos indiretos, como flutuações nos preços dos alimentos, redução dos meios de subsistência e aumento da desnutrição. A variação dos preços pode limitar o acesso a alimentos, especialmente para populações de baixa renda, enquanto a deterioração das condições de saúde, devido à desnutrição, compromete a utilização adequada dos nutrientes disponíveis.

O Brasil, como um dos maiores produtores agrícolas do mundo, enfrenta desafios específicos. As mudanças climáticas enfrentadas atualmente podem levar a uma redução significativa das áreas adequadas para a produção de grãos, essencial para a segurança alimentar tanto nacional quanto global. A vulnerabilidade do setor agrícola é agravada pela dependência de práticas agrícolas tradicionais que podem não ser resilientes às novas condições climáticas. Assim, a adaptação e a mitigação são essenciais para garantir a sustentabilidade e a segurança alimentar.

Sendo assim, é importante enfatizar a importância de políticas públicas eficazes que apoiem a adaptação climática. Políticas voltadas para a promoção da agricultura sustentável, o fortalecimento das infraestruturas rurais e o apoio financeiro aos agricultores são cruciais para mitigar os impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar. Além disso, a colaboração internacional é vital, dado que as mudanças climáticas e a segurança alimentar são questões globais que transcendem fronteiras nacionais.

No contexto brasileiro, vale a ressalva da necessidade de abordagens regionais específicas devido às disparidades climáticas e socioeconômicas entre diferentes áreas do país. As regiões Norte e Nordeste, por exemplo, requerem estratégias de adaptação que considerem suas vulnerabilidades específicas, como a escassez de água e a dependência de culturas sensíveis ao clima. Por outro lado, as regiões Sul e Sudeste podem precisar de abordagens que lidem com inundações e a variabilidade dos padrões de precipitação.

Em conclusão, essa pesquisa sublinha a urgência de ações coordenadas para enfrentar os desafios impostos pelas alterações climáticas. A sustentabilidade da produção alimentar, a resiliência das comunidades agrícolas e a garantia de acesso a alimentos nutritivos e seguros são objetivos fundamentais que devem ser perseguidos através de uma abordagem integrada e multidisciplinar. A compreensão detalhada das interações entre clima e segurança alimentar, como apresentada nesta pesquisa, é crucial para a formulação de estratégias de adaptação eficazes que assegurem um futuro sustentável e equitativo para todos.

Apesar das contribuições desta pesquisa, é crucial reconhecer e abordar as limitações para melhorar a precisão e a aplicabilidade das conclusões. Futuras pesquisas devem focar em aumentar a resolução e a precisão dos dados, uma vez que estes, apresentam grande

variabilidade em escala regional e local, o que dificulta a precisão. Além disso, integrar abordagens qualitativas e quantitativas, e considerar uma gama mais ampla de fatores socioeconômicos e políticos para fornecer uma visão mais completa e acionável dos impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar.

## 6 REFERÊNCIAS

- Adeleye, B N., Daramola, P., Onabote, A., & Osabohien, R. (2021, September 23). **Agro-productivity amidst environmental degradation and energy usage in Nigeria**. *Nature Portfolio*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98250-y>
- Bhandari, M P. (2021, January 1). **Climate Change Impacts on Agriculture, a Case Study of Bangladesh, India, Nepal, and Pakistan**. *Sumy State University*, 5(2), 35-48. [https://doi.org/10.21272/sec.5\(2\).35-48.2021](https://doi.org/10.21272/sec.5(2).35-48.2021)
- Bhatt, R., & Hossain, A. (2019, April 3). **Concept and Consequence of Evapotranspiration for Sustainable Crop Production in the Era of Climate Change**. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83707>
- Chávez-Dulanto, P N., Thiry, A A., Glorio-Paulet, P., Vögler, O., & Carvalho, F P. (2020, November 12). **Increasing the impact of science and technology to provide more people with healthier and safer food**. *Wiley-Blackwell*, 10(1). <https://doi.org/10.1002/fes3.259>
- Gregory, P., Ingram, J., & Brklacich, M. (2005, October 24). **Climate change and food security**. *Royal Society*, 360(1463), 2139-2148. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1745>
- Hall, C M., Macdiarmid, J I., Smith, P., & Dawson, T P. (2021, May 4). **The impact of climate and societal change on food and nutrition security: A case study of Malawi**. *Wiley-Blackwell*, 10(3). <https://doi.org/10.1002/fes3.290>
- Indriawati, R M., & Prasetyani, D. (2021, November 1). **The effect of climate change damages on agriculture, forestry and fisheries in ASEAN countries**. *IOP Publishing*, 905(1), 012120-012120. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/905/1/012120>
- Lenka, B., Kulkarni, G U., Moharana, A., Singh, A P., Pradhan, G S., & Muduli, L. (2020, November 10). **Millets: Promising Crops for Climate-Smart Agriculture**. *Excellent Publishers*, 9(11), 656-668. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2020.911.081>
- López-Marqués, R L., Nørrevang, A F., Ache, P., Moog, M W., Visintainer, D., Wendt, T., Østerberg, J T., Dockter, C., Jørgensen, M., Salvador, A T., Hedrich, R., Gao, C., Jacobsen, S., Shabala, S., & Palmgren, M G. (2020, June 18). **Prospects for the accelerated improvement of the resilient crop quinoa**. *Oxford University Press*, 71(18), 5333-5347. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa285>
- Masipa, T S. (2017, August 11). **The impact of climate change on food security in South Africa: Current realities and challenges ahead**. *AOSIS*, 9(1). <https://doi.org/10.4102/jamba.v9i1.411>
- Mohammadi, E., Singh, S., McCordic, C., & Pittman, J. (2022, January 20). **Food Security Challenges and Options in the Caribbean: Insights from a Scoping Review**. *Springer Nature*, 1(1), 91-108. <https://doi.org/10.1007/s44177-021-00008-8>
- Mwongera, C., Nowak, A., Notenbaert, A., Grey, S., Osiemo, J., Kinyua, I., Lizarazo, M., & Girvetz, E. (2018, November 28). **Climate-Smart Agricultural Value Chains: Risks and Perspectives**. *Springer Nature*, 235-245. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92798-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92798-5_20)
- Pereira, P A A., Martha, G B., Santana, C A., & Alves, E. (2012, April 19). **The development of Brazilian agriculture: future technological challenges and opportunities**. *BioMed Central*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/2048-7010-1-4>
- Pinheiro, E A R., Lier, Q D J V., & Bezerra, A H F. (2017, February 27). **Hydrology of a Water-Limited Forest under Climate Change Scenarios: The Case of the Caatinga**

**Biome, Brazil.** Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 8(3), 62-62. <https://doi.org/10.3390/f8030062>

Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019, January 30). **Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review.** Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 8(2), 34-34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>

Schmidhuber, J., & Tubiello, F N. (2007, December 11). **Global food security under climate change.** National Academy of Sciences, 104(50), 19703-19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>

Shahzad, M F., Abdulai, A., & Issahaku, G. (2021, October 22). **Adaptation Implications of Climate-Smart Agriculture in Rural Pakistan.** Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 13(21), 11702-11702. <https://doi.org/10.3390/su132111702>

Singh, V J., Vinod, K K., Krishnan, S G., & Singh, A K. (2021, April 2). **Rice Adaptation to Climate Change: Opportunities and Priorities in Molecular Breeding.** 1-25. <https://doi.org/10.1002/9781119633174.ch1>

Sultan, B. (2012, October 26). **Global warming threatens agricultural productivity in Africa and South Asia.** IOP Publishing, 7(4), 041001-041001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/041001>

Thompson, H., Berrang-Ford, L., & Ford, J D. (2010, August 24). **Climate Change and Food Security in Sub-Saharan Africa: A Systematic Literature Review.** Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2(8), 2719-2733. <https://doi.org/10.3390/su2082719>

Thornton, P K., Ericksen, P., Herrero, M., & Challinor, A J. (2014, April 26). **Climate variability and vulnerability to climate change: a review.** Wiley, 20(11), 3313-3328. <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>

Wheeler, T R., & Braun, J V. (2013, August 2). **Climate Change Impacts on Global Food Security.** American Association for the Advancement of Science, 341(6145), 508-513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>

Zahra, S. (2016, November 22). **Impact of Global Climate Change on Economy of Pakistan: How to Ensure Sustainable Food and Energy Production.** MedCrave Group, 5(2). <https://doi.org/10.15406/apar.2016.05.00177>

Zougmore, R B., Läderach, P., & Campbell, B M. (2021, April 13). **Transforming Food Systems in Africa under Climate Change Pressure: Role of Climate-Smart Agriculture.** Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 13(8), 4305-4305. <https://doi.org/10.3390/su13084305>