

Publicação da Secretaria de Política Agrícola  
do Ministério da Agricultura e Pecuária,  
editada pela Embrapa

e-ISSN 2317-224X  
ISSN 1413-4969  
Página da revista: [www.embrapa.br/rpa](http://www.embrapa.br/rpa)

## Artigo

# Mudanças climáticas e produção de alimentos

## Evidências para a elaboração de políticas públicas

**Resumo** – A produção de alimentos, especialmente no setor agropecuário, é altamente vulnerável aos fenômenos meteorológicos extremos, de forma que as mudanças climáticas (MC) também impactam a segurança alimentar e nutricional (SAN). Com o objetivo de contribuir para a elaboração de políticas públicas baseadas em evidências, esta pesquisa traz uma sistematização dos impactos das MC na produção de alimentos no Brasil. Para tanto, foram sistematizados os resultados de 88 artigos científicos publicados entre 2016 e 2023, por meio de uma revisão sistemática. Em geral, as projeções indicam impactos negativos, como a redução da resiliência das plantas e da produtividade das culturas, o aumento de pragas e doenças, a inaptidão de locais para o cultivo, e o risco de desastres e perdas de colheitas, até mesmo a extinção de algumas espécies. Socioeconomicamente, são estimados impactos maiores nas famílias mais pobres, aumento da desigualdade e diminuição do PIB nacional. Também é esperada maior insegurança alimentar, por causa dos impactos na disponibilidade e nos preços dos alimentos.

**Palavras-chave:** agricultura, aquecimento global, Brasil, políticas públicas, segurança alimentar e nutricional.

## Climate change and food production: evidence for the elaboration of public policies

**Abstract** – Food production, especially in the agricultural sector, is highly vulnerable to extreme meteorological phenomena, hence climate change (CC) also impacts Food and Nutritional Security (FNS). With the aim of contributing to the production of evidence-based public policies, this article systematizes the impacts of CC on food production in Brazil. To this end, we have systematized the results from

Christiane Marques Severo   
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Autor correspondente [chrismsevero@gmail.com](mailto:chrismsevero@gmail.com)

Catia Grisa   
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
[catiagrisa@ufrgs@gmail.com](mailto:catiagrisa@ufrgs@gmail.com)

Ingrid de Paula Marques   
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
[ingridmarques201309@gmail.com](mailto:ingridmarques201309@gmail.com)

**Recebido**  
5/12/2024

**Aceito**  
22/4/2025

**Como citar**  
SEVERO, C.M.; GRISA, C.; MARQUES, I. de P. Mudanças climáticas e produção de alimentos: evidências para a elaboração de políticas públicas. *Revista de Política Agrícola*, v.34, e02063, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35977/2317-224X.rpa2025.v34.02063>.

88 articles published between 2016 and 2023, using a systematic review. In general, projections indicate negative impacts, from effects on plant resilience, crop productivity, an increase in pests and agricultural diseases, to the unsuitability of places or regions for crops and pollinators, the risk of disasters and harvest losses, and the extinction of some species. From the socioeconomic perspective, estimates point towards greater impacts affecting the poorest families, towards increased inequality and a decreased national GDP. Furthermore, greater food insecurity is expected due to impacts on food availability and prices.

**Keywords:** agriculture, global warming, Brazil, public policy, food and nutritional security.

## Introdução

Os efeitos das mudanças climáticas (MC) têm-se tornado mais evidentes, com períodos de secas prolongadas, tempestades recorrentes, temperaturas extremas, entre outros eventos que tendem a ser cada vez mais intensos e frequentes (IPCC, 2022, 2023). A produção de alimentos, mais especialmente no setor agropecuário, é altamente vulnerável aos eventos meteorológicos extremos, sendo fortemente afetada por tais fenômenos (Martins et al., 2010; IPCC, 2020; Queiroga et al., 2022). De fato, evidências indicam que as MC estão reduzindo e continuarão a reduzir os rendimentos das culturas, com efeitos particularmente importantes nos países em desenvolvimento, onde a capacidade de adaptação é limitada, gerando especulações de mercado e incertezas sobre a provisão de alimentos (Mirón et al., 2022).

O setor agropecuário das Américas é um dos principais produtores de alimentos do mundo e, portanto, as MC podem impactar enormemente a segurança alimentar e nutricional (SAN) dos países desses continentes e de todo o planeta (IPCC, 2022). Com efeito, a Organização Mundial Meteorológica das Nações Unidas (ONU) alerta que os desastres climáticos na América Latina ameaçam a SAN global (OMM, 2022). Extremos de calor, seca e inundações em 2021, por exemplo, dizimaram plantações na região, provocando queda de 2,6% na safra de cereais em relação à temporada anterior, impactando os mercados globais. Tal conjunção de crises, como a climática e a alimentar, é, inclusive, conceituada com uma nova sindemia (Brandão et al., 2023).

No Brasil, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas estima que, se nada for feito, a produção de milho deve cair 70% até o fim do século; doenças e mortalidade de animais devem aumentar; e a produção de ovos e leite deve diminuir (IPCC, 2022). Além disso, conforme a Unicef Brasil

(2022), 80% dos produtos da alimentação dos mais pobres são gerados pela agricultura familiar, precisamente o modo de produção mais afetado por mudanças no regime de chuvas e intensificação das secas, havendo, inclusive, risco de desertificação, até 2050, nos territórios onde se desenvolve principalmente a agricultura familiar no Brasil, como o Nordeste (Unicef Brasil, 2022).

Dessa forma, as MC são um desafio para o setor agropecuário, pois, de um lado, ele é um dos principais emissores de gases de efeito estufa e, de outro, existe a necessidade de expandir ou intensificar a produção de alimentos diante de perdas na produtividade e do aumento da demanda de alimentos pelo crescimento populacional (Silva et al., 2021a).

Nesse cenário, a 27ª Conferência das Partes (COP27) das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), em 2022, contou, pela primeira vez, com um Grupo de Trabalho sobre Adaptação e Agricultura e um Pavilhão Agroalimentar. Em preparação para participação no evento, os ministros de agricultura de 32 países das Américas se reuniram na sede central do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) e chegaram a um consenso no qual afirmam que as ações para alcançar uma agricultura mais sustentável devem ser baseadas na ciência, resguardando e incrementando a produtividade e não aprofundando a crise alimentar atual. Também advertem que o incremento da insegurança alimentar e a situação climática global configuram uma ameaça a todo o planeta, que deve ser abordada com urgência. (IICA, 2022).

O objetivo deste estudo é analisar o que a ciência identifica e projeta como impactos das MC na produção agropecuária de alimentos no Brasil. Em outras palavras, o artigo busca apresentar o estado da arte referente à problemática dos efeitos das MC na SAN do Brasil.

## Método

Fez-se uma revisão sistemática, focalizada na produção científica internacional publicada a partir de 2016 (ano de adoção do Acordo de Paris, considerado um marco nesse contexto), sintetizando os impactos projetados das MC na produção agropecuária de alimentos do Brasil. O protocolo da revisão é baseado em Tranfield et al. (2003) e contempla os seguintes passos e definições:

- 1) Fontes – artigos científicos publicados em periódicos internacionais, revisados por pares, entre 2016 e 2023.
- 2) Base – Web of Science, com busca por “tópico” com os termos “*climate change*” or “*global warming*” and “*food\**” or “*Agriculture*” and “*Bra?il\**”.
- 3) Seleção dos estudos – leitura de resumos, selecionando os que continham avaliações relacionadas aos impactos das MC na produção de alimentos no Brasil.
- 4) Extração de dados e metadados dos estudos selecionados.
- 5) Leitura completa e síntese das informações dos estudos selecionados.

Foram encontrados 1.503 registros, cujos resumos serviram para excluir os estudos que não se referiam ao Brasil ou que não se enquadram no tema. Em seguida, foram lidos os textos completos e novo refinamento. Finalmente, chegou-se à sistematização do conteúdo de 88 artigos. Na sistematização das informações, foram selecionados os resultados para o Brasil, ou seja, dos estudos que abrangem outros países e regiões, foram extraídas as informações para o caso brasileiro.

## Resultados

### Visão geral sobre os métodos utilizados para projetar impactos das MC

O principal método empregado pelos artigos selecionados é a modelagem matemática/estatística, com diversos modelos, totalizando 78 dos 88 estudos, e alguns desses aliam informações qualitativas, experimentais e de revisão bibliográfica em suas análises. Entre os demais, estão seis trabalhos experimentais – de laboratório, estufa ou com simulações específicas; dois com metodolo-

gias qualitativas com o uso de entrevistas, questionários ou bases de dados; e dois artigos de revisão bibliográfica.

Com relação às projeções de aquecimento global, em geral esses estudos usam dois cenários do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e diferentes horizontes de tempo; o RCP2.6 (baixas emissões) ou o RCP4.5 (estabilização de médias emissões) são adotados como cenários mais otimistas e de curto prazo, e o RCP8.5 (altas emissões) é utilizado como mais pessimista e de longo prazo.

### Objetos de estudo

Os estudos podem ser assim categorizados:

- a) Quinze artigos se referem a impactos generalizados na agricultura, quatro dos quais são estudos globais, um é para a América Latina e Caribe, cinco são estudos no Brasil como um todo e cinco contemplam regiões ou estados brasileiros.
- b) Seis artigos setorizados – extrativismo, fruticultura, pecuária familiar e produção para subsistência (um de cada) – e dois sobre polinizadores.
- c) Sete artigos sobre sistemas de duplo-cultivo ou integrados.
- d) Cinquenta e cinco estudos específicos, ou seja, projeções para uma cultura em particular.
- e) Cinco trabalhos com estimativas relativas à incidência de pragas e doenças.

### Projeções de impactos generalizados na agricultura

#### Impactos no Brasil extraídos de estudos globais ou regionais

Os estudos globais e regionais selecionados trazem diversos aspectos dos impactos das MC na produção de alimentos: desde efeitos na resiliência das plantas, na produtividade das culturas, no abastecimento das cadeias de comércio, até a avaliação de risco de desastres e perdas de colheitas. As principais projeções que contemplam o Brasil são resumidas abaixo. Destaca-se que a grande maioria desses impactos é fortemente negativa.

Zampieri et al. (2021) calculam e projetam a resiliência da Produção Primária Bruta e encontram grandes alterações na produção em todo o mundo. Em cenários de baixas emissões, o aumento de CO<sub>2</sub> produz efeito positivo de fertilização na vegetação, maior do que o efeito negativo decorrente do aumento da variabilidade climática. Nos cenários de emissões mais elevadas, a resiliência da vegetação é afetada especialmente nas regiões tropicais, onde a sociedade é altamente dependente dos serviços ecossistêmicos e mais vulnerável às alterações climáticas. Globalmente, no cenário com menor mitigação das MC, as áreas que perdem a resiliência da vegetação são maiores do que as que ganham, comprometendo a estabilidade dos ecossistemas e seus serviços relacionados.

Malek et al. (2022) analisam impactos no abastecimento do comércio justo até 2050. Os autores apontam que, globalmente, os produtores dessa cadeia estarão sujeitos a maior estresse térmico, o que impactará fortemente sua produtividade de forma negativa. E, no Brasil, a seca gerará pressões específicas sobre os produtores de café.

Arreynip (2021) identifica zonas vulneráveis ou em risco de desastres. O estudo ressalta que, sob crescente internacionalização e ligações comerciais, as perdas agrícolas induzidas pelo clima numa parte do mundo podem afetar os negócios noutra parte através da propagação de choques nas redes comerciais. As evidências mostram que regiões celeiras interconectadas, como Índia, Brasil, Rússia, Canadá, Austrália, Oriente Médio, Leste Europeu e a maior parte da América do Sul são vulneráveis a perdas em rede, com Índia, Brasil e Rússia mostrando maior vulnerabilidade. Além disso, nas regiões onde a economia depende em grande parte da agricultura de subsistência, o impacto das MC será pesado, representando uma ameaça à SAN.

Qian et al. (2020) avaliam o risco de perda de colheitas: indicam que, no Brasil, o trigo corre alto risco nos eventos *El Niño* e *La Niña*; o milho e a soja estão em risco entre elevado e médio no *El Niño*, mas em baixo risco no *La Niña*. Das culturas estudadas, o trigo é a mais vulnerável. A soja corre maior risco no *El Niño* do que o milho, mas o milho corre maior risco no *La Niña* do que a soja. O arroz corre um risco muito menor do que as outras três culturas, especialmente no *La Niña*.

Rodríguez de Luque et al. (2016) mostram que as MC devem afetar os rendimentos, as áreas

cultivadas e as produções de toda a América Latina e Caribe, se medidas de adaptação não forem implementadas. O estudo mostra que, no Brasil, a produção de milho, feijão, arroz e trigo cairia significativamente, podendo haver incrementos nos preços dessas culturas. O estudo conclui que as MC têm capacidade de travar o progresso da SAN na região, por causa dos seus efeitos negativos na disponibilidade de alimentos, o que pode colocar dois milhões de pessoas adicionais sob risco de morte, em comparação a um cenário sem MC.

#### Impactos projetados por estudos concentrados no Brasil

Os estudos que abrangem o território brasileiro calculam desde impactos na produtividade das culturas, nas alterações de uso da terra, até efeitos regionais, tanto produtivos quanto socioeconômicos. Destaca-se o caráter negativo dos resultados apresentados, ainda que em cenários otimistas.

DePaula (2020) indica que os efeitos das MC na agricultura brasileira variam de acordo com o clima, a qualidade da terra e a escolha de irrigação. Um aquecimento de 1 °C é mais prejudicial para as explorações agrícolas em climas quentes, para aquelas com terras de alta qualidade e para as que usam irrigação. Um recuo de 100 mm na precipitação anual é mais prejudicial para as explorações agrícolas em climas secos, aquelas com terras de baixa qualidade e aquelas que utilizam irrigação. A heterogeneidade dos efeitos das alterações climáticas é particularmente grande para explorações agrícolas em climas mais quentes ou mais secos.

Souza & Haddad (2022) estimam o impacto das MC no rendimento das principais culturas do País. No RCP2.6, as taxas de variação da produtividade são estatisticamente iguais a zero para todas as culturas. Contudo, sob o RCP8.5, a perda produtiva é evidente em todas as culturas estudadas. O feijão, o milho e a soja exibem danos menores, culminando em perdas anuais de produtividade de 16%, 22% e 30% até o fim do século, respectivamente. Cana-de-açúcar, laranja e café apresentam perdas mais acentuadas: aproximadamente 33%, 34% e 50%, respectivamente. As estimativas indicam ampla heterogeneidade regional desses impactos no País. As perdas econômicas variam entre 0,4% e 1,8% ao ano do PIB nacional sob RCP2.6 e RCP8.5, respectivamente. O estudo conclui que as regiões Nordeste e Sudeste serão mais afetadas negativamente no RCP2.6, enquanto Sul, Sudeste e Centro-Oeste serão as mais afetadas no RCP8.5.

Zilli et al. (2020) estimam impactos até 2050, usando um modelo de uso da terra. Os resultados sugerem queda na produção de soja e milho, principalmente na região do Matopiba<sup>1</sup>, no Cerrado Norte, e um deslocamento da produção agrícola para o Sul, para regiões quase subtropicais e subtropicais do Cerrado e da Mata Atlântica.

Santos et al. (2022) avaliam os impactos socioeconômicos que as MC projetadas para 2040 podem exercer sobre a agricultura e a economia brasileiras. Apontam uma retração no PIB real, mais intensa no cenário intermediário; indicam também que as perdas serão maiores para as famílias mais pobres e para as regiões cuja economia é mais dependente da agricultura, em particular do cultivo da soja; o consumo real e o bem-estar das famílias do Centro-Oeste e de parte do Nordeste serão mais afetados do que em outras regiões do País.

Tanure et al. (2023) analisam os impactos econômicos regionais das MC na produtividade da agricultura familiar e da agricultura de grande escala no Brasil. O estudo indica que as regiões Norte e Nordeste seriam afetadas negativamente, o Centro-Oeste e o Sudeste sofreriam impactos moderados e o Sul seria beneficiado em geral. São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul cresceriam economicamente, amenizando os impactos negativos no PIB nacional. Indica também que as disparidades regionais e a deterioração das condições de SAN poderão crescer no Brasil. A produção agrícola familiar nas regiões menos desenvolvidas seria afetada negativamente, enquanto as regiões desenvolvidas se beneficiariam das MC. Portanto, o fenômeno poderá acentuar vulnerabilidades e desigualdades no País. Para a agricultura familiar, o estudo indica que as produções de mandioca, banana, soja e café sofreriam redução ao longo do tempo, com implicações negativas na SAN, enquanto a produção de tabaco, milho e outros cultivos da safra temporária poderia subir. Na agricultura em larga escala, a produção de milho, algodão e laranja cairia, enquanto a de cana-de-açúcar, soja e trigo subiria. O padrão de resultados é semelhante entre os cenários, mas a magnitude dos efeitos no RCP8.5 é maior.

### Impactos projetados por estudos focalizados em regiões ou estados do Brasil

No Semiárido, Costa et al. (2021) analisam os efeitos de choques das secas. Os resultados mostram efeitos substanciais na perda de área e no valor da produção agrícola. Ao investigar os efeitos distributivos, mostram que as culturas relacionadas à agricultura familiar sofrem mais com a seca e que os choques da seca no ano anterior afetam o desmatamento no ano seguinte.

Também no Semiárido, Mesquita & Bursztyn (2017) avaliam impactos nas culturas adquiridas no Programa de Aquisição de Alimentos<sup>2</sup> (PAA). As MC no Nordeste terão impacto nas principais culturas adquiridas, com possíveis consequências para todos os grupos de beneficiários, exigindo adaptação nos vários níveis de funcionamento do programa.

No Matopiba, os resultados de Aparecido et al. (2023) mostram que a atividade agrícola será drasticamente afetada pelas MC, que comprometerão a produção das culturas e o desenvolvimento agroeconômico da região. Em cenários de MC com aumento de temperaturas e redução das chuvas (-30%), as regiões sofrem alterações com transição de classes climáticas entre subúmido úmido, subúmido seco e semiárido, comprometendo o potencial agrícola.

Castro et al. (2020) analisam a vulnerabilidade da agricultura nos dez principais estados agrícolas brasileiros<sup>3</sup> e indicam que as variáveis climáticas têm impacto significativo na produção agrícola da maior parte deles, especialmente a temperatura do ar, cujos efeitos exibiram magnitude estimada maior do que os das chuvas. Os danos mais graves à agricultura são esperados no Espírito Santo, em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul.

Em São Paulo, Maia et al. (2018b) analisam como as tecnologias agrícolas e as práticas de preservação ambiental podem atenuar os impactos das MC na produção. Mostram que os impactos dos eventos extremos diferem entre culturas e localidades. A cana-de-açúcar é mais resistente, enquanto a produção de laranja é mais afetada por temperaturas extremas. A produção de laranja depende fortemente dos serviços ecossistêmicos de polinização, igualmente afetados por temperaturas extremas. Contudo, a produção de laranja é mais resiliente a

<sup>1</sup> Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

<sup>2</sup> Ação do governo federal criada em 2003 para promover o acesso à alimentação e incentivar a agricultura familiar, por meio da compra dos alimentos produzidos por ela.

<sup>3</sup> Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

extremos de precipitação em áreas de agricultura integrada com florestas. Destacam que a agricultura praticada com elevados níveis de preservação ambiental tende a ser mais resiliente às MC.

### Projeções de impactos setoriais

Para o extrativismo, Evangelista-Vale et al. (2021) apontam que as MC previstas para 2050 podem afetar a distribuição geográfica de 18 espécies de palmeiras e árvores utilizadas pelas populações tradicionais de reservas extrativistas (Resex) na Amazônia. As áreas de aptidão de 11 espécies podem sofrer redução, e nove delas podem desaparecer. Além disso, 21 Resex poderão perder uma ou mais espécies, enquanto quatro poderão perder todas as suas espécies extrativas.

Para a fruticultura, Fernandez et al. (2021) consideram importantes declínios no frio no Sul do Brasil. Conforme os autores, o acúmulo de frio é crucial na brotação em árvores frutíferas e nozes de clima temperado, e o frio insuficiente pode limitar o potencial de produção.

Maia et al. (2018a) identificam que os agricultores familiares do Sertão, no Nordeste, em resposta ao aumento das temperaturas, tendem a transferir as suas atividades para a pecuária bovina e leiteira. A produtividade tende a diminuir com as secas, e o recuo da precipitação afeta principalmente a produção de leite dos agricultores familiares e o rebanho bovino dos não familiares.

Sobre a produção para subsistência de ribeirinhos, Ávila et al. (2021) apontam que as comunidades da Bacia do Médio Solimões, no Amazonas, reconhecem que a imprevisibilidade climática dificulta o planejamento das atividades de subsistência, e seu conhecimento empírico não é mais totalmente confiável. Os eventos climáticos extremos têm consequências para os seus sistemas agrícolas e para a agrobiodiversidade associada. Espera-se que os impactos climáticos nessas comunidades aumentem, especialmente em ambientes mais expostos a inundações.

Giannini et al. (2017), modelando os efeitos das MC na distribuição de 95 espécies polinizadoras, estimam que alguns municípios do Norte do Brasil, particularmente no noroeste da Amazônia, poderiam se beneficiar porque os polinizadores de algumas culturas podem se multiplicar; porém, os municípios do Centro e Sul do Brasil enfrentarão impactos negativos na produção agrícola por cau-

sa da perda de polinizadores. Além disso, Lima & Marchioro (2021) estimam que, no Brasil, nos próximos anos, as populações de três espécies de abelhas crescerão e as de sete espécies sofrerão redução em seu habitat adequado, o que decorrerá dos impactos das mudanças no uso da terra e das MC.

### Projeções de impactos em sistemas de duplo cultivo ou integrados

Foram encontrados sete estudos baseados em modelagem de sistemas de duplo cultivo ou sistema integrado, localizados em regiões específicas tradicionalmente produtoras de commodities do País. Seis estudos incluem soja e milho, algodão ou pecuária como variações, um estudo avalia o cultivo de trigo e cevada e um estudo estima impactos na produção de cana-de-açúcar e milho.

Em síntese, os impactos estimados variam conforme a região, mas, em geral, a produtividade da soja permanecerá inalterada ou crescerá. Para os demais cultivos, o impacto esperado é negativo e dependerá do uso de irrigação para manter a produtividade. Para todas as culturas, será necessário o ajuste de épocas de semeadura e colheita. Também são esperadas alterações de áreas de aptidão. A Tabela 1 mostra o resumo dos resultados.

### Impactos em cultivos ou práticas específicas

Dos 55 estudos que tratam dos impactos das MC em cultivos específicos, dez são projeções para a soja e sete para o milho. Há quatro estudos referentes à produção de arroz e quatro à produção de café; para feijão, cana-de-açúcar e cacau, há três estudos para cada cultura. Há dois estudos para a mandioca, e dois para espécies de forrageiras. Por fim, há culturas com apenas um estudo, como babaçu, banana, baru, batata, castanha-do-pará, carne bovina, frango de corte, goiaba, leite de cabra, mamão, maracujá, melancia, tomate, trigo e viticultura.

Impactos exclusivamente positivos são estimados só para a produção de mudas de mamão e para a viticultura. Para todos os demais cultivos, são esperados impactos negativos importantes, sobretudo relativos a perdas de produção, diminuição de áreas aptas e aumento de doenças. Para alguns cultivos, são estimados impactos positivos e negativos, dependendo da região e da tecnologia adotada. A Tabela 2 mostra uma síntese dos impactos estimados para cada cultura.

**Tabela 1.** Mudanças climáticas – localização, objeto de estudo, resultados e referências dos estudos sobre impactos nas commodities de duplo cultivo ou sistema integrado.

Localização	Objeto	Resultado/previsão	Referência
Guarapuava, PR	Trigo e cevada	A elevação da temperatura é fator crítico e tende a acarretar também alterações na aptidão de áreas de cultivo e na resposta de cultivares	Teixeira et al. (2018)
Mato Grosso	Soja e milho	O crescimento da soja mostrou um aumento geral da duração do ciclo (até 16%) e aumento dos rendimentos (até 34%) em condições futuras. Datas de semeadura da soja e clima futuro contribuirão para o encurtamento da janela de semeadura recomendada do milho e diminuição da produtividade. Nos cenários extremos, apenas a soja semeada precocemente permitiria as últimas datas de sementeira do milho, trazendo maiores perdas para esta última colheita. Os rendimentos estimados do milho em meados e fim do século mostraram variações médias de -22,5% e -32,5% no RCP4.5 e de -34% e -55% no RCP8.5, respectivamente. O momento de semeadura da soja se tornará mais importante, influenciando a dinâmica das datas de sementeira e dos rendimentos do milho sob um clima extremo e desfavorável ao seu desenvolvimento	Andrea et al. (2020)
Mato Grosso	Soja e milho	As MC, e a retroalimentação com as mudanças no uso da terra, estão encurtando a estação chuvosa da Amazônia, aumentando o risco de condições ambientais prejudiciais e representando uma ameaça à agricultura de duplo cultivo, com potenciais consequências negativas às escalas regional, nacional e global	Costa et al. (2019)
Mato Grosso, Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	Soja e milho	A produtividade da soja crescerá nas fazendas que optarem por explorar apenas uma cultura no calendário agrícola. A produtividade das cultivares de ciclo curto, semeadas por agricultores que optaram por cultivar duas culturas no mesmo calendário, poderá cair drasticamente. Embora o atraso nas datas de plantio de cultivares plantadas precocemente possa compensar a perda de produtividade, isso pode também comprometer a possibilidade de plantar uma segunda cultura. Além disso, o desmatamento adicional pode levar ao aumento da perda de produtividade por causa das reduções das chuvas	Pires et al. (2016)
Piracicaba, SP	Cana-de-açúcar e milho	A produtividade da cana-de-açúcar cairá 40%, se não houver melhoramento genético. Para manter os mesmos níveis de produtividade do milho, será necessário aumentar a irrigação em 81%	Oliveira et al. (2018)
Sul da Amazônia	Soja, milho e algodão	A produtividade da soja permanecerá praticamente inalterada, enquanto as produtividades do milho e do algodão cairão 28% e 17%, respectivamente, entre 2015–2019 e 2035–2040. Esse declínio na produtividade das culturas da segunda época pode ser atribuído à diminuição da precipitação e ao aumento das temperaturas. Avanços na genética e na gestão das culturas provavelmente compensarão os efeitos negativos das alterações climáticas	Hampf et al. (2020)
Sul do Brasil	Soja e pecuária	O sistema integrado resultou em maior produtividade do que o especializado em 77% dos anos. Embora os rendimentos da soja fossem menores, a produção adicional de forragem e gado aumentou a produção total do sistema. Sob condições futuras (RCP8.5 de 2020 a 2060), a produtividade do sistema integrado excede a produtividade do especializado em 95% dos anos, apesar dos declínios no rendimento da soja e na produção de biomassa das culturas de cobertura aérea. Embora o sistema integrado proporcione uma margem de produtividade contra o estresse climático, sua resiliência depende do tipo e do momento da perturbação climática	Peterson et al. (2020)

**Tabela 2.** Mudanças climáticas – culturas, referências dos estudos e impactos estimados.

Cultura	Referência	Impacto positivo	Impacto negativo
Arroz	Ramirez-Villegas et al. (2018); Balbinot et al. (2021); Joseph et al. (2023); Martins et al. (2023)	Maior crescimento e eficiência no uso da água  Maior produtividade e eficiência do arroz irrigado	Diminuição da produção, alta sensibilidade a inundações e secas  Redução da produtividade em até 20%
Babaçu	Menezes et al. (2023)		Redução das áreas adequadas até a provável extinção da espécie
Banana	Souza et al. (2022)	Aumento das áreas favoráveis na região Sul	Redução de áreas favoráveis no Nordeste e Norte
Barueiro/baru	Ribeiro et al. (2019)		Mudas menores e redução da área de clima favorável
Batata/tubérculos	Bender & Sentelhas (2020)	Maior produtividade na região Sul	Demais regiões devem ter rendimentos mais baixos
Cacau	Gateau-Rey et al. (2018); Heming et al. (2022); Igawa et al. (2022)		Diminuição da produtividade, aumento de doenças  Perda de produção a longo prazo  Diminuição de áreas adequadas
Café	Verhage et al. (2017); Santos et al. (2021); Lima et al. (2022); Torres et al. (2022)	Menos perdas decorrentes de geadas; perdas adicionais são compensadas pelo efeito de fertilização do CO <sub>2</sub> , resultando num pequeno aumento do rendimento do café arábica	Perdas de rendimento decorrentes das altas temperaturas e do déficit hídrico  Aumento da presença de toxinas  Aumento do risco de doença  Aumento da vulnerabilidade da produção e do produtor
Cana-de-açúcar	Jones & Singels (2018); Tayt'sohn et al. (2018); Silva et al. (2021c)	Aumento de rendimentos	Algumas áreas necessitarão de irrigação
Castanha-do-pará	Sales et al. (2020)		Redução da distribuição da castanheira por causa da redução dos polinizadores
Carne bovina	Pereira et al. (2018)		No Rio Grande do Sul, diminuição da receita dos produtores, por causa da menor oferta de animais e do menor volume de negócios
Feijão	Heinemann et al. (2017); Lopes & Steidle Neto (2019); Antolin et al. (2021)	Aumento de produtividade	Necessidade de adaptação a secas, novas cultivares e diferentes épocas de semeadura  Aumento do tempo de resfriamento, aeração e maior consumo de energia elétrica
Frango de corte	Carvalho Curi et al. (2022)		Aumento do custo da produção, dada a necessidade de investimento em refrigeração
Goiaba	Queiroz et al. (2018)		Aumento de danos causados por pragas
Leite de cabra	Pequeno et al. (2017)		Impacto no potencial da pecuária leiteira de cabra, por causa do estresse térmico
Mamão	Cruz et al. (2016)	A interação da adubação nitrogenada e do elevado CO <sub>2</sub> favorece a produção de mudas mais vigorosas	
Mandioca	Aparecido et al. (2020); Souza et al. (2023)		Redução da área e do ciclo, que pode implicar em menor produção
Maracujá e polinizadores	Bezerra et al. (2019)		Redução de áreas adequadas para ambos
Melancia	Melo et al. (2020)		Temperatura e umidade acima do tolerável

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Cultura	Referência	Impacto positivo	Impacto negativo
Milho	Martins et al. (2019); Resende et al. (2019); Santana Jr. et al. (2019); Souza et al. (2019); Ferreira & Miranda (2020, 2021); Muthuvel et al. (2023)	Diminuição de áreas adequadas para a praga cigarrinha-do-milho ( <i>D. maidis</i> )	Menor produtividade Maior ocorrência de doença, o que pode elevar o uso de agrotóxicos, agravar as consequências à saúde e aumentar o custo da produção Maior probabilidade de perdas no rendimento Perdas por lixiviação e destruição de plantas, além de falta de aeração e aumento de doenças. Aumento da evapotranspiração, o que afeta a absorção pelas raízes e a procura de água pelas culturas
	Pezzopane et al. (2017); Abdalla Filho et al. (2019)	Aumento da produção de forrageiras capim-tanzânia em até 20%, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Diminuição do risco climático, dada a menor probabilidade de ocorrência de baixas produções	A produção de capim-tanzânia deve diminuir no Nordeste Diminuição do teor de cálcio na forragem <i>Brachiaria decumbens</i> , o que pode afetar a produção pecuária
Pêssego	Carpenedo et al. (2017)		Efeitos negativos na floração do pessego
Pitaia	Aparecido et al. (2022)		Limitantes para a produção no Norte, Nordeste e Centro-Oeste
Soja	Battisti et al. (2017); Caetano et al. (2018); Silva et al. (2021b); Soares et al. (2021); Ali et al. (2022); Andrade & Collicchio, (2022); Fernandes et al. (2022); Sampaio et al. (2022); Marchioro & Krechemer (2023); Moreira et al. (2023);	Novas cultivares com características específicas podem tolerar secas e resultar em maiores rendimentos  O Extremo Sul terá condições mais favoráveis, com aumento de 25% em adequação ambiental. O aumento da precipitação também tende a ser positivo para a soja no Rio Grande do Sul. O risco de rendimento diminuirá no Norte, Sul e Sudeste	Mudança de áreas de cultivo, com redução de área em regiões produtoras reconhecidas (no Tocantins)  A produção e a exportação do Brasil podem cair até 13,1% e 15,2%, respectivamente  A adequação ambiental para o cultivo deve diminuir em até 50% na região central do Brasil  Para o período 2041–2070, no Matopiba, a redução de rendimento pode passar de 53%
		No Matopiba, é esperado um pequeno aumento de produtividade até 2040 O aumento de CO <sub>2</sub> mitiga os impactos sobre o rendimento da soja e a produtividade hídrica, com aumento da produção e menor consumo de água	Expansão de habitats adequados para a mosca-da-soja ( <i>M. sojae</i> ), incluindo regiões onde a espécie ainda não foi relatada: todas as áreas de cultivo brasileiras estão dentro das faixas estimadas
		Diminuição no voltinismo da lagarta-das-vagens de até 33,1% no Sul	O risco de rendimento aumentará em algumas partes das regiões Centro-Oeste e Nordeste
			No Rio Grande do Sul, impacto negativo na produção
			Aumento no voltinismo da lagarta-da-soja ( <i>A. gemmatalis</i> ) de até 32,3% no Sul
	Elias et al. (2017)		Redução de áreas adequadas para polinizadores, o que resultará em perdas na produção, prejuízos econômicos e ambientais
Trigo	Nóia Júnior et al. (2021)		Maior frequência de extremos de baixa produção
Viticultura	Campos et al. (2017)	Cultivares com brotação precoce sofrerão menos danos com geadas, favorecendo a qualidade e a produtividade do vinho	

## Impactos na incidência de pragas e doenças

Foram selecionados cinco estudos relativos à incidência de pragas ou doenças, quatro dos quais são baseados em modelagens, e um é de revisão sistemática. Dois artigos estimam impactos globais de pragas específicas; outro traz uma simulação de uma dessas pragas no Sul do Brasil; o quarto se refere à produção em estufas e, por fim, há um estudo de revisão sistemática que abrange diversos países e várias doenças.

Em síntese, os estudos apontam que o risco de doenças agrícolas aumentará com as MC, seja pelo maior número de gerações (voltinismo) das pragas, seja pela expansão de seu habitat. Entretanto, em menor medida, algumas áreas devem se tornar impróprias para algumas espécies. A Tabela 3 mostra um resumo dos resultados.

**Tabela 3.** Mudanças climáticas – objeto, localização, resultados e referências dos estudos sobre impactos na incidência de doenças e pragas agrícolas.

Objeto do estudo	Localização	Resultado/previsão	Referência
Risco de doenças em 30 culturas agrícolas de diversas regiões do mundo	Diversos países	O risco de doenças aumentará mais frequentemente (86 simulações) do que diminuirá (45 simulações) ou permanecerá semelhante (12 simulações). A maioria das simulações concentra-se na Europa e no Brasil  As doenças do trigo (principalmente a ferrugem-da-folha) foram mais simuladas, seguidas pelas doenças do arroz (principalmente a brusone-das-folhas), as doenças da videira (principalmente o mildio) e as doenças da batata (principalmente a requeima)	Juroszek et al. (2022)
Doença dos cítricos – greening ou HLB	Global	Indica que a transmissão do HLB é possível entre 16 °C e 33 °C, com pico de transmissão a 25 °C. A maior aptidão para HLB ocorre próximo à linha do Equador, em grandes regiões produtoras de citros, como o Brasil e o Sudeste Asiático	Taylor et al. (2019)
<i>S. eridania</i> (Stoll), praga resistente a pesticidas que afeta diversos sistemas de cultivo	Global	<i>S. eridania</i> pode expandir sua distribuição através dos trópicos e subtropicais, ameaçando culturas comerciais e de subsistência. A expansão da distribuição em direção aos polos será de cerca de 200 km até 2050. Essas áreas situam-se principalmente em climas subtropicais, abrangendo diversos sistemas de cultivo, como feijão, amendoim, batata, soja, tomate e batata-doce. Já a distribuição de <i>S. eridania</i> na Amazônia pode diminuir	Weinberg et al. (2022)
Moscas <i>Lycoriella</i> , que afetam a produção em estufas	Global	Mostra potencial expansão da distribuição dessas espécies no Hemisfério Sul, incluindo algumas das áreas de maior produção de estufas do mundo, podendo causar perdas econômicas significativas	Marques et al. (2021)
Lagarta-das-folhas: pragas da soja, tomate, maçã e brássicas	Região Sul do Brasil	Maior número de gerações nos cenários futuros, chegando a 12,1 gerações anuais em certas regiões até 2070, sugerindo aumento de incidência nas próximas décadas. Combinados, o aumento do consumo de alimentos, o desenvolvimento de resistência a inseticidas e o comportamento polífago de <i>S. eridania</i> podem resultar em danos graves a diversas culturas	Sampaio et al. (2021)

## Análise sintética

Considerando os impactos das MC projetados para o setor agropecuário do Brasil, fica evidente o grande potencial de risco, as diferenças de vulnerabilidades entre regiões e entre as diversas práticas e cultivos e, sobretudo, a necessidade de adaptação, dado que, independentemente do cenário de emissões futuras utilizado, os impactos estimados são principalmente negativos. Destaca-se também que, sem medidas de adaptação, tal situação certamente impactará fortemente a SAN do País, o que é alarmante e requer planejamento e investimento em políticas públicas para o seu enfrentamento.

Destaca-se ainda que, apesar do relativo alto número de artigos encontrados e selecionados nesta revisão, a carência de estudos sobre cultivos importantes, como o trigo, cultura que, mesmo

sem efeitos climáticos, atualmente não tem produção suficiente para atender à demanda interna do Brasil – foi encontrado só um estudo para o trigo. Além disso, ressalta-se a falta de estudos sobre algumas regiões do País e a escassez de informação sobre possíveis impactos sociais e econômicos, o que suscita a necessidade de mais estudos e diagnósticos locais, regionais e por cultivos específicos.

É importante considerar também que, além de efeitos passíveis de serem projetados por modelos que consideram aumento de temperatura e mudanças na precipitação, há o risco de desastres decorrentes de eventos extremos, que promovem perdas incalculáveis de colheitas e até mesmo de produção armazenada, para os quais são necessários enormes gastos públicos na recuperação e reconstrução de áreas e patrimônio.

Nesse sentido, acentua-se igualmente a importância da realização e implementação de zoneamentos agroclimáticos para melhor alocação de cultivos, indicação de locais com maior risco de perdas de produção e de infestação de pragas e doenças, juntamente com estratégias de prevenção de novas pressões na fronteira agrícola, o que pode gerar mais desmatamento e mais pressão climática.

Contudo, a amostra de estudos analisada nesta revisão permite afirmar que há riqueza de informação produzida cientificamente, que deve ser divulgada e utilizada pelos governos para reforçar e elaborar mais ações governamentais e políticas públicas pautadas na ciência. Tais informações são fundamentais tanto para o conhecimento dos possíveis efeitos futuros quanto para o planejamento de ações de enfrentamento das MC de maneira mais bem informada e efetiva.

Além disso, o uso de evidências científicas deve ser integrado o quanto antes possível ao ciclo de políticas públicas (Strassheim, 2017), pois isso fornece informações cruciais sobre a natureza e a gravidade dos problemas e permite uma abordagem orientada por dados, favorecendo a transparência e a responsabilização no processo de formulação dessas políticas, bem como sua eficácia e legitimidade (Head, 2010).

Especificamente para o enfrentamento das MC, a adoção de informações geradas por modelos climáticos, o monitoramento de dados ambientais e projeções a longo prazo permitem formular políticas mais robustas e menos suscetíveis a interesses

de curto prazo ou influências políticas. O uso de evidências científicas ajuda também a identificar as melhores práticas para mitigar emissões de gases de efeito estufa, promover adaptação e aumentar a resiliência das comunidades mais vulneráveis.

## Conclusões

Considerando os importantes impactos projetados das mudanças climáticas na produção agropecuária de alimentos e na segurança alimentar e nutricional do Brasil, as políticas públicas devem propor e reforçar ações de mitigação de gases de efeito estufa, sobretudo relacionadas ao desmatamento e à manutenção da cobertura vegetal natural, no intuito de conter o processo de crise climática.

Também é fundamental elaborar estratégias de adaptação climática para a produção agrícola brasileira. Para tanto, os *policy makers* devem se valer da informação científica e levar em conta as projeções de impacto das MC na produção de alimentos, elaborando políticas baseadas em evidências. Além disso, as políticas de adaptação devem priorizar determinados cultivos, regiões do País e grupos de agricultores (sobretudo os familiares) apontados como os mais vulneráveis pelas projeções. Dessa forma, incorporar evidências científicas nas políticas de enfrentamento das MC no Brasil significa não apenas agir para preservar a biodiversidade e os recursos naturais do País, mas também proteger as comunidades mais vulneráveis, garantir a SAN e promover o desenvolvimento econômico sustentável.

É importante também continuar e aumentar o investimento na ciência, seja para mapeamento dos possíveis impactos, com o financiamento de pesquisas sobre impactos em regiões, setores e cultivos não estudados, seja para a produção de tecnologias, inovações e respostas para promover o desenvolvimento de estratégias de adaptação.

Por fim, para garantir a SAN, certamente precisam ser estudados mais efeitos e estratégias de adaptação em todas as etapas da produção de alimentos, desde a produção agrícola, a industrialização e comercialização, até ao acesso, pois são esperados impactos tanto na agricultura, no armazenamento e na distribuição quanto nos preços dos alimentos.

## Agradecimentos

As autoras agradecem o financiamento da FAPERGS e a bolsa PDJ do CNPq, apoios essenciais para a concretização deste trabalho.

## Referências

- ABDALLA FILHO, A.L.; COSTA JUNIOR, G.T.; LIMA, P.M.T.; SOLTANGHEISI, A.; ABDALLA, A.L.; GHINI, R.; PICCOLO, M.C. Fiber fractions, multielemental and isotopic composition of a tropical C<sub>4</sub> grass grown under elevated atmospheric carbon dioxide. *PeerJ*, v.7, e5932, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.5932>.
- ALI, T.; ZHOU, B.; CLEARY, D.; XIE, W. The Impact of Climate Change on China and Brazil's Soybean Trade. *Land*, v.11, art.2286, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/land1112286>.
- ANDRADE, A. de M.; COLLICCHIO, E. Prospective analysis of soybean distribution in the Tocantins state considering climate change scenarios. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.52, e72969, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272969>.
- ANDREA, M.C. da S.; DALLACORT, R.; TIEPO, R.C.; Barbieri, J.D. Assessment of climate change impact on double-cropping systems. *SN Applied Sciences*, v.2, art.544, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2325-z>.
- ANTOLIN, L.A.S.; HEINEMANN, A.B.; MARIN, F.R. Impact assessment of common bean availability in Brazil under climate change scenarios, *Agricultural Systems*, v.191, art.103174, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103174>.
- APARECIDO, L.E. de O.; DUTRA, A.F.; LIMA, R.F. de; ALCÂNTARA NETO, F. de; TORSONI, G.B.; LEITE, M.R.L. Climate change scenarios and the dragon fruit climatic zoning in Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v.149, p.897-913, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04090-9>.
- APARECIDO, L.E. de O.; DUTRA, A.F.; LORENÇONE, P.A.; ALCÂNTARA NETO, F.; LORENÇONE, J.A.; LEITE, M.R.L. Climate change in MATOPIBA region of Brazil: a study on climate extremes in agriculture. *Theoretical and Applied Climatology*, v.153, p.87-100, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04509-x>.
- APARECIDO, L.E. de O.; MORAES, J.R. da S.C. de; MENESSES, K.C. de; LORENÇONE, P.A.; SOUZA, G.H. de O.; TORSONI, G.B. Agricultural zoning as tool for expansion of cassava in climate change scenarios. *Theoretical and Applied Climatology*, v.142, p.1085-1095, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03367-1>.
- ARREYNDIP, N.A. Identifying agricultural disaster risk zones for future climate actions. *PLoS ONE*, v.12, e0260430, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260430>.
- ÁVILA, J.V. da C.; CLEMENT, C.R.; JUNQUEIRA, A.B.; TICKTIN, T.; STEWARD, A.M. Adaptive management strategies of local communities in two amazonian floodplain ecosystems in the face of extreme climate events. *Journal of Ethnobiology*, v.41, p.409-427, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2993/0278-0771-41.3.409>.
- BALBINOT, A.; FEIJÓ, A. da R.; FIPKE, M.V.; ROCKENBACH, D.; MASSEY, J.H.; CAMARGO, E.R.; MESKO, M.F.; SCAGLIONI, P.T.; AVILA, L.A. de. Effects of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration and water regime on rice yield, water use efficiency, and arsenic and cadmium accumulation in grain. *Agriculture*, v.11, art.705, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11080705>.
- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P.C.; BOOTE, K.J.; CÂMARA, G.M. de S.; FARIA, J.R.B.; BASSO, C.J. Assessment of soybean yield with altered water-related genetic improvement traits under climate change in Southern Brazil. *European Journal of Agronomy*, v.83, p.1-14, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.11.004>.
- BENDER, F.D.; SENTELHAS, P.C. Assessment of regional climate change impacts on brazilian potato tuber yield. *International Journal of Plant Production*, v.14, p.647-661, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00111-7>.
- BEZERRA, A.D.M.; PACHECO FILHO, A.J.S.; BOMFIM, I.G.A.; SMAGGHE, G.; FREITAS, B.M. Agricultural area losses and pollinator mismatch due to climate changes endanger passion fruit production in the Neotropics. *Agricultural Systems*, v.169, p.49-57, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.12.002>.
- BRANDÃO, A.L.; CASEMIRO, J.P.; PERES, F. (Org.). *Inseguridad alimentaria y emergencia climática: sindemia global y un desafío de salud pública en américa latina*. Porto Alegre: Rede Unida, 2023. 311p. (Série Saúde Coletiva e Cooperação Internacional, v.15). DOI: <https://doi.org/10.18310/9786554620918>.
- CAETANO, J.M.; TESSAROLO, G.; OLIVEIRA, G. de; SOUZA, K. da S. e; DINIZ-FILHO, J.A.F.; NABOUT, J.C. Geographical patterns in climate and agricultural technology drive soybean productivity in Brazil. *PLoS ONE*, v.13, e0191273, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191273>.
- CAMPOS, C.G.C.; MALINOVSKI, L.I.; MARENKO, J.A.; OLIVEIRA, L.V.; VIEIRA, H.J.; SILVA, A.L. The impact of climate projections when analyzing the risk of frost to viticulture in the southern region of Brazil. *Acta Horticulturae*, v.1188, p.165-172, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1188.22>.
- CARPENEDO, S.; RASEIRA, M.C.B.; BYRNE, D.H.; FRANZON, R.C. The effect of heat stress on the reproductive structures of peach. *Journal of the American Pomological Society*, v.71, p.114-120, 2017.
- CARVALHO CURI, T.M.R. de; ALEN CAR NÄÄS, I. de; SILVA LIMA, N.D. da; MARTINEZ, A.A.G. Climate change impact on Brazilian broiler production cost: a simulation study. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v.19, p.10589-10598, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03893-z>.
- CASTRO, N.R.; SPOLADOR, H.F.S.; MARIN, F.R. Assessing the economy-climate relationships for Brazilian agriculture. *Empirical Economics*, v.59, p.1161-1188, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00181-019-01711-7>.
- COSTA, L.; SANT'ANNA, A.A.; YOUNG, C.E.F. Barren lives: drought shocks and agricultural vulnerability in the Brazilian Semi-Arid. *Environment and Development Economics*, v.28, p.603-623, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1355770X21000176>.
- COSTA, M.H.; FLECK, L.C.; COHN, A.S.; ABRAHÃO, G.M.; BRANDO, P.M.; COE, M.T.; FU, R.; LAWRENCE, D.; PIRES, G.F.; POUSA, R.; SOARES-FILHO, B.S. Climate risks to Amazon agriculture suggest a rationale to conserve local ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v.17, p.584-590, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/fee.2124>.
- CRUZ, J.L.; ALVES, A.A.C.; LECAIN, D.R.; ELLIS, D.D.; MORGAN, J.A. Interactive effects between nitrogen fertilization and elevated CO<sub>2</sub> on growth and gas exchange of papaya seedlings. *Scientia*

**Horticulturae**, v.202, p.32-40, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2016.02.010>.

DEPAULA, G. The distributional effect of climate change on agriculture: evidence from a ricardian quantile analysis of Brazilian census data. **Journal of Environmental Economics and Management**, v.104, art.102378, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102378>.

ELIAS, M.A.S.; BORGES, F.J.A.; BERGAMINI, L.L.; FRANCESCHINELLI, E.V.; SUJII, E.R. Climate change threatens pollination services in tomato crops in Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.239, p.257-264, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.026>.

EVANGELISTA-VALE, J.C.; WEIHS, M.; JOSÉ-SILVA, L.; ARRUDA, R.; SANDER, N.L.; GOMIDES, S.C.; MACHADO, T.M.; PIRES-OLIVEIRA, J.C.; BARROS-ROSA, L.; CASTUERA-OLIVEIRA, L.; MATIAS, R.A.M.; MARTINS-OLIVEIRA, A.T.; SÃO BERNARDO, C.S.; SILVA-PEREIRA, I.; CARNICER, C.; CARPANEDO, R.S.; EISENLOHR, P.V. Climate change may affect the future of extractivism in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, v.257, art.109093, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109093>.

FERNANDES, R.D.M.; MELO, D.M. de; ELLI, E.F.; BATTISTI, R. Climate change impacts on rainfed and irrigated soybean yield in Brazil's new agricultural frontier. **Theoretical and Applied Climatology**, v.147, p.803-816, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03865-w>.

FERNANDEZ, E.; CASPERSEN, L.; ILLERT, I.; LUDELING, E. Warm winters challenge the cultivation of temperate species in South America—a spatial analysis of chill accumulation. **Climatic Change**, v.169, art.28, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03276-w>.

FERREIRA, N.C.R.; MIRANDA, J.H. Potential occurrence of *Puccinia sorghi* in corn crops in Paraná, under scenarios of climate change. **International Journal of Biometeorology**, v.64, p.1051-1062, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01880-6>.

FERREIRA, N.C.R.; MIRANDA, J.H. Projected changes in corn crop productivity and profitability in Paraná, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v.23, p.3236-3250, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00715-z>.

GATEAU-REY, L.; TANNER, E.V.J.; RAPIDEL, B.; MARELLI, J-P.; ROYAERT, S. Climate change could threaten cocoa production: effects of 2015-16 El Niño-related drought on cocoa agroforests in Bahia, Brazil. **PLoS ONE**, v.13, e0200454, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200454>.

GIANNINI, T.C.; COSTA, W.F.; CORDEIRO, G.D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; SARAIVA, A.M.; BIESMEIJER, J.; GARIBALDI, L.A. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. **PLoS ONE**, v.12, e0182274, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182274>.

HAMPF, A.C.; STELLA, T.; BERG-MOHNICKE, M.; KAWOHL, T.; KILIAN, M.; NENDEL, C. Future yields of double-cropping systems in the Southern Amazon, Brazil, under climate change and technological development. **Agricultural Systems**, v.177, art.102707, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102707>.

HEAD, B. Evidence-based policy: principles and requirements. In: AUSTRALIA. Productivity Commission. **Strengthening evidence-based policy in the Australian Federation**. Canberra: Productivity Commission, 2010. v.1, p.13-26. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/242709855\\_2](https://www.researchgate.net/publication/242709855_2)>.

**Evidence-based\_policy\_principles\_and\_requirements**. Acesso em: 5 dez. 2024.

HEINEMANN, A.B.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; STONEA, L.F.; DIDONET, A.D. Climate change determined drought stress profiles in rainfed common bean production systems in Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.246, p.64-77, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.06.005>.

HEMING, N.M.; SCHROTH, G.; TALORA, D.C.; FARIA, D. Cabruca agroforestry systems reduce vulnerability of cacao plantations to climate change in southern Bahia. **Agronomy for Sustainable Development**, v.42, art.48, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00780-w>.

IGAWA, T.K.; TOLEDO, P.M. de; ANJOS, L.J.S. Climate change could reduce and spatially reconfigure cocoa cultivation in the Brazilian Amazon by 2050. **PLoS ONE**, v.17, e0262729, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262729>.

IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. **Mensaje de los ministerios y secretarías de agricultura y ganadería de las Américas hacia la COP27 de la CMNUCC – Egipto 2022**. 2022. (Documento consensuado). Disponível em: <<https://iica.int/es/prensa/noticias/la-seguridad-alimentaria-es-esencial-para-sostenibilidad-afirman-ministros-de>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.002>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2023: synthesis report: summary for policymakers**. Contribution of working groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 2023. p.1-34. DOI: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change and land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems: summary for policymakers**. Geneva, 2020.

JONES, M.R.; SINGELS, A. Refining the Canegro model for improved simulation of climate change impacts on sugarcane. **European Journal of Agronomy**, v.100, p.76-86, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.12.009>.

JOSEPH, M.; MOONSAMMY, S.; DAVIS, H.; WARNER, D.; ADAMS, A.; TIMOTHY OYEDOTUN, T.D. Modelling climate variabilities and global rice production: a panel regression and time series analysis. **Helijon**, v.9, e15480, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2023.e15480>.

JUROSZEK, P.; BARTSCH, L.; FONTAINE, J.F.; RACCA, P.; KLEINHENZ, B. Summary of the worldwide available crop disease risk simulation studies that were driven by climate change scenarios and published during the past 20 years. **Plant Pathology**, v.71, p.1815-1838, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppa.13634>.

LIMA, R.F. de; APARECIDO, L.E. de O.; TORSONI, G.B.; CHIQUITTO, A.G.; MORAES, J.R.; ROLIM, G. de S. Agroclimatic zoning for the incidence of brown eye spot on coffee under climate change scenarios. **Theoretical and Applied Climatology**, v.149, p.1471-1496, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04123-3>.

LIMA, V.P.; MARCHIORO, C.A. Brazilian stingless bees are threatened by habitat conversion and climate change. *Regional Environmental Change*, v.21, art.14, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01751-9>.

LOPES, D.C.; STEIDLE NETO, A.J. Effects of climate change on the aeration of stored beans in Minas Gerais State, Brazil. *Biosystems Engineering*, v.188, p.155-164, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.010>.

MAIA, A.G.; CESANO, D.; MIYAMOTO, B.C.B.; EUSEBIO, G.S.; SILVA, P.A. de O. Climate change and farm-level adaptation: the Brazilian Sertão. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, v.10, p.729-751, 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-04-2017-0088>.

MAIA, A.G.; MIYAMOTO, B.C.B.; GARCIA, J.R. Climate change and agriculture: do environmental preservation and ecosystem services matter? *Ecological Economics*, v.152, p.27-39, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.05.013>.

MALEK, Ž.; LOEFFEN, M.; FEURER, M.; VERBURG, P.H. Regional disparities in impacts of climate extremes require targeted adaptation of Fairtrade supply chains. *One Earth*, v.5, p.917-931, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.07.008>.

MARCHIORO, C.A.; KRECHMER, F. da S. Climatic niche shift and distribution of *Melanagromyza sojae* under current and future climate scenarios: does this species pose a risk to soybean production? *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.71, p.461-474, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.13293>.

MARQUES, R.; DUARTE, J.L.P.; DUARTE, A. de F.; KRÜGER, R.F.; CUNHA, U.S. da; OSORIO-OLVERA, L.; CONTRERAS-DÍAZ, R.G.; JIMÉNEZ-GARCÍA, D. Effects of climatic change on the potential distribution of lycoriella species (diptera: sciaridae) of economic importance. *Insects*, v.12, art.831, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12090831>.

MARTINS, M.A.; TOMASELLA, J.; BASSANELLI, H.R.; PAIVA, A.C.E.; VIEIRA, R.M.S.P.; CANAMARY, E.A.; ALVARENGA, L.A. On the sustainability of paddy rice cultivation in the Paraíba do Sul river basin (Brazil) under a changing climate. *Journal of Cleaner Production*, v.386, art.135760, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135760>.

MARTINS, M.A.; TOMASELLA, J.; DIAS, C.G. Maize yield under a changing climate in the Brazilian Northeast: impacts and adaptation, *Agricultural Water Management*, v.216, p.339-350, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.011>.

MARTINS, S.R.; SCHLINDWEIN, S.L.; D'AGOSTINI, L.R.; BONATTI, M.; VASCONCELOS, A.C.F. de; HOFFMANN, A.F.; FANTINI, A.C. Mudanças climáticas e vulnerabilidade na agricultura: desafios para desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v.17, p.17-27, 2010.

MELO, T.K. de; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MEDEIROS, J.F. de; FIGUEIRÉDO, V.B.; SILVA, J.S. da; SÁ, F.V. da S. Impacts of climate change scenarios in the brazilian semiarid region on watermelon cultivars. *Revista Caatinga*, v.33, p.794-802, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n323rc>.

MENEZES, I.S.; ROCHA, D.S.B.; VOEKS, R.; COUTO-SANTOS, A.P.L. do; FUNCH, L.S. Conservation challenges to the useful neotropical palm Babaçu (*Attalea pindobassu* Bondar) in the face of climate change. *Flora*, v.302, art.152262, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152262>.

MESQUITA, P.S.; BURSZTYN, M. Food acquisition programs in the Brazilian semi-arid region: benefits to farmers and impacts of climate change. *Food Security*, v.9, p.1041-1051, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0711-1>.

MIRÓN, I.J.; LINARES, C.; DÍAZ, J. The influence of climate change on food production and food safety. *Environmental Research*, v.216, art.114674, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114674>.

MOREIRA, V.S.; CANDIDO, L.A.; MOTA, M.C.; WEBLER, G.; OLIVEIRA, E. do P.; ROBERTI, D.R. Impacts of climate change on water fluxes and soybean growth in southern Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, v.54, e20228398, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230014>.

MUTHUVEL, D.; SIVAKUMAR, B.; MAHESHA, A. Future global concurrent droughts and their effects on maize yield. *Science of the Total Environment*, v.855, art.158860, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158860>.

NÓIA JÚNIOR, R. de S.; MARTRE, P.; FINGER, R.; van der VELDE, M.; BEN-ARI, T.; EWERT, F.; WEBBER, H.; RUANE, A.C.; ASSENG, S. Extreme lows of wheat production in Brazil. *Environmental Research Letters*, v.16, art.104025, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac26f3>.

OLIVEIRA, L.A. de; MIRANDA, J.H. de; COOKE, R.A.C. Water management for sugarcane and corn under future climate scenarios in Brazil. *Agricultural Water Management*, v.201, p.199-206, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.019>.

OMM. Organización Meteorológica Mundial. *Estado del clima en América Latina y el Caribe 2021*. Ginebra, 2022. 44p. (OMM-Nº1295). Disponível em: <<https://library.wmo.int/idurl/4/28347>>. Acesso em: 1 dez. 2024.

PEQUENO, I.D.; TURCO, S.H.N.; SILVA, T.G.F. da; FACÓ, O. Dairy production of 'Saanen' goats based on meteorological variables and future climate scenarios. *Engenharia Agrícola*, v.37, p.226-235, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n2p226-235/2017>.

PEREIRA, P.R.R.X.; HASENACK, H.; PEREIRA, G.R.; DEWES, H.; CANELLAS, L.C.; OLIVEIRA, T.E.; BARCELLOS, J.O.J. Climate change and beef supply chain in Southern Brazil. *The Journal of Agricultural Science*, v.156, p.731-738, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000667>.

PETERSON, C.A.; BELL, L.W.; CARVALHO, P.C. de F.; GAUDIN, A.C.M. Resilience of an integrated crop-livestock system to climate change: a simulation analysis of cover crop grazing in Southern Brazil. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v.4, art.604099, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.604099>.

PEZZOPANE, J.R.M.; SANTOS, P.M.; EVANGELISTA, S.R.M.; BOSI, C.; CAVALCANTE, A.C.R.; BETTIOL, G.M.; MIRANDA GOMIDE, C.A. de; PELLEGRINO, G.Q. *Panicum maximum* cv. Tanzânia: climate trends and regional pasture production in Brazil. *Grass and Forage Science*, v.72, p.104-117, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12229>.

PIRES, G.F.; ABRAHÃO, G.M.; BRUMATTI, L.M.; OLIVEIRA, L.J.C.; COSTA, M.H.; LIDDICOAT, S.; KATO, E.; LADLE, R.J. Increased climate risk in Brazilian double cropping agriculture systems: implications for land use in Northern Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.228-229, p.286-298, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.07.005>.

- QIAN, Y.; ZHAO, J.; ZHENG, S.; CAO, Y.; XUE, L. Risk assessment of the global crop loss in ENSO events. *Physics and Chemistry of the Earth*, v.116, art.102845, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102845>.
- QUEIROGA, A.; LUZ, M.B. da; FILGUEIRA, H.J.A. A Redução de Riscos de Desastres (RRD) e a resiliência na segurança alimentar e nutricional. *Territorium*, n.29, p.139-148, 2022. DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_29-1\\_12](https://doi.org/10.14195/1647-7723_29-1_12).
- QUEIROZ, D.L. de; WREGE, M.S.; KÜNAST, T.B.S.; GARRASTAZU, M.C.; BURCKHARDT, D. Potential distribution of the guava psyllid *Trioza limbata* (Hemiptera, Psylloidea), today and in global climate change scenarios. *Turkish Journal of Zoology*, v.42, p.330-336, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3906/zoo-1709-21>.
- RAMIREZ-VILLEGAS, J.; HEINEMANN, A.B.; CASTRO, A.P. de; BRESEGHELLO, F.; NAVARRO-RACINES, C.; LI, T.; REBOLLEDO, M.C.; CHALLINOR, A.J. Breeding implications of drought stress under future climate for upland rice in Brazil. *Global Change Biology*, v.24, p.2035-2050, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.14071>.
- RESENDE, N.C.; MIRANDA, J.H.; COOKE, R.; CHU, M.L.; CHOU, S.C. Impacts of regional climate change on the runoff and root water uptake in corn crops in Parana, Brazil. *Agricultural Water Management*, v.221, p.556-565, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.018>.
- RIBEIRO, R.M.; TESSAROLO, G.; SOARES, T.N.; TEIXEIRA, I.R.; NABOUT, J.C. Global warming decreases the morphological traits of germination and environmental suitability of *Dipteryx alata* (Fabaceae) in Brazilian Cerrado. *Acta Botanica Brasilica*, v.33, p.446-453, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0288>.
- RODRÍGUEZ DE LUQUE, J.J.; GONZALEZ RODRÍGUEZ, C.E.; GOURLJI, S.; MASON-D'CROZ, D.; OBANDO-BONILLA, D.; MESA-DIEZ, J.; PRAGER, S.D. Impactos socioeconómicos del cambio climático en América Latina y el Caribe: 2020-2045. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, v.13, p.11-34, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr13-78.iscc>.
- SALES, L.P.; RODRIGUES, L.; MASIERO, R. Climate change drives spatial mismatch and threatens the biotic interactions of the Brazil nut. *Global Ecology and Biogeography*, v.30, p.117-127, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.13200>.
- SAMPAIO, F.; KRECHMER, F.S.; MARCHIORO, C.A. The hotter the better? Climate change and voltnism of *Spodoptera eridania* estimated with different methods. *Journal of Thermal Biology*, v.98, art.102946, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102946>.
- SAMPAIO, F.; SANTOS, H.T. dos; MARCHIORO, C.A. Differences in thermal tolerances between two soybean pests may differently affect their voltnism under climate change. *Agricultural and Forest Entomology*, v.24, p.380-389, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/afe.12501>.
- SANTANA JR., P.A.; KUMAR, L.; SILVA, R.S. da; PEREIRA, J.L.; PICANÇO, M.C. Assessing the impact of climate change on the worldwide distribution of *Dalbulus maidis* (DeLong) using MaxEnt. *Pest Management Science*, v.75, p.2706-2715, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5379>.
- SANTOS, C.V. dos; OLIVEIRA, A.F. de; FERREIRA FILHO, J.B. de S. Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.60, e220611, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220611>.
- SANTOS, D.G. dos; COELHO, C.C. de S.; FERREIRA, A.B.R.; FREITAS-SILVA, O. Brazilian coffee production and the future microbiome and mycotoxin profile considering the climate change scenario. *Microorganisms*, v.9, art.858, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040858>.
- SILVA, A.M.M.; ARAÚJO, V.L.V.P. de; BARROS, T.H. da S. A saúde dos solos agrícolas frente às mudanças climáticas globais. In: CARDOSO, E.J.B.N. (Org.). *A sustentabilidade ambiental da agricultura e de florestas tropicais: uma visão científica, ecológica, política e social*. Curitiba: Appris, 2021a. 161p.
- SILVA, E.H.F.M. da; ANTOLIN, L.A.S.; ZANON, A.J.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; SOUZA, H.A. de; CARVALHO, K. dos S.; VIEIRA JUNIOR, N.A.; MARIN, F.R. Impact assessment of soybean yield and water productivity in Brazil due to climate change. *European Journal of Agronomy*, v.129, art.126329, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126329>.
- SILVA, G.J. da; BERG, E.C.; CALIJURI, M.L.; SANTOS, V.J. dos; LORENTZ, J.F.; ALVES, S. do C. Aptitude of areas planned for sugarcane cultivation expansion in the state of São Paulo, Brazil: a study based on climate change effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.305, art.107164, 2021c. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107164>.
- SOARES, J.R.S.; RAMOS, R.S.; SILVA, R.S. da; NEVES, D.V.C.; PICANÇO, M.C. Climate change impact assessment on worldwide rain fed soybean based on species distribution models. *Tropical Ecology*, v.62, p.612-625, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42965-021-00174-1>.
- SOUZA, B.; HADDAD, E. Climate change in Brazil: dealing with uncertainty in agricultural productivity models and the implications for economy-wide impacts. *Spatial Economic Analysis*, v.17, p.83-100, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/17421772.2021.1934524>.
- SOUZA, G.H. de O.; APARECIDO, L.E. de O.; MORAES, J.R. da S.C. de; BOTEGAS, G.T. Climate change and its influence on planting of cassava in the Midwest region of Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, v.25, p.1184-1204, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02088-3>.
- SOUZA, G.H. de O.; OLANDA, G.H.; APARECIDO, L.E. de O.; LIMA, R.F. de; TORSONI, G.B.; CHIQUITTO, A.G.; MORAES, J.R.C. de. Agroclimatic zoning for bananas under climate change in Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.102, p.6511-6529, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12018>.
- SOUZA, T.T. de; ANTOLIN, L.A.S.; BIANCHINI, V. de J.M.; PEREIRA, R.A. de A.; SILVA, E.H.F.M.; MARIN, F.R. Longer crop cycle lengths could offset the negative effects of climate change on Brazilian maize. *Bragantia*, v.78, p.622-631, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190085>.
- STRASSHEIM, H. Trends towards evidence-based policy formulation. In: HOWLLETT, M.; MUKHERJEE, I. (Ed.). *Handbook of policy formulation*. Cheltenham: Edward Elgar, 2017. 563p.
- TANURE, T.M. do P.; DOMINGUES, E.P.; MAGALHÃES, A. de S. The regional economic impacts of climate change on family farming and large-scale agriculture in Brazil: a computable general equilibrium approach. *Climate Change Economics*, v.14, p.1-33, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1142/S2010007823500124>.
- TAYLOR, R.A.; RYAN, S.J.; LIPPI, C.A.; HALL, D.G.; NAROUENI-KHANDAN, H.A.; ROHR, J.R.; JOHNSON, L.R. Predicting the fundamental thermal niche of crop pests and diseases in a changing world: a case study on citrus greening. *Journal of Applied Ecology*, v.56, p.2057-2068, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13455>.

TAYT'SOHN, F.C.O.; NUNES, A.M.B.; PEREIRA JR., A.O. Assessing sugarcane expansion to ethanol production under climate change scenarios in Paranaíba river basin – Brazil. *Biomass and Bioenergy*, v.119, p.436-445, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.10.003>.

TEIXEIRA, L.A.R.; JADOSKI, S.O.; FAGGIAN, R.; SPOSITO, V.; MRÁZOVÁ, J. Estimativa das alterações de temperatura no ciclo de cultivo de trigo e cevada para o ano de 2050 em Guarapuava, Paraná-Brasil. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.11, p.41-49, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/PAeT.V11.N3.04>.

TORRES, G.A.L.; ZEZZO, L.V.; JOSÉ, R.V. de S.; GRECO, R.; COLTRI, P.P. Exposure to climate risk: a case study for coffee farming in the region of alta mogiana, São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.94, e20211379, 2022. Suppl. 4. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211379>.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, v.14, p.207-222, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.

UNICEF BRASIL. Fundo das Nações Unidas para a Infância. *Crianças, adolescentes e mudanças climáticas no Brasil*. 2022. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/relatorios/criancas-adolescentes-e-mudancas-climaticas-no-brasil-2022>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

VERHAGE, F.Y.F.; ANTEN, N.P.R.; SENTELHAS, P.C. Carbon dioxide fertilization offsets negative impacts of climate change on Arabica coffee yield in Brazil. *Climatic Change*, v.144, p.671-685, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2068-z>.

WEINBERG, J.; OTA, N.; GOERGEN, G.; FAGBOHOUN, J.R.; TEPA-YOTTO, G.T.; KRITICOS, D.J. Spodoptera eridania: current and emerging crop threats from another invasive, pesticide-resistant moth. *Entomologia Generalis*, v.42, p.701-712, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1127/entomologia/2022/1397>.

ZAMPIERI, M.; GRIZZETTI, B.; TORETI, A.; PALMA, P. de; COLLALTI, A. Rise and fall of vegetation annual primary production resilience to climate variability projected by a large ensemble of Earth System Models' simulations. *Environmental Research Letters*, v.16, art.105001, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2407>.

ZILLI, M.; SCARABELLO, M.; SOTERRONI, A.C.; VALIN, H.; MOSNIER, A.; LECLÈRE, D.; HAVLÍK, P.; KRAKNER, F.; LOPES, M.A.; RAMOS, F.M. The impact of climate change on Brazil's agriculture. *Science of The Total Environment*, v.740, art.139384, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139384>.