



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

SIOZIMILA FERNANDES ONHINAM

**ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NA AGRICULTURA E NA
OFERTA DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

**REDENÇÃO
2022**

SIOZIMILA FERNANDES ONHINAM

**ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NA AGRICULTURA E NA
OFERTA DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

Monografia apresentada como requisito
para a obtenção do título de Licenciada
em Ciências Biológicas, na Universidade
da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira, UNILAB - Campus das
Auroras

Orientador: Prof. Dr. Victor Emanuel
Pessoa Martins

**REDENÇÃO
2022**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catálogo de Publicação na Fonte.

Onhinam, Siozimila Fernandes.

O58a

Alterações climáticas e seus impactos na agricultura e oferta de alimentos: uma revisão sistemática da literatura / Siozimila Fernandes Onhinam. - Redenção, 2022.
39f: il.

Monografia - Curso de Ciências Biológicas, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2022.

Orientador: Prof.º Dr.º Victor Emanuel Pessoa Martins.

1. Agricultura. 2. Alimentos. 3. Alterações Climáticas.
I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 338.17

SIOZIMILA FERNANDES ONHINAM

**ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NA AGRICULTURA E NA
OFERTA DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

Monografia apresentada como requisito para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB - Campus das Auroras.

Aprovado em: 25/07/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Victor Emanuel Pessoa Martins (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB



Prof. Dr. Aluísio Marques da Fonseca

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB



Prof. Ms. David Aurélio Lima Silveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

- “Dedico a Deus por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis, não só desse trabalho, mas da minha vida”.
- Dedico este trabalho à minha família e amigos que sempre estiveram presentes direta ou indiretamente em todos os momentos de minha formação.
- Principalmente aos meus pais, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, e que eu sou capaz de conquistar qualquer coisa.
- A todos os meus professores da graduação, que foram de fundamental importância na construção da minha vida profissional.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela força e vontade de poder me reinventar sempre que necessário.

Agradeço aos meus pais pelos conselhos, principalmente a minha mãe, pelas conversas encorajadoras e edificantes que me fizeram mais fortes.

À minha família em geral, por me ajudarem, dando amparo e condições para realizar esse sonho.

À minha filha, que foi muito fundamental nesse processo. Pelos momentos de descontração e brincadeiras, e por me fazer enxergar e encarar a vida de uma forma mais leve e tranquila.

Aos meus amigos, Kátia, Edson, Marilena, Maiuca, Badilé, Afonso e principalmente o Inácio, que foi um suporte nos dias mais ruins da minha vida. Além de um amigo, foi meu psicólogo e meu confidente. As nossas conversas foram fundamentais durante as minhas crises de ansiedade e entre outros problemas pessoais.

À todos os meus professores de graduação, em especial ao professor Roberth, Elcimar, Victor, Jober, Viviane e Luana, pela didática, dedicação, conselhos, que foram de grande ajuda nesse processo de formação.

E sem esquecer da UNILAB, essa Instituição que me deu oportunidade de vir ao Brasil e me formar academicamente e pelas portas abertas para outros universos além da academia.

Durante muito tempo, tentei percorrer o tempo do outro. Nesse processo de formação, entendi que cada um tem seu próprio tempo para fazer as coisas e aprendi a respeitar e lidar bem com o meu. E hoje compreendo o quão libertador é me sentir a dona do meu próprio percurso, sem precisar me apressar para acompanhar o outro e sim respeitar os meus limites e minhas conquistas, mesmo que sendo pequenas. Não foi nada fácil chegar até aqui, mas consegui. Apesar das dificuldades que tive que enfrentar, pelas noites mal dormidas, crises de ansiedade e frustrações, a paciência e resiliência me fizeram esperar o tempo certo para agir e agora posso garantir que estou colhendo os frutos desse processo.

Portanto, agradeço imensamente a Deus por me proporcionar essa liberdade, pela força e pela determinação. E agradeço a todos os envolvidos nesse processo (direta ou indiretamente), pelo apoio emocional e pelo suporte que sempre me deram.

"Educar-nos; Educar outras pessoas, a população em geral, para combater o medo e a ignorância, para eliminar pouco a pouco a sujeição à natureza e forças naturais que nossa economia ainda não dominou." - Amílcar Cabral

Resumo

As mudanças climáticas são atualmente uma das ameaças mais desafiadoras que o mundo enfrenta. As evidências científicas são esmagadoras, portanto, exigem uma resposta urgente. Nas últimas décadas, as mudanças climáticas aumentaram o aquecimento global devido às maiores emissões de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa. A investigação de questões relacionadas ao clima a partir de fontes históricas tem sido há décadas obras de renome internacional, cuja nova e refrescante contribuição tem servido para renovar a visão das sociedades agrárias. O setor agrícola pode ser um dos setores econômicos mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas nas próximas décadas, é diverso e cheio de contrastes; representa uma pequena proporção da economia global, mas permanece central para a vida de milhões de pessoas. Uma das circunstâncias incontáveis e mais arriscadas enfrentadas pelo setor agrícola são os eventos climáticos adversos (secas, excessos de água, geada, etc.) resultantes das mudanças climáticas e da variabilidade. A redução da produtividade de algumas culturas agrícolas é preocupante, uma vez que a demanda por alimentos poderá aumentar até 2% ao ano nas próximas décadas, devido à expectativa de crescimento populacional e melhoria nas condições econômicas de diversos países. Portanto, a investigação dos processos de adaptação da agricultura às mudanças climáticas a partir da dimensão sociocultural é urgente, pois é necessário conhecimento para o desenho e estabelecimento de estratégias social e culturalmente aceitáveis. Os conhecimentos gerados podem contribuir para a continuidade das atividades produtivas, para que a agricultura cumpra sua função social no fornecimento de alimentos e matérias-primas, e, eventualmente, na geração de serviços ambientais.

Palavras-Chaves: Agricultura; Alimentos; Alterações climáticas

Abstract

Climate change is currently one of the most challenging threats facing the world. The scientific evidence is overwhelming, so it calls for an urgent response. In recent decades, climate change has increased global warming due to increased emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases. The investigation of climate-related issues from historical sources has been internationally renowned works for decades, whose new and refreshing contribution has served to renew the vision of agrarian societies. The agricultural sector may be one of the economic sectors most vulnerable to the impacts of climate change in the coming decades, it is diverse and full of contrasts; it represents a small proportion of the global economy but remains central to the lives of millions of people. One of the uncontrollable and riskiest circumstances facing the agricultural sector is adverse weather events (droughts, excess water, frost, etc.) resulting from climate change and variability. The reduction in the productivity of some agricultural crops is worrying, since the demand for food could increase by up to 2% per year in the coming decades, due to the expectation of population growth and improvement in the economic conditions of several countries. Therefore, the investigation of the processes of adaptation of agriculture to climate change from the sociocultural dimension is urgent, since knowledge is necessary for the design and establishment of socially and culturally acceptable strategies. The knowledge generated can contribute to the continuity of productive activities, so that agriculture fulfils its social function in the supply of food and raw materials, and, eventually, in the generation of environmental services.

Keywords: Agriculture; Food; Climate change

Lista de Siglas e Abreviaturas

AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use Sector (Setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra)
CCA	Climate Change Adaptations (Adaptações às Mudanças Climáticas)
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de Carbono
CSA	Climate Smart Agriculture (Agricultura Inteligente Climática)
EPA	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)
EUA	Estados Unidos da América
FCPF	Fundo do Banco Mundial para Reduzir as Emissões por Meio da Proteção Florestal
GEE's	Gases de Efeito Estufa
GMST	Global Mean Surface Temperature (Temperatura Média Global da Superfície)
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MENA	Agência de Notícias do Médio Oriente
N₂O	Óxido Nitroso
PIB	Produto Interno Bruto
REDD	Programa Colaborativo das Nações unidas para a Redução das Emissões do Desmatamento e Degradação florestal
RFS	Renewable Fuels Standard (Padrão de Combustível Renovável)
SAF's	Sistemas Agroflorestais
SOC	Stock Organic Carbon (Estoque de Carbono Orgânico)
US\$	Dólar Americano
UE	União Europeia
UNFPA	Fundo de População das Nações Unidas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	DESENVOLVIMENTO	13
2.1	Metodologia	13
2.2	Principais Pontos Levantados pelos Artigos Selecionados	14
2.2.1	Fatores que influenciam as alterações climáticas	14
2.2.2	Consequências das alterações climáticas na agricultura	16
2.2.3	Como esses impactos afetam na oferta de alimentos	18
2.2.4	Possíveis soluções para reverter e/ou melhorar essa situação	21
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
	REFERÊNCIAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são atualmente uma das ameaças mais desafiadoras que o mundo enfrenta. As evidências científicas são esmagadoras e a mudança climática é reconhecida como um problema sério que exige uma resposta urgente (AHMED *et al.*, 2016).

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas aumentaram o aquecimento global devido às maiores emissões de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa (GEE's). Esses gases estão naturalmente no planeta e permitem que sua temperatura seja quente o suficiente para o desenvolvimento da vida. No entanto, sua emissão tem aumentado devido à atividade humana, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis em processos industriais, transporte, pecuária e constantes mudanças no uso da terra para a agricultura, de modo que o processo de aquecimento é percebido como acelerado (MUNOZ-ZAMPONI e MARDONES-POBLETE, 2016; ADETONA e LAYZELL, 2019; MARVIN e BOUZEMBRAK, 2020). A produção de lixo e a dispersão de outros fluidos depositados no ambiente têm aumentado os gases de efeito estufa na atmosfera e consequentemente traz sérios prejuízos a nós mesmos. Pois impactam nas nossas produções agrícolas e posteriormente nos produtos que chegam às nossas mesas.

A mudança climática global tornou-se um grande problema ambiental que afeta a sobrevivência futura e o desenvolvimento da humanidade, e tem atraído atenção generalizada de organizações governamentais e comunidade acadêmica no mundo. A agricultura é um dos setores mais sensíveis às mudanças climáticas, e qualquer grau de mudança climática trará impacto potencial ou significativo para a produção agrícola e processos relacionados (TAO *et al.*, 2011).

Os impactos atuais e esperados das mudanças climáticas diferem de acordo com as características das regiões. Mas são especialmente desiguais de acordo com as diferentes condições sociais e econômicas dos grupos afetados (MUSSETTA *et al.*, 2018). Atualmente, o setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU - Agriculture, Forestry and Other Land Use Sector) é responsável por cerca de 30% de todas as emissões antropogênicas de GEE's. Apenas a produção agropecuária responde por metade do metano (CH₄) e dois terços do óxido nitroso (N₂O) emitido como resultado de atividades humanas (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017; CAMPBELL *et al.*, 2018; SAPKOTA *et al.*, 2019; ADETONA e LAYZELL, 2019; THEURL *et al.*, 2020).

Agora está estabelecido que as mudanças climáticas sobrecarregaram os padrões climáticos tradicionais, afetando severamente a maioria das nações em desenvolvimento (AHMED *et al.*, 2016). Em termos econômicos, é provável que o setor agrícola seja o mais afetado pelos efeitos negativos das mudanças climáticas (LOPEZ FELDMAN e HERNANDEZ CORTES, 2016). Mas por outro lado, de acordo com Schembergue *et al.*, (2017), ao aumentar a produção agrícola de forma sustentável, pode-se impactar positivamente a oferta de alimentos usando menos recursos e minimizando os impactos ambientais negativos. Dessa forma, é possível combinar práticas de adaptação, para aumentar a resiliência da agricultura, e de mitigação, visando reduzir as emissões de GEE's.

Abordagens de vulnerabilidade que enfatizam a adaptação muitas vezes se concentram nas maneiras pelas quais os atores devem se adaptar às novas situações que o

contexto climático impõe. Os problemas ambientais são isolados de outras dimensões e o ajuste dos atores a eles é independente de outras interações com o meio ambiente (MUSSETTA *et al.*, 2018). Ou seja, a população deve ter um conhecimento geral de seus efeitos no seu cotidiano e no desenvolvimento de suas atividades produtivas, levando-os a um maior comprometimento e participação para lidar com os reais efeitos (CASANOVA-PEREZ *et al.*, 2019; BOURONCLE *et al.*, 2019). Mas para que isso aconteça, os promotores de informações climáticas devem levar em conta a forma de fazer chegar a mensagem em diferentes povos e grupos sociais, principalmente os agricultores, de uma forma mais simples e compreensível. Casanova-Perez *et al.* (2019) ainda ressalta que nesse contexto, propõe-se que até agora a comunicação das mudanças climáticas da mídia não tenha considerado os diferentes públicos relacionados a características como: idade, sexo, escolaridade, atividade produtiva, contexto cultural e nenhum dos dois, a semântica que fundamenta sua comunicação. Esses diferentes públicos devem ser considerados em qualquer estratégia comunicativa, sua omissão resultou em: indiferença, ceticismo e invisibilidade do fenômeno.

O que leva a acreditar que, por uso de muitos termos técnicos nas abordagens acerca das alterações climáticas, complica a compreensão e o entendimento desse público-alvo em específico. Casanova-Perez *et al.* (2019) finaliza dizendo que, alcançar uma comunicação adequada das mudanças climáticas é fundamental para a adaptação, uma vez que esse processo é principalmente um ato de gestão de riscos.

Levando-se em consideração que os impactos negativos da variabilidade climática e das mudanças na segurança alimentar têm sido amplamente reconhecidos, no entanto, a maioria das pesquisas se concentrou, até o momento, nos efeitos climáticos diretos das secas nas áreas agrícolas ou variabilidade climática em territórios agrícolas (MONTENEGRO e PITTI, 2020).

De acordo com o Fundo de População das Nações Unidas (2018; *apud* MONTIEL-GONZALEZ, 2019; JAGUSTOVIC *et al.*, 2019; SAPKOTA *et al.*, 2019; THORNTON *et al.*, 2018 e LEISNER, 2020) em 2017 a população mundial atingiu 7,6 bilhões de pessoas. Se a taxa atual de crescimento populacional continuar, projeta-se que até 2050 a população possa chegar a 9,77 bilhões. Esse aumento considerável da população favorecerá o aumento da demanda por recursos provenientes das atividades agrícolas, o que aumentará a possibilidade de uma crise alimentar, especialmente em países subdesenvolvidos.

Lamentavelmente, a insegurança alimentar teve um impacto contraditório na população dos países em desenvolvimento do mundo, especialmente nos continentes da África e Ásia, mais significativamente para a região do Oriente Médio norte da África (MENA) (ABDULLAH, 2019; THORNTON *et al.*, 2018; SAPKOTA *et al.*, 2019; AGGARWAL *et al.*, 2019). Em particular, o clima tem sido indicado como um condutor de riscos de segurança alimentar e foram desenvolvidos modelos preditivos para segurança alimentar que incluem parâmetros climáticos, mas esses modelos são geralmente limitados à previsão da ocorrência de micotoxinas em várias culturas agrícolas, como milho, trigo, e tomate (MARVIN e BOUZEMBRAK, 2020). Portanto, a avaliação da vulnerabilidade agrícola às mudanças climáticas não é apenas necessária, mas também é uma parte importante da pesquisa sobre o impacto e adaptação das mudanças climáticas. Ao refletir o conhecimento atual e o progresso na pesquisa da vulnerabilidade das mudanças climáticas e da vulnerabilidade agrícola às questões das mudanças climáticas em todo o mundo, os autores esperam fornecer uma referência significativa para estudos relacionados no futuro (TAO *et al.*, 2011). Mas a tomada de decisões diante da incerteza não é única para o desafio das

mudanças climáticas. Devemos buscar ferramentas e processos pelos quais o conhecimento incerto possa impulsionar a ação (CAMPBELL *et al.*, 2016).

Este trabalho baseia-se na revisão mista sequencial explanatória com o objetivo de compreender as alterações climáticas e seus impactos na agricultura e na oferta de alimentos; e encontrar novas abordagens e técnicas que ajudem na redução desses impactos, principalmente na agricultura.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Realizou-se um levantamento de artigos científicos cuja abordagem central estivesse relacionada com os impactos das mudanças climáticas na agricultura e na oferta de alimentos. Para isso, buscaram-se artigos disponibilizados nas bases de dados Science Direct e Scielo, publicados no período de 2011 a 2020.

A busca dos artigos foi realizada nos meses de Setembro de 2021 a Março de 2022, por meio de busca avançada nas bases de dados, utilizando-se, como descritores controlados, os termos e as expressões “climate change”, “agriculture” e “food”, com a interposição do operador booleano “AND”.

A seleção dos artigos pautou-se nos seguintes critérios de inclusão: artigos disponíveis online na íntegra, nos idiomas português, inglês e espanhol; e compatíveis com o tema “alterações climáticas e seus impactos na agricultura e na oferta de alimentos”.

Da pesquisa realizada, foram obtidos 138 artigos, sendo 84 da base de dados Science Direct e 54 da Scielo.

A partir da exclusão de 27 artigos (cujo conteúdo não estava disponível na íntegra), 111 artigos foram analisados quanto aos demais critérios de elegibilidade. Nesse caso, 60 artigos foram eliminados nesta etapa por não serem compatíveis com o tema, isto é, contemplam assuntos não relacionados com o impacto das alterações climáticas na agricultura e/ou na oferta de alimentos. O que resultou na análise, ao final da triagem, de 51 artigos, como ilustra a figura 1.

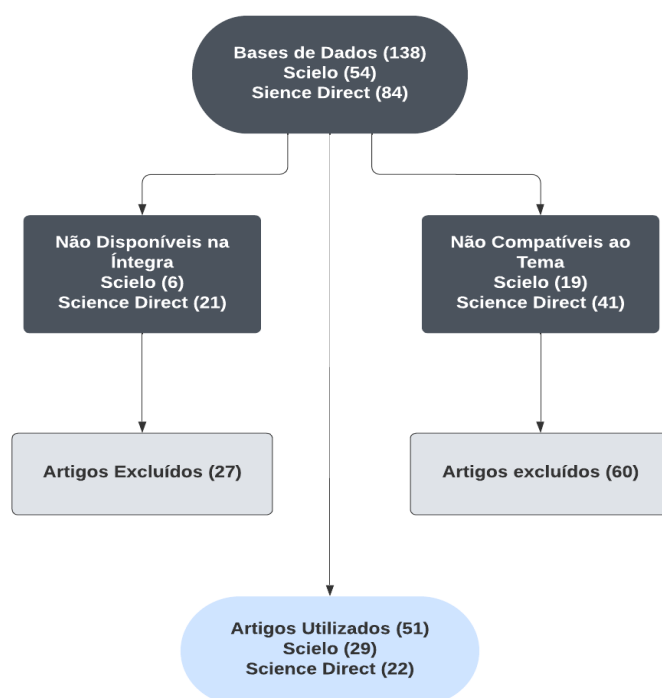


Figura 1. O processo de busca e seleção dos artigos apresentados em um fluxograma.

2.2 Principais Pontos Levantados pelos Artigos Seleccionados

2.2.1 Fatores que influenciam as alterações climáticas

A investigação de questões relacionadas ao clima a partir de fontes históricas tem sido há décadas obras de renome internacional, cuja nova e refrescante contribuição tem servido para renovar a visão das sociedades agrárias (FERNANDEZ TEJEDO, 2012). As mudanças climáticas através da temperatura extrema, inundações frequentes e seca e aumento da salinidade do abastecimento de água usado para irrigação tornaram-se um assunto recorrente de debate global [...] (AJETOMOBI, ABIODUN & HASSAN, 2011; SHIRSATH *et al.*, 2017). Inúmeros estudos recentes sugerem que a variação do clima registrada nos últimos anos é particularmente extraordinária. Certos fatores são conhecidos por causar mudanças climáticas, embora não precisamente; enquanto alguns consideram que estamos enfrentando um evento natural que faz parte de um ciclo, pois a maioria das mudanças climáticas tem sua origem total ou parcial nas atividades humanas, em particular nas emissões de carbono na atmosfera a partir do uso de combustíveis fósseis e desmatamento (BRIGIDO *et al.*, 2015; NAAB, ABUBAKARI e AHMED, 2019)

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) publicou dados e informações mais recentes que descrevem esse fenômeno, que se encontram pontuados abaixo:

- Desde o período pré-industrial (1850–1900) a temperatura média do ar observada na superfície da terra aumentou consideravelmente mais que a temperatura média global da superfície (terra e oceano) (GMST). De 1850 –1900 a 2006–2015, a temperatura média do ar na superfície da terra aumentou 1,53°C (com variação muito provável de

1,38°C a 1,68°C), enquanto a GMST aumentou 0,87°C (com variação provável de 0,75°C a 0,99°C).

- O aquecimento resultou em aumentos na frequência, intensidade e duração de eventos relacionados ao calor, incluindo ondas de calor na maioria das regiões terrestres. Em algumas áreas áridas, o aumento da temperatura do ar na superfície da terra e da evapotranspiração e a diminuição da quantidade de precipitação, em interação com a variabilidade climática e com as atividades humanas, contribuíram para a desertificação.
- A mudança do clima pode exacerbar os processos de degradação da terra inclusive por meio de aumentos na intensidade das chuvas, enchentes, frequência e severidade das secas, estresse térmico, estiagens, ventos, aumento do nível do mar e das ações das ondas, derretimento do permafrost com resultados sendo modulados pelo manejo da terra. A erosão costeira em curso está se intensificando e atingindo mais regiões com o aumento do nível do mar, aumentando a pressão do uso da terra em algumas regiões.
- A terra é ao mesmo tempo uma fonte e um sumidouro de CO₂ devido tanto a forçantes naturais quanto antrópicas, dificultando a separação entre fluxos naturais e antropogênicos. Modelos globais estimam emissões líquidas de CO₂ de $5,2 \pm 2,6$ GtCO₂ ano (variação provável) provenientes do uso da terra e da mudança no uso da terra durante os anos de 2007–2016. Essas emissões líquidas devem-se em grande parte ao desmatamento, parcialmente compensadas por florestamento/reflorestamento, e emissões e remoções por outras atividades de uso da terra. Não há uma tendência clara nas emissões anuais desde 1990.
- Desde o período pré-industrial, mudanças na cobertura da terra causadas pelas atividades humanas provocaram tanto uma liberação líquida de CO₂, contribuindo para o aquecimento global, quanto um aumento de albedo terrestre global causando o resfriamento da superfície. Durante o período histórico, estima-se que o efeito líquido resultante na temperatura média global de superfície seja pequeno.
- A probabilidade, a intensidade e a duração de muitos eventos extremos podem ser modificadas significativamente por alterações nas condições da terra, incluindo eventos relacionados ao calor, como ondas de calor e eventos de precipitação intensa. Mudanças nas condições da terra podem afetar a temperatura e a chuva em regiões a centenas de quilômetros de distância.

- Tanto o aquecimento global quanto a urbanização podem aumentar o aquecimento nas cidades e seus arredores (efeito ilha de calor), especialmente durante os eventos relacionados ao calor, incluindo ondas de calor. As temperaturas noturnas são mais afetadas por esse efeito que as temperaturas diurnas. O aumento da urbanização também pode intensificar eventos extremos de chuva sobre as cidades ou a favor do vento nas áreas urbanas.

Sanchez Cohen *et al.* (2012) mostra que o principal efeito das mudanças climáticas é a incerteza climática; ou seja, a dificuldade em prever variáveis climáticas devido à grande aleatoriedade afetada pelas mudanças nas condições climáticas. A ferramenta mais eficaz que a ciência moderna tem para enfrentar essa situação é a modelagem de processos em que as relações de causa e efeito são estudadas através de complexas equações matemáticas que descrevem, ou tentam descrever, os fenômenos que afetam a climatologia em geral. Esses algoritmos consideram as perturbações atmosféricas nos oceanos e nos continentes que levam aos impactos globais causados pelo aumento dos GEE's que, por sua vez, são as causas diretas do aumento das temperaturas.

Apesar da relevância das políticas públicas no enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas, questiona-se a inclusão da adaptação às mudanças climáticas como um novo campo político (PONCE, BLANCO e GIUPPONI, 2014). “[...] a presença de mudanças climáticas extremas é considerada mais o gatilho para os desequilíbrios sociais e econômicos do que como causa direta” (FERNANDEZ TEJEDO, 2012). Sem contar ainda com o desmatamento em algumas florestas para o exercício da pecuária e o excesso de lixo depositado no meio ambiente (nos continentes e nos oceanos).

A interação complexa e constante entre o ambiente natural e a organização social, e sua adaptação às condições do meio ambiente, adquirem uma dimensão, significância e intensidade diferentes, pois afeta sociedades antigas, pré-capitalistas ou industriais. Supõe-se que os efeitos das variações climáticas extremas sobre as sociedades agrárias pré-capitalistas são determinados, tanto pelo nível de desenvolvimento tecnológico, econômico e político dessa sociedade, quanto pela gravidade da própria mudança meteorológica (FERNANDEZ TEJEDO, 2012).

Como destacado pelo Ajetomobi, Abiodun e Hassan (2011) e Aggarwal *et al.* (2019), existem evidências de que os países em desenvolvimento são mais propensos a serem afetados negativamente pelas mudanças climáticas do que os desenvolvidos. Mais esforços foram feitos para quantificar o impacto econômico das mudanças climáticas na agricultura nos países desenvolvidos do que os países em desenvolvimento.

2.2.2 Consequências das alterações climáticas na agricultura

A variabilidade climática associada às mudanças climáticas afeta a produção agrícola e os meios de subsistência rurais em todo o mundo (BOURONCLE *et al.*, 2019). O setor agrícola pode ser um dos setores econômicos mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas nas próximas décadas (PONCE, BLANCO e GIUPPONI, 2014; NAAB, ABUBAKARI e AHMED, 2019), é diverso e cheio de contrastes; representa uma pequena proporção da economia global, mas permanece central para a vida de milhões de pessoas (LOPEZ FELDMAN e HERNANDEZ CORTES, 2016). Globalmente, cerca de 50 países estão predados a serem extremamente suscetíveis em 2030 aos impactos das mudanças

climáticas (ABDULLAH, 2019; CAMPBELL *et al.*, 2018). Em 2010, cerca de 2,6 bilhões de pessoas no mundo eram economicamente dependentes desse setor. Cerca de 40% da área terrestre do planeta é ocupada pela agricultura e pecuária; aproximadamente 1,5 bilhão de hectares de terra são usados para o plantio de culturas, enquanto 3,5 bilhões são usados para pastagem (LOPEZ FELDMAN e HERNANDEZ CORTES, 2016; LEISNER, 2020). Os impactos das mudanças climáticas na produção agrícola estão relacionados a mudanças nos padrões de temperatura e precipitação, à frequência e magnitude de eventos climáticos extremos, mudanças na sazonalidade e período de crescimento, entre outros. Todos esses impactos podem ter consequências na produção agrícola e, como resultado, os sistemas agrícolas são forçados a se adaptar às mudanças nas condições (PONCE, BLANCO e GIUPPONI, 2014; AGGARWAL *et al.*, 2019). Assim, a Adaptação às Mudanças Climáticas (CCA) surge como um novo campo para estudiosos e praticantes em todos os níveis, desde estratégias de adaptação locais e autônomas implementadas pelos agricultores, até políticas regionais, nacionais ou globais para orientar a adaptação planejada (PONCE, BLANCO e GIUPPONI, 2014).

A fenologia estuda a sequência temporal das diferentes fases periódicas das plantas e suas relações com o clima e o clima atmosférico; fases como: aparecimento das primeiras folhas, floração, amadurecimento dos frutos, etc., estão relacionadas às condições de temperatura predominantes e à quantidade oportuna de precipitação (RAMIREZ e RODRIGUEZ, 2013). Com base em inúmeros estudos, há um consenso de que as plantas têm uma resposta positiva ao aumento do CO₂; que se manifesta através do aumento da fotossíntese, biomassa e rendimentos das culturas econômicas (RUIZ CORAL *et al.*, 2011; LEISNER, 2020). Por outro lado, como resultado do aumento dos GEE's na atmosfera, há um aumento da temperatura; que, dependendo do regime climático vigente e da disponibilidade de recursos do solo, podem ter efeitos positivos e negativos sobre o potencial produtivo das culturas. O aumento da temperatura acelera o processo de amadurecimento das culturas, reduz a duração da área da folha e, com ela, a exigência total de água na maturação da cultura (RUIZ CORAL *et al.*, 2011; HENRY, 2020). No entanto, quando o processo de maturidade das plantas acelera, seu ciclo biológico e, portanto, seu estágio reprodutivo é encurtado, causando uma diminuição no rendimento econômico das culturas (RUIZ CORAL *et al.*, 2011). Assim, cada planta tem que apresentar limites mínimos, ótimos e máximos; alguns são suscetíveis a altas temperaturas nas fases fenológicas iniciais e podem, posteriormente, suportar altas temperaturas, outros suspendem funções quando em condições de baixa temperatura (RAMIREZ e RODRIGUEZ, 2013). Previu-se que o impacto do CO₂ a fertilização nas culturas adotadas pode resultar em uma redução de 8% na produção de cereais no Oriente Médio, resultando em deterioração da segurança alimentar, enquanto um aumento de 14 a 19% na produção de cereais na Central (ABDULLAH, 2019). Da mesma forma, a quantidade oportuna de água é vital; precipitação excessiva nos estágios iniciais da vida é prejudicial afetando as mudas, se for acompanhada de granizo e ocorrer durante a floração e frutífera causará baixa produção. Por outro lado, podem ocorrer condições de seca, com as quais as culturas manifestam alterações no acúmulo de biomassa, nos processos de assimilação primária, entre outros e, finalmente, na produção (RAMIREZ e RODRIGUEZ, 2013). As mudanças climáticas podem levar a aumentos da precipitação em algumas regiões e produzir mais biomassa; no entanto, um aumento da variabilidade das chuvas conjugada com temperaturas mais quentes e dessecantes pode levar a secas regionais (RUIZ CORAL *et al.*, 2011).

As alterações na quantidade e nos padrões de precipitação impactarão, por sua vez, a produtividade de áreas agrícolas, o que torna o conhecimento da variabilidade das chuvas

essencial para a segurança alimentar, recursos hídricos e gestão do uso da terra (PIRES *et al.*, 2014; SHIRSATH *et al.*, 2017). O setor agrícola, por depender diretamente do clima, é um dos mais vulneráveis às mudanças climáticas. Mesmo com todos os avanços tecnológicos relacionados à cadeia produtiva agrícola, tais como técnicas de irrigação, melhoramento genético, dentre outros, as condições climáticas ainda são fatores-chave que direcionam a produção agrícola (PIRES *et al.*, 2014; DUNNETT *et al.*, 2018). Por exemplo, em 2010, a agricultura representou, em média, 29% do PIB total em países de baixa renda (países com renda per capita abaixo de US\$ 1.005); enquanto para os países de renda média e alta representava 10,5 e 1,5% (LOPEZ FELDMAN e HERNANDEZ CORTES, 2016).

De acordo com Ajetomobi, Abiodun e Hassan, (2011) e Turbay *et al.* (2014), os principais problemas associados à produção de arroz e café incluem seca, inundações, estresse, sal e temperaturas extremas, que devem piorar com as mudanças climáticas. Durante as secas o fruto não se desenvolve completamente. Mudanças drásticas nos padrões de chuva e aumento das temperaturas introduzirão condições de crescimento desfavoráveis nos calendários de cultivo, modificando assim estações de cultivo que poderiam reduzir posteriormente a produtividade da cultura.

Turbay *et al.* (2014) ainda mostra que os pequenos agricultores rurais são altamente vulneráveis às mudanças climáticas, mas desde os tempos antigos as comunidades tiveram que se adaptar a vários extremos climáticos. No entanto, a adaptação também tem limites associados a fatores sociais e não naturais, como sublinhado por diferentes pesquisadores que insistem na necessidade de entender os princípios éticos da população, sua percepção de risco, seu conhecimento sobre o clima, sua avaliação das mudanças climáticas e a forma como as pessoas se relacionam entre si, com as instituições, com o Estado. Para construir uma capacidade adaptativa eficaz, é necessário abordar as causas da vulnerabilidade e desenvolver políticas que minimizem riscos porque a vulnerabilidade não tem relação com o clima em si.

Bautista, Pacheco e Dubrovina (2019), ressaltam que nas economias em desenvolvimento, os riscos climáticos de origem hidrometeorológica estão repletos de efeitos catastróficos para a agricultura e a segurança alimentar. O aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos têm sérias implicações para a segurança socioeconômica e a saúde humana.

Os autores citados relatam os principais efeitos das alterações climáticas nas culturas e nas produções agrícolas. E ainda mostram como esses eventos climáticos podem ser prejudiciais na produção agrícola em grande escala. Se houver pouca produção, isso afetará consequentemente a colheita, e esta por sua vez afetará a economia agrícola e a oferta de alimentos para a população.

2.2.3 Como esses impactos afetam na oferta de alimentos

O investimento no desenvolvimento de serviços climáticos varia amplamente em todo o mundo; alguns países têm serviços climáticos bem desenvolvidos, enquanto outros têm muito pouco ou mesmo nenhum. Acredita-se que uma série de fatores contribuam para isso – incluindo o desenvolvimento econômico do país, sua exposição climática relativa e a previsibilidade do sistema climático naquela área (VAUGHAN *et al.*, 2017).

A Climate Smart Agriculture (CSA) é uma abordagem integrativa para enfrentar os desafios interligados de segurança alimentar, impacto das mudanças climáticas e sustentabilidade ecológica. Para isso, são definidos três objetivos: (i) aumentar de forma sustentável a produtividade agrícola para apoiar o aumento equitativo da renda agrícola, da segurança alimentar e do desenvolvimento; (ii) adaptar e construir resiliência dos sistemas agrícolas e de segurança alimentar às mudanças climáticas; (iii) e redução das emissões de gases de efeito estufa provenientes da agricultura (DUNNETT *et al.*, 2018; JAGUSTOVIC *et al.*, 2019).

O aquecimento global pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE's) causa grandes implicações negativas no meio ambiente e na economia globais nos dias de hoje e no futuro. O CO₂ contribui com aproximadamente 60% do potencial de aquecimento global dos GEE 's e estudos intensivos são realizados para entender o complexo ciclo de carbono e suas interações entre a geosfera e a atmosfera (SZAKÁCS *et al.*, 2011; LEISNER, 2020).

Uma das circunstâncias incontornáveis e mais arriscadas enfrentadas pelo setor agrícola são os eventos climáticos adversos (secas, excessos de água, geada, etc.) resultantes das mudanças climáticas e da variabilidade (GIMENEZ e CASTANO, 2012). A modelagem do clima de cultura é central para o desenvolvimento de futuras perspectivas agrícolas que possam informar processos políticos e/ou decisões em nível de campo (CAMPBELL *et al.*, 2016; KIPLING *et al.*, 2019). Uma abordagem moderna de adaptação para enfrentar circunstâncias climáticas adversas consiste na formulação e implementação de medidas antecipatórias comumente chamadas de estratégias de "gerenciamento de riscos" (conservação de forrageiras, ajustes de carga animal, localização e dimensionamento de áreas cultivadas, diversificação de itens, reservas de água, aplicação de irrigação, implantação de sistemas de seguros ou fundos de catástrofe, etc.). Para o desenvolvimento dessas medidas, é requisito básico ter informações confiáveis, frequentes e atualizadas sobre o uso atual do terreno, localização dos diferentes itens de produção e monitoramento frequente dessas e de outras variáveis (GIMENEZ e CASTANO, 2012; DUNNETT *et al.*, 2018). Apesar dos resultados robustos em certas situações, avaliações baseadas em modelos de produtividade agrícola futura estão sujeitas à incerteza. As incertezas podem limitar a previsibilidade do sistema que está sendo modelado e, portanto, impedir decisões de adaptação (CAMPBELL *et al.*, 2016).

Por outro lado, o setor agrícola é capaz de remover CO₂ da atmosfera, dependendo da conversão e gestão da terra (SZAKÁCS *et al.*, 2011). Uma pesquisa recente mostrou que o arroz pode ser usado para compensar os principais impactos das mudanças climáticas devido aos seus potenciais e propriedades únicas como uma cultura alimentar para populações urbanas pobres e rurais que cultivam arroz (AJETOMOBI, ABIODUN e HASSAN, 2011). No entanto, é necessário quantificar a quantidade de CO₂ removido e armazenado na forma de matéria orgânica. Assim, há uma demanda crescente por estimativa do SOC (Estoques de Carbono Orgânico) em escala global por estimativas rápidas e baratas, mas ainda precisas, como técnicas de sensoriamento remoto (SZAKÁCS *et al.*, 2011).

Enquanto na produção de milho e soja, Ferreira Nascimento *et al.* (2018) traz um exemplo de que em 2014 houve uma redução de 2,2% na estimativa de produção nacional do milho, isto em parte, se deve a uma queda ocasionada por problemas climáticos que interferiram na safra, isto representou uma queda de 5,4% na estimativa da área colhida com relação ao ano de 2013. Estas mesmas tendências foram verificadas para a cultura da soja, visto que índices pluviométricos baixos no Centro-Oeste (Estado do Mato Grosso do Sul) atrasaram as plantações de variedades precoces e superprecoces.

A variabilidade das temperaturas é mais acentuada; mesmo o número de dias com geada e a amplitude das estações têm aumentado, o que tem efeitos adversos na produção de alimentos, ameaçando assim a segurança alimentar e a sustentabilidade (TONCONI QUISPE, 2015). Lopez Feldman e Hernandez Cortes (2016) demonstram que o setor agrícola também é um importante determinante da segurança alimentar. Nenhum país conseguiu sustentar um processo de rápido crescimento econômico sem antes resolver o problema da segurança alimentar. Isso é necessário para o crescimento, uma vez que o acesso inadequado e irregular à produtividade dos limites alimentares reduz o investimento em capital humano. Abdullah (2019) ainda acrescenta que a segurança alimentar contribui criticamente para a sustentabilidade e o crescimento econômico de qualquer nação.

Um estudo realizado no Chile por Ponce, Blanco e Giupponi, (2014) sobre a avaliação dos impactos econômicos das mudanças climáticas no setor agrícola, em que as principais culturas estudadas foram os cereais e as frutas. Mostram que o setor agrícola chileno é vulnerável à mudança na produção agrícola como consequência das mudanças climáticas. Porque de acordo com os resultados, mesmo que as mudanças climáticas não tenham grandes consequências absolutas, pode produzir grandes consequências distribucionais, com os produtores de frutas sendo piores do que os produtores de culturas de cereais. Nesse sentido, as mudanças climáticas podem ameaçar um setor econômico chave, uma vez que as frutas representam 31% da exportação total de alimentos.

A redução da produtividade de algumas culturas agrícolas é preocupante, uma vez que a demanda por alimentos poderá aumentar até 2% ao ano nas próximas décadas, devido à expectativa de crescimento populacional e melhoria nas condições econômicas de diversos países (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017). As mudanças climáticas afetarão a capacidade das pessoas de acessar alimentos principalmente através da compra (CAMPBELL *et al.*, 2016). No entanto, o aumento da produtividade dos alimentos ao longo do tempo, ao mesmo tempo em que facilitou a segurança alimentar no curto prazo, tem servido como um catalisador para o crescimento populacional, o que aumentou novamente a pressão para a segurança alimentar (HE e LI, 2020)

De acordo com a revisão bibliográfica de Lopez Feldman e Hernandez Cortes (2016), em certas condições, o aumento da produção agrícola e da produtividade pode ser refletido na redução da pobreza. Mais especificamente, os canais pelos quais o crescimento agrícola pode contribuir para o alívio da pobreza são quatro vezes maiores: (i) aumentar diretamente a renda e o consumo dos agricultores familiares, (ii) reduzir os preços dos alimentos, (iii) aumentar a renda gerada pela economia rural não agrícola, e (iv) aumentar o emprego e os salários dos trabalhadores não qualificados. Eles ainda relatam que alguns autores constataam que o crescimento da produtividade agrícola tem um efeito substancial na redução da pobreza, situação que não é o caso do aumento da produtividade nos setores industrial e de serviços. Por fim, concluem dizendo que devemos abandonar a ideia romântica de que podemos eliminar ou reduzir a pobreza e, ao mesmo tempo, manter o número de pequenos agricultores constantes. O aumento do crescimento agrícola é necessário para fomentar o crescimento econômico e melhorar as oportunidades para que todas as famílias rurais ganhem renda não agrícola.

O estudo de Ferreira Nascimento *et al.* (2018) em alguns municípios do Estado de Mato Grosso do Sul, sobre efeitos de temperatura na cultura de soja e milho, concluiu que, as condições ótimas de temperatura para o desenvolvimento da cultura da soja estão entre 20°C e 30°C, sendo 30°C a condição ideal, sendo o mês de junho com a menor temperatura mínima média de 11°C. Na cultura do milho, quando a temperatura do solo é inferior a 10°C e

superior a 40° há prejuízo sensível à germinação, sendo ideal entre 25°C e 30°C. Contudo, o que realmente pode impactar de forma drástica sobre as culturas da soja e do milho são as mudanças de temperatura adversas. Isto quer dizer que quedas abruptas com vários dias sequenciais com temperaturas muito baixas podem prejudicar de sobremaneira o plantio, desenvolvimento e colheita destas culturas.

Esses efeitos têm sido temperados pelo aumento da produção mundial de alimentos alcançado nas últimas décadas. Infelizmente, diferenciar os efeitos do aquecimento global e das mudanças climáticas sobre o resto dos fatores que afetam a produção agrícola e pecuária mundial não é fácil, mas estudos mostraram que o aumento da produção de milho e trigo desde 1980 seria 5% maior na ausência dos efeitos das mudanças climáticas. Se o resto dos fatores fosse invariante, os altos níveis de dióxido de carbono (principal motor do aquecimento global) seriam possíveis para aumentar a produção de arroz, soja, trigo e outras culturas (GOMEZ-ZAVAGLIA, MEJUTO e SIMAL-GANDARA, 2020).

Estudos emergentes consideram determinantes mais amplos da segurança alimentar sob as mudanças climáticas e a variabilidade climática. Exemplos incluem investigar as relações entre o potencial de irrigação futuro e o comércio de alimentos na modelagem integrada de impacto, ou entre os preços dos alimentos e o conflito na análise estatística da volatilidade climática passada (CAMPBELL *et al.*, 2016). Com menos agricultores alimentando uma população mundial cada vez maior, os alimentos devem ser adequadamente preservados e embalados para utilização muitas vezes em um local distante e mais tarde (ABDULLAH, 2019). Esta nova abordagem de sistemas alimentares adota soluções do lado da demanda para alcançar a segurança alimentar sob as mudanças climáticas, particularmente ações sobre o desperdício de alimentos e dietas. Também busca soluções que ofereçam boa nutrição a indivíduos e famílias, em vez de apenas garantir calorias disponíveis suficientes em níveis nacionais e globais (CAMPBELL *et al.*, 2016). Atender à demanda por alimentos mais nutritivos em todo o mundo, dadas as mudanças climáticas e o aumento da concorrência por recursos terrestres e hídricos, é um desafio global crítico de nosso tempo (HE e LI, 2020).

2.2.4 Possíveis soluções para reverter e/ou melhorar essa situação

Um dos grandes desafios da pesquisa atual é a realização de estudos de vulnerabilidade que permitam o desenho de estratégias de adaptação dos sistemas humanos nos quais repousa a produtividade e o bem-estar da nossa sociedade (VELASCO HERNANDEZ *et al.*, 2015). Apesar da relevância das políticas públicas no enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas, questiona-se a inclusão da adaptação às mudanças climáticas como um novo campo político. No entanto, pode, pelo menos, ser considerado como um contexto de aplicação da política agrícola (PONCE, BLANCO e GIUPPONI, 2014). A adaptação da agricultura às mudanças climáticas requer a implementação de uma ou mais de uma gama de estratégias complementares (HENRY, 2020). Uma análise de custo-benefício das ações técnicas e políticas deve ser a base para auxiliar as partes interessadas a desenvolver medidas para reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas. Mas as políticas criadas para operar dentro de uma determinada gama de condições podem produzir resultados inesperados se aplicadas fora dessa faixa (PONCE, BLANCO e GIUPPONI, 2014).

Dentro das estratégias de adaptação e mitigação, foram consideradas políticas públicas voltadas à racionalização do uso de combustíveis fósseis, reflorestamento e muitas

outras, cuja eficácia, complexidade e implicações apresentam uma variabilidade dramática devido à combinação de fatores logísticos, institucionais e políticos, entre muitos outros, como o orçamento, apesar de globalmente haver uma enorme assimetria na quantidade de emissões de gases de efeito estufa e, portanto, na responsabilidade direta pelas mudanças climáticas (ESPINOSA SANCHEZ, 2015).

Para reduzir o impacto negativo das mudanças climáticas, é necessário tomar medidas de adaptação como resposta às alterações que buscam reduzir esse impacto no setor agrícola, bem como aproveitar os benefícios contratados pelas mudanças climáticas (TONCONI QUISPE, 2015). Essas medidas compreendem o cultivo de culturas alternativas, a intercalação de variedades de culturas, o uso de variedades tolerantes à seca, a utilização de técnicas de irrigação e captação de água, seguro de culturas, sistemas de alerta e monitoramento precoces, construção de diques, migração humana, mudança de datas de plantio, diversificação dentro e fora da agricultura, dependência de redes de segurança e redes sociais e venda de ativos. Uma restrição à adaptação tem sido que algumas das tecnologias de adaptação, como sistemas de irrigação e diques, exigem enormes gastos de capital (OCHIENG, KIRIMI e MATHENGE, 2016).

O estudo da adaptação às mudanças climáticas, até a década de 1990, concentrou-se na disponibilidade e acesso aos recursos necessários para a realização dessa adaptação. No entanto, poucos estudos adotaram uma perspectiva que permitiria identificar e compreender os limites e barreiras socioculturais na adaptação da sociedade a esse fenômeno (CASANOVA-PEREZ *et al.*, 2016). Os setores de água, energia e alimentos ajudam a atender a grande parte da demanda da sociedade por produtos e serviços. Eles são cada vez mais reconhecidos como sendo interligados em um sistema complexo e mutuamente interagindo (HEUVEL *et al.*, 2020).

Como solução para esse dilema, Lopez Feldman e Hernandez Cortes (2016) trazem nas suas abordagens alguns autores que sugerem um grande número de medidas de adaptação para o setor agrícola, que vão desde a modificação dos períodos de plantio e colheita, até a construção de grandes obras de infraestrutura, por meio da migração e implementação de novas práticas produtivas. Estes incluem: aumentar o nível de conhecimento que os agricultores têm sobre as mudanças climáticas; melhoria dos níveis de educação e habilidades das populações rurais; criar e introduzir variedades resistentes à temperatura; promover a irrigação; gerar sistemas de alerta precoce sobre a temporalidade e gravidade das chuvas; fortalecer sistemas formais e informais de troca de sementes; melhoria da infraestrutura física; resolvendo os problemas de falta de acesso ao crédito e falta de seguro agrícola.

E na mesma linha de raciocínio, Schembergue e seus colaboradores (2017) trazem no seu estudo o uso de Sistemas Agroflorestais (SAF's) como forma de recuperação de áreas degradadas, por meio da redução da erosão e aumento do acúmulo de matéria orgânica. Ao mesmo tempo, é possível a restauração de florestas e até mesmo a redução do desmatamento. O plantio de espécies arbóreas de crescimento rápido nas fases iniciais possibilita o aumento da disponibilidade de biomassa, promovendo a ciclagem de nutrientes e, posteriormente, o cultivo de espécies mais exigentes. Ademais, com a prática de SAF's a disponibilidade de nutrientes no solo aumenta, a atividade e estrutura da fauna do solo melhoram e o equilíbrio biológico resultante auxilia no controle de pragas e doenças.

Nota-se que essas sugestões de capacitação dos agricultores, técnicas de plantio e boas práticas (como citado por LOPEZ FELDMAN e HERNANDEZ CORTES, 2016) tanto para ter sucesso produtivo, como para o melhoramento do solo (citado por

SCHEMBERGUE *et al.*, 2017), são fundamentais no processo de reversão dos efeitos das mudanças climáticas. E ainda trazem consigo muitos outros benefícios que serão do bom proveito geral. Além dos agricultores estarem cientes dos efeitos das alterações climáticas nas suas produções agrícolas, eles também saberão como lidar com ela, aplicando novas técnicas de abordagens para manter ou recuperar a produção.

Abaixo segue outros estudos sobre as mitigações das alterações climáticas nas produções agrícolas.

Gillon (2012), traz nas suas explanações a forma de usar biocombustíveis à base de milho para diminuir a emissão de GEE's. E afirma que a produção global de biocombustíveis aumentou na última década. Em 2001, a produção totalizou 5,26 bilhões de litros (19,9 bilhões de litros) por ano, e em 2010 esse número mais do que quintuplicado, atingindo 28,45 bilhões de galões (107,7 bilhões de litros) por ano. Os Estados Unidos da América (EUA), o Brasil e a União Europeia (UE) são responsáveis pela grande maioria da produção global, mas a marca geográfica dos biocombustíveis está se expandindo. [...] De fato, os recentes aumentos maciços de produção de biocombustíveis têm sido altamente controversos devido aos efeitos desiguais e às vezes dramáticos de sua produção em todo o mundo. Nos EUA e na UE, os aumentos da produção de biocombustíveis são impulsionados pela política com a intenção declarada de mitigar as mudanças climáticas. As iniciativas da UE pedem que os biocombustíveis substituam 10% dos combustíveis de transporte até 2020. O Padrão de Combustível Renovável dos EUA (RFS) determina a produção de 36 bilhões de litros de biocombustíveis por ano até 2022, acima dos 1,7 bilhões de galões produzidos em 2001. Mais de 90% da produção atual de biocombustíveis dos EUA é de etanol à base de milho produzido no Centro-Oeste dos EUA, mas os mandatos da UE dependerão muito mais das importações. Em ambos os casos, as políticas de biocombustíveis criarão uma demanda significativa por produtos agrícolas, aumentarão os preços globais de commodities agrícolas e alimentos e gerarão mudanças agrícolas significativas.

Mais recentemente, os biocombustíveis têm sido apoiados para seu potencial para mitigar as mudanças climáticas. Os defensores esperam retardar a liberação de GEE's substituindo a biomassa vegetal por combustível fóssil. O RFS, publicado pela primeira vez em 2005, determina metas de produção de biocombustíveis e estabelece critérios para determinar a renovabilidade de diferentes biocombustíveis. A renovabilidade é definida principalmente como o grau em que o uso de um determinado biocombustível reduz as emissões de GEE's em relação à gasolina. Uma vez que a autoridade reguladora para a obrigatoriedade da produção de determinados biocombustíveis nos EUA decorre de sua capacidade de reduzir as emissões de GEE's, o processo de determinação dos equilíbrios de carbono e energia dos ciclos de produção de biocombustíveis tem sido um dos principais pontos focais da negociação política (Gillon, 2012).

À medida que a produção de biocombustíveis aumentava, no entanto, o debate sobre a energia dos biocombustíveis e os benefícios do GEE's cresceram. Diferentes estudos chegaram a cálculos de GEE's e equilíbrio energético muito diferentes. Parte da discrepância decorreu das decisões dos pesquisadores sobre as fronteiras espaciais e temporais adequadas a serem utilizadas na modelagem do GEE's e dos orçamentos energéticos para diversos biocombustíveis. Por exemplo, alguns incluíam os custos de energia do almoço do agricultor e os custos de energia da fabricação de máquinas agrícolas, enquanto outros não. A quantidade de energia gasta ou GEE's emitida, por exemplo, no cultivo e processamento de um acre de milho também diferia entre os estudos (Gillon, 2012).

O debate levou a novos esforços para determinar os cálculos oficiais da "renovabilidade" ou capacidade de redução de GEE's dos biocombustíveis e estabelecer padrões que os biocombustíveis devem cumprir para se qualificarem para o apoio sob o RFS. Os biocombustíveis de primeira geração, principalmente o etanol à base de milho, devem reduzir os GEE's em relação à gasolina em 20%, enquanto o biocombustível avançado deve reduzir o GEE's em 50% e o biocombustível celulósico em 60% (Gillon, 2012).

Gillon (2012) ainda argumenta que "os biocombustíveis são uma manifestação da natureza sob o capitalismo que constitui uma 'correção ambiental'. Primeiro, disponibilizar o biocombustível como uma alternativa 'renovável' aos combustíveis fósseis conserva o carbono armazenado, reduzindo as emissões de GEE's. Isso legitima o biocombustível como um novo recurso sustentável, mesmo que não tão eficaz na redução de emissões como se esperava. Enquanto isso, a intensificação da produção agrícola e a expansão do uso de combustível líquido continuam a facilitar o acúmulo, principalmente para atores dominantes do agronegócio e da indústria petrolífera que recebem a maior parte dos lucros com a extração e processamento de matérias-primas baratas da paisagem agrícola".

A empolgação com as oportunidades econômicas rurais rapidamente desapareceu quando os moradores perceberam que a rentabilidade da produção de biocombustíveis estava intimamente ligada aos mercados voláteis de milho e petróleo. À medida que os preços das commodities agrícolas subiam na corrida até a crise financeira de 2008, as biorrefinarias em Iowa lutavam para fazer com que seus biocombustíveis pagassem, especialmente com uma capacidade de produção muito expandida em todo o país. Com problemas de composição, os preços do petróleo caíram após o estouro da bolha financeira, tornando a produção de biocombustíveis ainda menos competitiva com a gasolina (Gillon, 2012).

Os pecuaristas de Iowa se saíram ainda pior durante a fase inicial de rápido crescimento da indústria de biocombustíveis. Membros de uma cooperativa agrícola do nordeste de Iowa disseram que os novos compradores de milho de grande volume dificultaram a venda de suprimentos de grãos para seus clientes produtores de gado. Apesar das afirmações de que os benefícios rurais chegarão com uma indústria de biocombustíveis em expansão, os custos, riscos e benefícios da produção de biocombustíveis caíram de forma muito desigual entre os produtores de gado, os agricultores de grãos e os investidores biorredirianos. Esses achados ecoam pesquisas na economia política agrícola que descrevem a posição econômica relativamente marginal das fazendas em relação aos fornecedores de insumos agrícolas e aos processadores de commodities. Enquanto aqueles que investem em tecnologia avançada de biocombustíveis ou aqueles com poder de mercado para investir em infraestrutura e na volatilidade inicial do mercado podem se beneficiar, os ganhos em nível agrícola parecem menos certos (Gillon, 2012).

Gillon (2012), conclui descrevendo as consequências dessa correção como experimentadas em áreas rurais de produção de biocombustíveis, com foco em Iowa. Os biocombustíveis estão sendo construídos sobre a infraestrutura e as instituições da agricultura industrializada. Consoante com pesquisas em economia política agrícola, isso significa que os resultados para as áreas rurais parecem menos promissores do que a oportunidade de investimento e lucro que as maiores empresas de biocombustíveis desfrutam. Este último foi capaz de resistir ao período inicial de volatilidade e à crise financeira de 2008. Enquanto isso, a propriedade dos biorefinas diminuiu e o lugar marginal dos agricultores na cadeia de suprimentos agrícolas fez com que poucos lucros do boom dos preços das commodities agrícolas permanecessem na fazenda. Os pecuaristas têm sido especialmente vulneráveis durante a rápida expansão da indústria de biocombustíveis.

Enquanto isso, Turbay *et al.* (2014), traz na sua abordagem algumas **Estratégias agrícolas e ecológicas Agroflorestais na produção das culturas de café.**

O café cresce com o semi-sombrio produzido por bananas (*Musa* sp.), guamos (*Inga* sp.), nozes (*Cordia alliodora*), cedros (*Cedrela* sp.) e pisquinas (*Albizzia carbonaria*). Este sistema tem múltiplas vantagens: a) a cafeeira permanece com maior folhagem ao longo do ano e em melhor saúde, o que dá no final um café de maior grão e, portanto, peso; sendo também de maior qualidade no momento da venda; b) embora o café sob este sistema tende a produzir um pouco menos, da mesma forma a extração de nutrientes é menor e, portanto, requer menos fertilização, uma vez que as folhas das árvores e as nobres arvenses que cobrem o solo fornecem matéria orgânica ao se decompor e criam condições adequadas para microrganismos que ajudam a planta na extração ou solubilização de muitos nutrientes; c) no inverno, as árvores ajudam a regular o efeito erosivo da chuva e, no verão, mantêm melhor umidade do solo; d) o uso de plantas como a banana (*Musa* sp.) melhora a segurança alimentar das famílias; uma vez que este produto é usado para autoconsumo e outra parte para venda ou comercialização, o que melhora a renda na família, especialmente durante o tempo que o café não está produzindo; e As árvores permitem a venda de madeira e também estão sendo constantemente podadas para o uso de madeira como lenha no cozimento de alimentos para famílias e animais domésticos.

Eles ainda dizem que as vantagens de tomar café em semi-sombra têm sido destacadas por outros pesquisadores porque esse sistema de cultivo sustenta a biodiversidade, melhora a estrutura do solo, reduz a temperatura diurna, protege as culturas do efeito devastador dos vendavais, atenua o efeito das chuvas, diminui a luminosidade, reduz a demanda total evaporativa do solo e a evaporação e transpiração do café, reduz o estresse hídrico, proporciona um período mais longo de grãos maduros que facilita a colheita seletiva e pode melhorar a qualidade da bebida, aumenta as fontes de renda de frutas e madeira, e permite que as comunidades desfrutem de uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, como polinização, controle de erosão e sequestro de carbono.

Produção escalonada. A área destinada ao café é semeada em muitas idades diferentes, ou seja, a cada ano é plantada uma porcentagem da área total, apresentando aproximadamente quatro ou cinco lotes com idades diferentes. Quase todos os camponeses têm plantações de café e plantações antigas e recém-plantadas e sementes. Uma das vantagens da produção escalonada é que quando os cafeicultores tem que cheirar, ele faz isso apenas em uma parte da área total e não fica sem renda com a venda de café. Se houver um evento climático extremo, você tem menos risco de perder todas as árvores ou toda a produção, porque plantações de café de diferentes idades respondem de forma diferente ao estresse hidrotérmico climático. Esse sistema também permite um maior uso do trabalho familiar mais barato do que a mão-de-obra contratada; isso é possível porque o plantio, manuseio e colheita é feito em lotes e não são necessários tantos trabalhadores simultaneamente. Isso favorece uma maior capacidade de investimento, pois como funciona em lotes, plantio, fertilização, soqueio, etc., são realizados gradualmente e os lotes com plantações de café em plena produção podem arcar com os lotes com plantações de café mais jovens (Turbay *et al.*, 2014).

Concluindo, Turbay *et al.* (2014) ressalta que os subsídios estatais são medidas temporárias de choque que não podem substituir medidas estruturais destinadas a promover a agricultura sustentável e a agricultura inteligente no clima. O desaparecimento da cafeicultura geraria um problema social de consequências muito graves, uma vez que constitui uma atividade altamente intensiva em mão-de-obra que gera bem-estar para milhares de famílias

camponesas. A vulnerabilidade exercida pela variabilidade climática obriga os agricultores a gerar estratégias agrícolas, ecológicas, sociais e econômicas, o que mostra que a sustentabilidade dos sistemas de café ocorre na dinâmica das relações dos diferentes tipos de estratégias e não na implementação de apenas uma delas. Também é necessário reconhecer o grande papel das políticas públicas que favoreçam a crescente consolidação de estratégias voltadas para mitigar o impacto gerado por eventos climáticos extremos.

Outra possível solução de mitigação foi trazida por Andersen et al. (2014) no seu artigo, usando uma ferramenta muito relevante para o controle de desmatamento na Bolívia.

Dado o volume de gases de efeito estufa emitidos pelo desmatamento, a Bolívia foi selecionada tanto pelo Programa Colaborativo das Nações Unidas para a Redução das Emissões do Desmatamento e degradação florestal (ONU-REDD) quanto pelo Fundo do Banco Mundial para Reduzir As Emissões por Meio da Proteção Florestal (FCPF); ambos comprometeram fundos para preparar o país para um mecanismo de incentivo internacional destinado à redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal (REDD+). O país também recebeu fundos substanciais de fontes bilaterais para auxiliar no processo de preparação do REDD (principalmente dos governos da Alemanha, Dinamarca e Holanda).

A Bolívia é, em muitos aspectos, pioneira em iniciativas de redução do desmatamento. A primeira troca de dívida por natureza no mundo ocorreu na Bolívia (em 1987). Além disso, em 2005, a Bolívia tornou-se o primeiro país a alcançar reduções verificadas nas emissões do desmatamento graças ao projeto voluntário de carbono florestal “Ação Climática Noel Kempff”. Além disso, mais de 15 milhões de hectares foram declarados áreas de conservação nacional e cerca de 20 milhões de hectares foram registrados em nome de vários povos indígenas. Além dessas áreas de conservação, existem muitas outras áreas declaradas como áreas de proteção departamental, municipal e privada (Andersen *et al.*, 2014).

A OSÍRIS-Bolívia foi adaptada da OSIRIS-Indonésia, que por sua vez foi adaptada do modelo internacional OSIRIS. No momento, os modelos nacionais OSÍRIS são as ferramentas econômicas mais sofisticadas para avaliar os efeitos potenciais das políticas REDD. Esses modelos incluem avanços metodológicos em relação a outros modelos existentes que têm buscado estimar o potencial de redução das emissões de REDD (Andersen *et al.*, 2014).

O OSIRIS é capaz de medir o impacto marginal dos potenciais pagamentos de carbono no desmatamento utilizando a relação empírica entre o desmatamento observado em um período histórico e a variação espacial nos benefícios e custos da conversão de terras da floresta para a agricultura. Ao incluir essas "preferências reveladas ou expressas", é capaz de estimar pagamentos potenciais com base em evidências de decisões reais de uso da terra, e levar em conta uma série de fatores que realmente afetam as mudanças de uso da terra na prática (Andersen *et al.*, 2014).

É importante ressaltar que as taxas de desmatamento foram mais elevadas em áreas com maior potencial agrícola. Isso é importante para o OSÍRIS, pois o impacto dos incentivos REDD é simulado através dessa mesma variável. Por exemplo, se o desmatamento total for

reduzido, o preço dos produtos agrícolas na fronteira aumentará, o que aumentará o valor agrícola e, por sua vez, aumentará a probabilidade de desmatamento (Andersen *et al.*, 2014).

Além de reduzir o desmatamento e as emissões de carbono, os pagamentos REDD poderiam reduzir a perda de biodiversidade e aumentar a renda dos mais pobres. O OSIRIS-Bolívia é capaz de estimar esses efeitos e também o percentual da população rural participante do programa. Em relação à redução da pobreza, o OSIRIS-Bolívia apresenta um aumento de 7,2% na renda dos municípios pobres participantes do REDD, enquanto, levando-se em conta todos os municípios pobres, observa-se um aumento de 2,2%. Esses aumentos ocorrem estabelecendo uma linha de pobreza igual a US \$2 por dia (Andersen *et al.*, 2014).

O nível relativo de vazamento de carbono à medida que o desmatamento é reduzido é ambíguo. De um lado, quanto maior o aumento dos preços agrícolas, maior o incentivo ao aumento do desmatamento. A força desse efeito é dada pelo parâmetro "Sensibilidade do preço da produção nacional às mudanças na área desmatada". Por outro lado, como os pagamentos para reduzir o desmatamento incentivam a participação de forma mais ampla, resta menos cobertura florestal para possíveis vazamentos de carbono. Como indicado, o segundo efeito tende a dominar no OSÍRIS e, portanto, os vazamentos são menores para maiores reduções no desmatamento (Andersen *et al.*, 2014).

E finalizam dizendo que embora o OSIRIS-Bolívia seja baseado em grandes quantidades de dados, é um modelo econômico simplificado e deve ser usado levando em conta suas limitações. O modelo se concentra exclusivamente em incentivos econômicos positivos para a redução do desmatamento, mas os resultados reais dependerão do ambiente político em que essas medidas são implementadas. Por exemplo, incentivos positivos provavelmente seriam mais eficientes se combinados com o bom controle e criminalização do desmatamento ilegal, enquanto seriam muito menos eficazes na presença de políticas que apoiem a expansão da fronteira agrícola. Outros fatores externos, como a evolução dos preços dos alimentos, também podem ter um efeito maior sobre o desmatamento do que os incentivos positivos no OSÍRIS.

Consequentemente, o papel da ciência nos processos de adaptação da sociedade às mudanças climáticas é parcial, pois o conhecimento gerado pela agenda do IPCC a partir de uma posição epistemológica predominantemente positivista não é suficiente para refletir sobre as relações econômicas, políticas e de poder que fundamentam sua origem; além disso, não favorecem a compreensão de como nossas sociedades estão respondendo a nível local e qual é a racionalidade que a sustenta. Em outras palavras, o viés de suas contribuições não permitiu reconhecer as mudanças climáticas como resultado de processos econômicos, políticos, jurídicos e tecnológicos gerados pela própria sociedade (CASANOVA-PEREZ *et al.* 2016).

Em última análise, parece-nos que as abordagens sistemáticas relacionadas às mudanças climáticas e circulando na literatura científica poderiam ser divididas em duas muito básicas: aquelas que sugerem fazer ajustes e mudanças dentro do capitalismo contemporâneo e aquelas que sugerem, diante da variabilidade climática, uma mudança civilizacional fora da lógica da reprodução do capital (ESPINOSA SANCHEZ, 2015).

Portanto, a investigação dos processos de adaptação da agricultura às mudanças climáticas a partir da dimensão sociocultural é urgente, pois é necessário conhecimento para o desenho e estabelecimento de estratégias social e culturalmente aceitáveis. Da mesma forma, é necessário realizar estudos multi, inter e transdisciplinar que envolvam as ciências sociais, especialmente a sociologia. Os conhecimentos gerados podem contribuir para a continuidade das atividades produtivas, para que a agricultura cumpra sua função social no fornecimento de alimentos e matérias-primas, e, eventualmente, na geração de serviços ambientais (CASANOVA-PEREZ *et al.* 2016).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados nesses artigos mostram a grande preocupação dos pesquisadores sobre os efeitos das alterações climáticas na agricultura, na oferta de alimentos e nas consequências drásticas que este tem causado para a população mundial. Visto que a população mundial não para de crescer e as consequências adversas desse crescimento aumentam a procura de alimentos, em que a sua distribuição é totalmente desigual e não abrange a todos. Nota-se que a própria agricultura em si tem causado sérios efeitos negativos ao clima e tem contribuído para essas alterações. E alguns pesquisadores procuram alternativas nesse mesmo setor, como uma forma de diminuir esses estragos. E é importante levar em consideração que, a capacitação dos agricultores quanto ao conhecimento do clima e impactos dessas alterações nas culturas é muito importante. Ao terem essa compreensão, tornará mais fácil a sua relação com a agricultura, encontrarão novas soluções para lidar com esses efeitos e terão uma base científica na tomada de decisões.

Como podem perceber, alguns estudos mostram alternativas promissoras, no que diz respeito à mitigação das alterações climáticas, enquanto outros não tiveram sucesso quanto a isso, ou seja, criaram outros problemas na tentativa de mitigar os GEE's. Isso nos leva acreditar que já existem técnicas aplicadas que deram ótimos resultados e ainda existem outras que podem ser melhoradas. Novas estratégias e novas abordagens precisam ser adotadas para reverter esse contexto atual que vivenciamos sobre as mudanças climáticas, pois só assim poderemos suprir as necessidades populacionais e garantir uma segurança alimentar eficaz e duradoura.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, Ahsan. Identifying agriculture land acquisitions for alleviating future food security concerns. **Food Science and Technology** [online]. 2019, v. 39, n. 02, pp. 301-307. [Accessed 11 March 2022] Available from: <<https://doi.org/10.1590/fst.24917>>. Epub 11 Apr 2019. ISSN 1678-457X. <https://doi.org/10.1590/fst.24917>.

ADETONA, Adekunbi B., LAYZELL David B. Anthropogenic energy and carbon flows through Canada's agri-food system: Reframing climate change solutions. **Anthropocene** v. 27, 100213, set. 2019. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213305419300244>>. ISSN 2213-3054, <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100213>.

AGGARWAL, Pramod et al. Importance of considering technology growth in impact assessments of climate change on agriculture. **Global Food Security**. v. 23, p. 41-48, dic. 2019. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912418301433>> ISSN 2211-9124, <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.04.002>. Access in: 29 jan. 2022.

AHMED, Ferdous et al. Agriculture and food security challenge of climate change: a dynamic analysis for policy selection. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 4, 2016. 4 [Accessed 11 February 2022] , pp. 311-321. Available from: <<https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0141>> . ISSN 1678-992X. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0141> .

AJETOMOBI, Joshua; ABIODUN, Ajiboye; HASSAN, Rashid. Impacts of climate change on rice agriculture in Nigeria. **Trop. subtrop. agroecosyst**, Mérida, v. 14, n. 2, p. 613-622, August 2011.

ANDERSEN, Lykke E. et al . Impactos socioeconómicos y ambientales de compensaciones por la reducción de emisiones de deforestación en Bolivia: resultados del modelo OSIRIS-Bolivia. **rlde**, La Paz , n. 22, p. 7-48, nov. 2014 . Disponible en <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062014000200002&lng=es&nrm=iso> . accedido en 13 feb. 2022.

BAUTISTA, F.; PACHECO, A.; DUBROVINA, I. Climate change indicators software for computing climate change indices for agriculture. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, [S. l.], v. 6, n. 17, p. 343-351, 2019. DOI: 10.19136/era.a6n17.1770. Disponível em: <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/1770> . Acesso em: 11 Mar. 2022.

BOURONCLE, Claudia et al. A systematic approach to assess climate information products applied to agriculture and food security in Guatemala and Colombia. **Climate Services** v. 16, dec. 2019, 100137. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880719300780>>. ISSN 2405-8807, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2019.100137>.

BRIGIDO, Juan Gabriel et al . Estimación del impacto del cambio climático sobre fertilidad del suelo y productividad de café en Veracruz, México. **Tecnol. cienc. agua**, Jiutepec, v. 6, n. 4, p. 101-116, agosto 2015.

CAMPBELL, Bruce M. et al. Reducing risks to food security from climate change. **Global Food Security**. v. 11, p. 34-43, dec. 2016. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912415300262>>. ISSN 2211-9124, <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.06.002>. Acesso em: 23 set. 2021.

CAMPBELL, Bruce M. et al. Urgent action to combat climate change and its impacts (SDG 13): Transforming agriculture and food systems. **Current Opinion in Environmental Sustainability**. v. 34, p. 13-20. oct. 2018. Disponível in:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343517302385>>. ISSN 1877-3435, <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.06.005>.

CASANOVA-PÉREZ, L, et al. Comunicación del cambio climático y generación de capacidades adaptativas entre los agricultores del trópico subhúmedo. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, México, ME, v. 10, n. 7, p. 1627–1639, 2019. DOI:

10.29312/remexca.v10i7.1795. Disponível em:

<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1795>. Acesso em: 11 Mar. 2022.

CASANOVA-PEREZ, Lorena et al. Responsabilidad social de la ciencia en la adaptación de la agricultura ante el cambio climático. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, Texcoco, v. 7, n. 14, p. 2867-2874, marzo 2016.

DUNNETT, A. et al. Multi-objective land use allocation modelling for prioritizing climate-smart agricultural interventions. **Ecological Modelling**. v. 381, p. 23- 35, aug. 2018.

Disponível in: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438001830125X>>.

ISSN 0304-3800,

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.04.008>. Access in: 7 dec. 2021.

ESPINOSA SANCHEZ, Manuel Antonio. Cambio Climático: las contradicciones del capitalismo contemporáneo en la producción de maíz en México. **Polis**, Santiago, v. 14, n. 40, p. 351-376, marzo 2015. Disponível en

<http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-65682015000100017&lng=es&nrm=iso>. accedido en 13 febl. 2022.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682015000100017>.

FERNANDEZ TEJEDO, Isabel. Fragilidad de un espacio productivo: cambio climático e inundaciones en el Bajío, siglo XVIII. **Tzintzun**, Morelia, n. 55, p. 107-156, jun. 2012.

FERREIRA NASCIMENTO, Wellington et al. Efeitos da temperatura sobre a soja e milho no Estado de Mato Grosso do Sul. **Investig. Agrar.**, San Lorenzo, v. 20, n. 1, p. 30-37, jun. 2018. Disponível en

<http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832018000100030&lng=es&nrm=iso>. accedido en 11 mar. 2022.

<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2018.junio.30-37>.

GILLON, Sean. United States Biofuel Production as Climate Policy: Tensions between Greenhouse Gas Reduction, Agricultural Economies, And Agro-ecological Practice.

Norteamérica, Ciudad de México, v. 7, n. spe, p. 129-164, enero 2012.

GIMENEZ, Agustín; CASTANO, José Pedro. Estimación de áreas ocupadas por cultivos de invierno en Uruguay utilizando teledetección. **Rev. Mex. Cienc. Agríc.**, Texcoco , v. 3, n. 2, p. 391-396, abr. 2012.

GOMEZ-ZAVAGLIA, A.; MEJUTO, J. C.; SIMAL-GANDARA, J. Mitigation of emerging implication systems. **Food Research International**. v. 134, aug. 2020, 109256. ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109256>.
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920302817>>.

GRANADOS RAMIREZ, Rebeca; SARABIA RODRIGUEZ, Asael Alejandro. Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. **Rev. Mex. Cienc. Agríc.**, Texcoco , v. 4, n. 3, p. 435-446, mayo 2013.

HE, Tianhua; LI, Chengdao. Harness the power of genomic selection and the potential of germplasm in crop breeding for global food security in the era with rapid climate change. **The Crop Journal** v. 8, n. 5, p. 688-700, out. 2020. ISSN 2214-5141, <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.04.005>.
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514120300726>>. Access in: 23 set. 2021.

HENRY, Robert J. Innovations in plant genetics adapting agriculture to climate change. **Current Opinion in Plant Biology**. v. 56, p. 168-173, aug. 2020. ISSN 1369-5266, <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.11.004>.
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526619301128>>. Access in: 19 dec. 2021.

HEUVEL, Lotte van den et al. Ecosystem services in the Swedish water-energy-food-land-climate nexus: Anthropogenic pressures and physical interactions. **Ecosystem Services** v. 44, aug. 2020, 101141. ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101141>.
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041620300838>>.

IPCC, 2019. Summary for Policymakers. In: 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 [P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

JAGUSTOVIC, Renata et al. Contribution of systems thinking and complex adaptive system attributes to sustainable food production: Example from a climate-smart village. **Agric. Syst.** v. 171, p. 65-75, may 2019. Disponible in:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X17311009>>. ISSN 0308-521X,
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.12.008>. Access in: 7 dec. 2021.

KIPLING, R. P. et al. To what extent is climate change adaptation a novel challenge for agricultural modellers? **Environmental Modelling & Software**. v. 120, 104492, out. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815218310582>>. ISSN 1364-8152,

<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104492>.

LEISNER, Courtney P. Review: Climate change impacts on food security- focus on perennial cropping systems and nutritional value. **Plant Science** v. 293, 110412, apr. 2020. ISSN 0168-9452, <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110412>.
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945220300145>>. Access in: 29 jan. 2022.

LÓPEZ FELDMAN, A. J.; HERNÁNDEZ CORTÉS, D. Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. **El Trimestre Económico**, v. 83, n. 332, p. 459-496, 19 out. 2016. acessado em 11 de março de 2022.
<https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231> .

MARVIN, Hans J. P.; BOUZEMBRAK, Yamine. A system approach towards prediction of food safety hazards: Impact of climate and agrichemical use on the occurrence of food safety hazards. **Agric. Syst.** v. 178, feb. 2020, 102760. ISSN 0308-521X,
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102760>.
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X19302768>> Acesso em: 18 dez. 2021.

MONTENEGRO, Edilberto; PITTI, Jacob. Análisis de riesgos climáticos en el sistema alimentario indígena de El Teribe, Panamá. **RevActaNova.**, Cochabamba , v. 9, n. 5-6, p. 713-736, nov. 2020. Disponible en
<http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000200005&lng=es&nrm=iso> . Acesso em: 11 mar. 2022.

MONTIEL-GONZÁLEZ, C. et al. Análisis climático para la agricultura de temporal en Michoacán, México. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, [S. l.], v. 6, n. 17, p. 307-316, 2019. DOI: 10.19136/era.a6n17.1972. Disponível em:
<https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/1972> . Acesso em: 11 mar. 2022.

MUNOZ-ZAMPONI, T. Belén; MARDONES-POBLETE, C. Alejandro. Simulación de un impuesto al CO2 e para mitigar los impactos del sector agropecuario chileno sobre el cambio climático. **Agrociencia**, Texcoco , v. 50, n. 3, p. 271-285, mayo 2016. accedido en 11 feb. 2022.

MUSSETTA, Paula et al . Vulnerabilidad y cambio climático en Mendoza: brechas sociales, modelo de desarrollo y transformación del territorio agrícola. **Estudios Socioterritoriales**, Tandil , v. 23, jun. 2018 . Disponible en
<http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-43922018000100002&lng=es&nrm=iso> . Acesso em: 11 mar. 2022.

NAAB, Francis; ABUBAKARI, Zaid; AHMED, Abubakari. The role of climate services in agricultural productivity in Ghana: The perspective of farmers and institutions. **Climate Services**. v. 13, p. 24-32, jan. 2019. ISSN 2405-8807,
<https://doi.org/10.1016/j.cliser.2019.01.007>.
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880718300414>> Access in: 29 jan. 2022.

OCHIENG, Justus; KIRIMI, Lilian; MATHENGE, Mary. Effects of climate variability and change on agricultural production: The case of small scale farmers in Kenya. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**. v. 77, p. 71-78, jun. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521416300057>>. ISSN 1573-5214, <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.005> . Acesso em: 14 out. 2021.

PIRES, Marcel V. et al . Percepção de produtores rurais em relação às mudanças climáticas e estratégias de adaptação no estado de Minas Gerais, Brasil. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa , v. 37, n. 4, p. 431-440, dez. 2014 . Disponível em <http://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2014000400008&lng=pt&nr_m=iso> . Acesso em: 13 fev. 2022.

PONCE, Roberto; BLANCO, Maria; GIUPPONI, Carlo. The economic impacts of climate change on the Chilean agricultural sector: A non-linear agricultural supply model. *Chilean J. Agric. Res.*, Chillán , v. 74, n. 4, p. 404-412, dic. 2014.

RUIZ CORRAL, José Ariel et al . Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. **Rev. Mex. Cienc. Agríc**, Texcoco , v. 2, n. spe2, p. 309-323, oct. 2011.

SANCHEZ COHEN, Ignacio et al . Variabilidad climática y productividad agrícola en zonas con errático régimen pluvial. **Rev. Mex. Cienc. Agríc**, Texcoco , v. 3, n. 4, p. 805-811, jul. 2012 .

SAPKOTA, Tek B. et al. Cost-effective opportunities for climate change mitigation in Indian agriculture. **Science of the Total Environment**. v. 655, p. 1342-1354. mar. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718345819>> ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.225>. Acesso em: 13 set. 2021.

SCHEMBERGUE, Altamir et al. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil 2 2 Esta pesquisa foi apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/PNPD). . **Revista de Economia e Sociologia Rural** [online]. 2017, v. 55, n. 1. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550101>> . ISSN 1806-9479. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550101> .

SHIRSATH, Paresh B. et al. Prioritizing climate-smart agricultural land use options at a regional scale. **Agric. Syst**. v. 151, p. 174-183, feb. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16305881>>. ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.018>. Acesso em: 23 set. 2021.

SZAKÁCS, Gabor Gyula Julius et al. Assessing soil carbon stocks under pastures through orbital remote sensing. **Scientia Agricola** [online]. 2011, v. 68, n. 5 [Accessed 13 February 2022], pp. 574-581. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000500010>> . Epub 03 Oct 2011. ISSN 1678-992X.

TAO, Shengcai et al. Research Progress in Agricultural Vulnerability to Climate Change. **Adv. Clim. Change Res.** v. 2, n. 4, p. 203-210, dec. 2011. Disponível em: (<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674927811500504>> . ISSN 1674-9278, <https://doi.org/10.3724/SP.J.1248.2011.00203>. Acesso em: 14 out. 2021.

THEURL, Michaela C. et al. Food systems in a zero-deforestation world: Dietary change is more important than intensification for climate targets in 2050. **Science of the Environment.** v. 735, set. 2020, 139353. ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139353>. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720328709>>. Access in: 14 out. 2021.

THORNTON, Philip K. et al. A framework for priority-setting in climate smart agriculture research. **Agri. Syst.** v. 167, p. 161-176, nov. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X18301288>>. ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.09.009>. Access in: 19 nov. 2021.

TONCONI QUISPE, Juan. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. **Idesia**, Arica , v. 33, n. 2, p. 119-136, mayo 2015 . Disponible en <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292015000200014&lng=es&nrm=iso> . accedido en 13 feb. 2022. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000200014> .

TURBAY, Sandra et al . Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. **Invest. Geog**, Ciudad de México , n. 85, p. 95-112, 2014. accedido en 13 feb. 2022. <https://doi.org/10.14350/riig.42298> .

VAUGHAN, Catherine et al. Creating an enabling environment for investment in climate services: The case of Uruguay's National Agricultural Information System. **Clim. Ser.** v. 8, p. 62-71, dec. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405880717300808>> ISSN 2405-8807, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.11.001>. Acesso em: 2 nov. 2021.

VELASCO HERNANDEZ, María de los Ángeles et al . Tendencias y variabilidad de índices de cambio climático: enfoque agrícola en dos regiones de México. **Rev. Mex. Cienc. Agríc**, Texcoco , v. 6, n. 7, p. 1587-1599, nov. 2015.