

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Vanusa Maria Gatteli

**AGRICULTURA SINTRÓPICA COMO MEDIDA MITIGADORA DOS IMPACTOS
DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

Frederico Westphalen, RS
2022

Vanusa Maria Gatteli

Agricultura sintrópica como medida mitigadora dos impactos da emergência climática

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus Frederico Westphalen, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Florestal**.

Orientador: Prof. Dr. Oscar Agustín Torres Figueredo

Frederico Westphalen, RS
2022

VANUSA MARIA GATTELI

Agricultura sintrópica como medida mitigadora dos impactos da emergência climática

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus Frederico Westphalen, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheira Florestal**.

Aprovado em 15 de agosto de 2022:

Oscar Agustin Torres Figueredo, Prof^o Dr. (UFSM – Frederico Westphalen)
(Orientador)

Márcia D’Avila, Prof^a Dr. (UFSM – Frederico Westphalen)

Adriana Maria Griebeler, Prof^a Msc. (UFRA - Parauapebas)

"As florestas e as árvores tornam a Terra habitável. Elas nos fornecem ar e água limpos. Ao armazenar grandes quantidades de carbono e equilibrar o clima, elas são uma defesa crítica contra o aquecimento global"

*(Decade on Restoration 2021-2030,
UN - UNEP - FAO)*

RESUMO

AGRICULTURA SINTRÓPICA COMO MEDIDA MITIGADORA DOS IMPACTOS DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

AUTORA: Vanusa Maria Gatteli

ORIENTADOR: Prof. Dr. Oscar Agustin Torres Figueiredo

A Emergência Climática constitui um dos maiores desafios da humanidade; em 2021, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a “Década de Restauração dos Ecossistemas”; definindo o prazo de 2030 para que a espécie humana adote ações concretas para restaurar seus ecossistemas ou lidar com as consequências desastrosas que são previstas pelos cientistas do clima. Dentre os setores que emitem gases de efeito estufa, a indústria alimentícia é o segundo setor que mais emite estes gases, estando atrás somente dos combustíveis fósseis. Nesse contexto, a agricultura sintrópica surge como alternativa ao modelo produtivo atualmente adotado, viabilizando a produção de alimentos e produtos florestais ao mesmo tempo que realiza serviços ecossistêmicos. Trata-se de um modelo produtivo de consórcio entre espécies agrícolas, florestais e/ou animais que reproduz a dinâmica de uma floresta natural, mantendo o equilíbrio do sistema através de interações ecológicas entre seus componentes, diminuindo e, conforme evolui no tempo, dispensando o uso de insumos agrícolas, tornando-se um sistema de ciclo fechado. O presente trabalho é uma revisão bibliográfica em que se utilizaram, para consulta, bases de dados, artigos científicos, testes, dissertações e livros técnicos da área. Os objetivos são analisar a viabilidade da agricultura sintrópica em contribuir para mitigação dos impactos da emergência climática. Os objetivos específicos são: (i) descrever os fatores condicionantes da emergência climática, contextualizando e enfatizando a participação do setor alimentício; (ii) conceituar agroecologia e agricultura sintrópica, (iii) analisar a viabilidade da agricultura sintrópica como alternativa ao modelo vigente de produção alimentícia e (iv) descrever os serviços ecossistêmicos florestais e analisar seu funcionamento em agroecossistemas. Os resultados desta revisão bibliográfica indicam que a agricultura sintrópica tem potencial para ser rentável e ecoeficiente e desempenhar seus serviços ecossistêmicos como sequestro de carbono, recuperação de áreas degradadas e melhoria da fertilidade da água e umidade do ambiente.

Palavras-chave: Agrofloresta. Restauração de ecossistemas. Agroecologia.

ABSTRACT

SYNTROPIC AGRICULTURE AS A MITIGATION ACTION FOR THE IMPACTS OF THE CLIMATE EMERGENCY

AUTHOR: Vanusa Maria Gatteli
ADVISOR: Prof. Dr. Oscar Agustin Torres

The Climate Emergency is one of humanity's greatest challenges; in 2021, the United Nations (UN) declared the “Decade of Ecosystem Restoration”; setting a deadline of 2030 for the human species to take concrete actions to restore its ecosystems or deal with the disastrous consequences that are predicted by climate scientists. Among the sectors that emit greenhouse gases, the food industry is the second sector that most emits these gases, behind only fossil fuels. In this context, syntropic agriculture appears as an alternative to the production model currently adopted, enabling the production of food and forest products while providing ecosystem services. It is a productive model of consortium between agricultural, forest and/or animal species that reproduces the dynamics of a natural forest, maintaining the balance of the system through ecological interactions between its components, decreasing and, as it evolves over time, no longer needing farm inputs, becoming a closed-loop system. The present work is a bibliographic review in which databases, scientific articles, tests, dissertations and technical books in the area were used for inquiry. The objectives are to analyze the feasibility of syntropic agriculture in contributing to the mitigation of the impacts of the climate emergency. The specific objectives are: (i) to describe the conditioning factors of the climate emergency, contextualizing and emphasizing the participation of the food sector; (ii) conceptualize agroecology and syntropic agriculture, (iii) analyze the feasibility of syntropic agriculture as an alternative to the current model of food production and (iv) describe forest ecosystem services and analyze their functioning in agroecosystems. The results of this literature review indicates that syntropic agriculture has the potential to be profitable and eco-efficient and perform its ecosystem services such as carbon sequestration, recovery of degraded areas and improvement of water fertility and environmental humidity.

Keywords: Agroforestry. Ecosystems restoration. Agroecology.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	OBJETIVOS.....	11
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3	EMERGÊNCIA CLIMÁTICA.....	12
4	CONJUNTURA POLÍTICA E SOCIAL.....	13
5	FATORES QUE CONTRIBUEM DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA.....	15
6	A AGROFLORESTA COMO ALTERNATIVA AO MODELO DE AGRICULTURA VIGENTE	23
6.1	MODELO VIGENTE.....	23
6.2	AGROFLORESTA E AGRICULTURA SINTRÓPICA	25
7	DISCUSSÃO: A AGRICULTURA SINTRÓPICA COMO POSSIBILIDADE MITIGADORA DOS IMPACTOS DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA.....	33
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

Conforme várias publicações e alertas de cientistas, o mundo atualmente enfrenta uma tripla emergência global: mudanças climáticas, perda da diversidade e aumento contínuo da poluição. Segundo dados da Organização das Nações Unidas, ONU, a degradação da natureza já comprometeu o bem-estar de 40% da população mundial (ONU, 2021). Esses são os resultados do desmatamento desenfreado, da poluição dos rios e oceanos e de modelos de agricultura, industrial e de urbanização agressivos.

Sendo assim, as Nações Unidas, em junho de 2021, lançou a “Década de Restauração dos Ecossistemas” propondo que os países busquem e executem soluções efetivas para restaurar os ecossistemas terrestres até 2030. O movimento visa unir governos, empresas, sociedade civil e cidadãos para frear a destruição da vida na Terra. Essa restauração é necessária para garantir a produção de alimentos e condições básicas de vida para as gerações futuras. De acordo com dados da ONU (2021) estima-se que, caso atinjam-se os objetivos, serão criados milhões de empregos, gerando a movimentação de mais de sete trilhões de dólares ao ano, ajudando a reduzir a pobreza e a fome, reunindo apoio político, investigação científica e recursos financeiros para ampliar a restauração de áreas degradadas.

Outra iniciativa internacional de importância da ONU, desde 2015, foi a “Agenda 2030”, também conhecida como 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O documento supracitado tem como missão enfrentar as mudanças climáticas, erradicar a pobreza, aumentar a segurança alimentar e a conservação da água e da biodiversidade. Dentro desse contexto, a restauração de áreas degradadas pelo cultivo agroflorestal acelera a restauração ambiental, a recuperação da capacidade do solo de autorregularão, geração de alimentos e, também, melhoria da renda para a população. É consenso na comunidade científica internacional da ONU que reside nesta década a última oportunidade de que a humanidade evite uma catástrofe climática, reverta a poluição e a perda de espécies. (ONU, 2021)

Concomitantemente com a Agenda 2030, em dezembro de 2015, foi realizada a COP 21 (21ª Conferência das Partes das Nações Unidas), a convenção sobre mudanças climáticas ou ‘Acordo de Paris’. É um tratado global com medidas de redução de emissão de dióxido de carbono (CO₂) a partir de 2020, onde os governos se comprometeram em agir para manter o aumento da temperatura média mundial “bem abaixo” dos 2 °C em relação aos níveis pré-industriais (1850-1900) em envidar esforços para limitar o aumento a 1,5 °C. (LAL, 2016)

O diferencial neste acordo internacional dos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, acrônimo em inglês) é a inclusão da agricultura em seus planos. A proposta é incrementar o carbono no solo a uma profundidade de 40 cm em taxa de 0,4% ao ano. A estratégia é facilitar o sequestro de carbono pelo solo mediante práticas ecológicas como agricultura de conservação, cultivo de cobertura morta e agrofloresta. Estas práticas, se implantadas em nível global, promoveriam a redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), segurança alimentar e a recuperação de áreas degradadas (LAL, 2016).

No ano de 2021, em Glasgow, Reino Unido, aconteceu a COP 26, que se sustentou em quatro principais pilares (*coal, cars, cash and tree*). Segundo Smith *et al.* (2021), as duas primeiras palavras-chave fazem menção à eliminação do combustível fóssil mais poluente (carvão) e promover a transição a alternativas sustentáveis de abastecimento. O debate acerca dos recursos financeiros (*cash*) é essencial para que países em desenvolvimento possam acompanhar estas práticas de mitigação, que só serão eficientes se aplicadas em escala global, tendo em vista que as nações mais ricas têm maior potencial e recursos para estas soluções. A última palavra chave, árvore, não diz respeito ao simples plantio de árvores, mas sim a Soluções de Base Natural (NSBI) em escala global.

As Iniciativas de Soluções de Base Natural, NSBI (*Nature-based Solutions Initiative*, em tradução livre) tratam de soluções para os desafios da sociedade que envolvem os recursos naturais. Seddon *et al.* (2021) retratam as NSBI de forma a enfatizarem a proteção e restauração dos ecossistemas, através da gestão sustentável dos recursos naturais. As ações focam na biodiversidade, harmonia com os povos da floresta e equilíbrio entre benefícios financeiros e socioecológicos. Os ecossistemas que fornecem as soluções de base natural devem ser saudáveis, funcionais, com biodiversidade e sustentar-se no longo prazo.

A agricultura sintrópica facilmente se enquadra nos critérios supracitados para ser considerada uma iniciativa de solução de base natural; Guimarães e Mendonça (2018) conceituam a agricultura sintrópica como um sistema agroflorestal (SAF) que tem a sucessão ecológica como principal estratégia, de forma a reproduzir uma floresta natural. A agricultura sintrópica diferencia-se de um SAF em nível de complexidade, sendo uma proposta mais avançada, desenvolvida primordialmente por Ernst Götsch, pesquisador suíço que criou o termo e realizou experiências promissoras no Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia.

Marques (2020) alerta sobre a situação de um iminente colapso socioambiental. Nesse contexto, a agricultura sintrópica e a agroecologia propõem-se como alternativas à forma de produção atualmente disseminada baseada na monocultura e uso intensivo de químicos e energia externa à propriedade. Sua proposta é recuperar áreas degradadas pela agricultura predatória ao mesmo tempo em que se produz alimento e renda com mínimo impacto ambiental.

No Brasil, a utilização de agroflorestas para restauração de áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL) em pequenas propriedades rurais está previsto no Código Florestal (BRASIL, 2012), desde que adotadas práticas culturais de baixo impacto. A Lei nº 12651 de 25 de maio de 2012 explicita no Capítulo XII Art. 54 que:

Para cumprimento da manutenção da área de reserva legal nos imóveis a que se refere o inciso V do art. 3º, poderão ser computados os plantios de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região em **sistemas agroflorestais**. (BRASIL, 2012).

E no Capítulo XIII Art. 55:

A recomposição de que trata o inciso I do caput poderá ser realizada mediante o plantio intercalado de espécies nativas com exóticas ou frutíferas, em **sistema agroflorestal**, observados os seguintes parâmetros:

I - o plantio de espécies exóticas deverá ser combinado com as espécies nativas de ocorrência regional;

II - a área recomposta com espécies exóticas não poderá exceder a 50% (cinquenta por cento) da área total a ser recuperada. (BRASIL, 2012)

Estudo da Embrapa em 2021 concluiu que o setor rural ocupa 63% do território nacional, em que 30,2% destina-se ao cultivo de lavouras, florestas plantadas e pastagens e 33,2% é destinado à preservação da vegetação nativa; isto é, o meio rural detém grande responsabilidade de preservar o patrimônio vegetal nativo do país e evitar práticas de desmatamento ilegal e outras atividades que comprometam a biodiversidade da flora brasileira. Por esse motivo é imprescindível pensar e construir alternativas adaptadas às demandas da atualidade para a produção de alimentos e produtos florestais com menor impacto ambiental ao mesmo tempo que promove serviços ecossistêmicos, como é o caso da agrofloresta e, em maior escala, da agricultura sintrópica.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é analisar a viabilidade da utilização da agricultura sintrópica para mitigar os impactos da emergência climática, e para isso, a pesquisa possui os seguintes objetivos específicos: (i) descrever os fatores condicionantes da emergência climática, contextualizando e enfatizando a participação do setor alimentício; (ii) conceituar agroecologia e agricultura sintrópica, (iii) analisar a viabilidade da agricultura sintrópica como alternativa ao modelo vigente de produção alimentícia e (iv) descrever os serviços ecossistêmicos florestais e analisar seu funcionamento em agroecossistemas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho busca estudar como as agroflorestas podem ser uma das medidas mitigadoras da emergência climática, pois ameniza o impacto ambiental gerado pela produção de alimentos. Para isso, realizou-se pesquisa bibliográfica sobre os assuntos da emergência climática, a agroecologia e a agricultura sintrópica. Utilizaram-se as bases de dados *Our World In Data* (Inglaterra), *Environment Protection Agency* (EUA), a Organização das Nações Unidas (ONU) e busca de artigos científicos por meio eletrônico, além de consulta à livros técnicos da área. O documento apresenta a seguinte estrutura: na primeira parte discute-se a conjuntura da emergência climática e as iniciativas internacionais para contê-la. Em seguida, explicam-se as causas e origens deste desequilíbrio. Logo, apresentam-se as bases da agroecologia e a agricultura sintrópica como proposta de solução destes problemas socioambientais na promoção de uma agricultura sustentável.

3 EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

A Resolução 73/284 de 2019 da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu a “**Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas 2021-2030**”. A década é a “linha do tempo que os (as) cientistas identificaram como a última chance de evitar mudanças climáticas catastróficas”, além disso é “também o prazo final para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”. A resolução é fruto do trabalho conjunto do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) na “proteção e revitalização dos ecossistemas em todo o mundo, em benefício das pessoas e da natureza. Ela visa deter a degradação dos ecossistemas e restaurá-los para atingir objetivos globais” (ONU, 2022).

As várias metas tem como prazo final o ano de 2030. É indispensável recuperar florestas; zonas úmidas; secas; proteger os ecossistemas; evitar práticas nocivas contra animais, plantas, microrganismos e ambientes não vivos; e outros ecossistemas naturais, cuja consequência direta é o alívio da pobreza e melhoria do bem-estar humano. Isso contribui para a convivência da humanidade em harmonia com a natureza. Inafastável a necessidade de cooperação, coordenação e sinergia no trabalho de recuperação dos ecossistemas, cujos ganhos são o sequestro de carbono resultante da restauração dos ecossistemas, reduzindo a temperatura conforme o Acordo de Paris (ONU, 2019).

A antropização é um dos agentes catalisadores das “emissões de gases de efeito estufa (GEE), aerossóis e troposféricos precursores de ozônio, substâncias que esgotam o ozônio e alteram o uso da terra.”, apontam relatórios publicados pelo Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (IPCC sigla em inglês do *Intergovernmental Panel on Climate Change*). Dentre os setores que mais contribuem para a emissão de GEE, o agronegócio representa consideráveis taxas de emissão(ONU, 2021).

Dowbor (2017, p. 21) no seu livro, "A era do capital improdutivo", menciona que:

A violência contra o planeta não se limita ao plano ambiental. No plano social, segundo o Banco Mundial, a pobreza diminuiu em cerca de 1 bilhão de pessoas nas últimas décadas, o que representa um grande avanço, ainda que o critério de 1,90 dólar por dia seja absurdamente baixo.

4 CONJUNTURA POLÍTICA E SOCIAL

O Brasil, em específico, conforme Dowbor (2017), possui condição que remonta à data de publicação da sua obra. A taxa Selic é a “a maior apropriação privada de recursos públicos no Brasil”, ela foi criada sob a justificativa de combater a inflação nos anos 90. Ela é a maior responsável por aumentar a dívida pública, isto pois, “é a taxa de juros que o governo paga aos que aplicam dinheiro em títulos do governo (...) A partir de 1996, passou-se a pagar entre 25% e 30% sobre a dívida pública, para uma inflação da ordem de 10%” (DOWBOR, 2017, p. 142). Dowbor (2017, p. 91) destaca que “(...) estamos destruindo o planeta em proveito de uma minoria, enquanto os recursos necessários ao desenvolvimento sustentável e equilibrado são esterilizados pelo sistema financeiro mundial.”

Por esse motivo, compreende-se que as crises são recorrentes no capitalismo. Conforme (DOWBOR, 2017) os anos 80 o capitalismo “entra na fase de dominação dos intermediários financeiros sobre os processos produtivos”, cujas consequências são vivenciadas pelas populações vulnerabilizadas pelo capitalismo. Ainda, de acordo com o autor supracitado, a crise de 2008 foi o marco deste fenômeno, a especulação é capaz de gerar pânico, as ações e o preço de mercado das empresas mudam constantemente, bem como o valor dos produtos disponibilizados por elas, todas essas são formas de geração de desigualdade.

São seis os eixos indicativos da impossibilidade de sustentabilidade no Capitalismo (MARQUES, 2020, p. 482-483), sendo eles:

1. "Descolamento", economia "ecoeficiente" e circular;
2. A lei da pirâmide de recursos de Heinberg;
3. Regras do jogo;
4. A impossibilidade de internacionalizar o custo ambiental;
5. Investimentos em *lobbies* e em publicidade; e
6. Investimentos em censura e desinformação.

No eixo 1 é imprescindível à existência de um capitalismo sustentável, que a ecoeficiência dos processos industriais possibilite aumentar a produção e o consumo, infringindo menor ou nenhuma pressão sobre os ecossistemas. De fato, o número de produtos continua aumentando, pois o *modus operandi* do sistema é, intrinsecamente, semelhante a uma máquina de auto expansão, que é incompatível com uma economia circular ou ecoeficiente.

Abdala e Sampaio (2018) conceituam a economia circular como uma cadeia produtiva que reaproveita sistematicamente os produtos industrializados e seus resíduos, buscando manter os produtos e materiais em sua maior utilidade e valor ao longo do ciclo. Sua aplicação minimiza o descarte de resíduos e a demanda por extração de recursos naturais. Este modelo de economia se opõe ao modelo disseminado atualmente: a economia linear, em que a indústria extrai matéria prima, produz bens de consumo e descarta seus resíduos, consolidando um ciclo fechado. Estes dois modelos se relacionam com os conceitos de entropia e sintropia que serão aprofundados ao longo do texto; a economia circular funciona por princípios sintrópicos de cooperação e reaproveitamento eficiente de recursos, em contraposição à economia de ciclo fechado, que se relaciona com o conceito de entropia em que se extraem recursos do sistema que não são repostos, assim como o descarte de resíduos que não é aproveitado.

No eixo 2, Marques (2020, p, 484) compara a distribuição de recursos naturais disponíveis à uma pirâmide; onde a porção superior representa os recursos de fácil extração e baixo impacto, enquanto a porção inferior, ou seja, a base, representa os recursos de difícil extração e alto impacto ambiental. Mesmo que empresas diminuam seus custos de produção com iniciativas de menor impacto ambiental, a escassez da matéria prima continua aumentando, impossibilitando sustentar o sistema em grande escala.

No eixo 3, afirma-se que não há viabilidade para um capitalismo sustentável se as iniciativas vierem de somente algumas empresas; é necessário generalizar novas legislações que imponham esse capitalismo sustentável. Contudo, as relações entre corporações e Estado são díspares, por vezes alguns Estados não são capazes de evitar a importação de mudanças. Em contraponto, a competitividade do mercado faria com que as empresas acabassem por retardar a implementação dos novos critérios por anos, ou torná-la tão lenta que não seria capaz de deter a crise ambiental.

No eixo 4, supondo que o valor ambiental é redutível a um preço de mercado, verifica-se que as corporações se mostram incapazes de internalizar o custo ambiental, pois seu valor supera o valor do produto final. O autor afirma que entre os setores que mais geram impactos estão o carvão e a pecuária, principalmente na América do Sul e Sudeste Asiático. Dessa forma, é fácil perceber que o agronegócio brasileiro não tem capacidade de internalizar os custos ambientais que seu impacto gera e continuar rentável. No eixo 5, o autor afirma que dentre as indústrias mais ambientalmente nocivas, estão os fertilizantes, pesticidas e o agronegócio em geral. Sua incompatibilidade com um capitalismo sustentável é tanta que a única alternativa para os setores é investir em lobbies e publicidade para amenizar a pressão popular e legislativa (MARQUES, 2020, p. 486-487).

No eixo 6, o autor descreve como as empresas ainda utilizam de intimidação e censura na mídia ou pressão a governos para silenciar pessoas ou instituições que denunciem devastação ambiental. O autor cita grandes censuras de governos internacionais, que desmoralizam cientistas e financiam o monitoramento de pesquisas universitárias de forma enviesada. O autor questiona se, ao cumprir as medidas apresentadas, o sistema ainda seria considerado capitalista ou se tornaria algo novo, justificando que a sustentabilidade do capitalismo da forma como ele é hoje é uma ilusão. Esta só seria alcançada se ocorresse mudanças radicais de forma eficaz, rápida e globalmente proporcional e, mesmo dentro dos parâmetros estabelecidos, o agronegócio não pode ser viável por que não é capaz de superar seu custo ambiental (eixo 4) e nem de sustentar a matéria prima que demanda (eixo 2). (MARQUES, 2020, p. 474-489).

Analisando-se o trabalho de Marques (2020) constata-se que diante da crise ambiental que estamos acompanhando, não será possível frear estas catástrofes sem uma radical mudança no sistema econômico e na cadeia produtiva dos setores industriais, enfatizando o setor alimentício, que é responsável por grande parte dos impactos ecológicos a nível global (OUR WORLD IN DATA, 2022). Nesse contexto, a agricultura sintrópica surge como solução para este setor, com potencial de produzir alimentos e produtos florestais e ainda recuperar o solo, a qualidade da água, regular o clima e preservar o patrimônio genético de nossas florestas. (Altieri, 2012)

5 FATORES QUE CONTRIBUEM DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

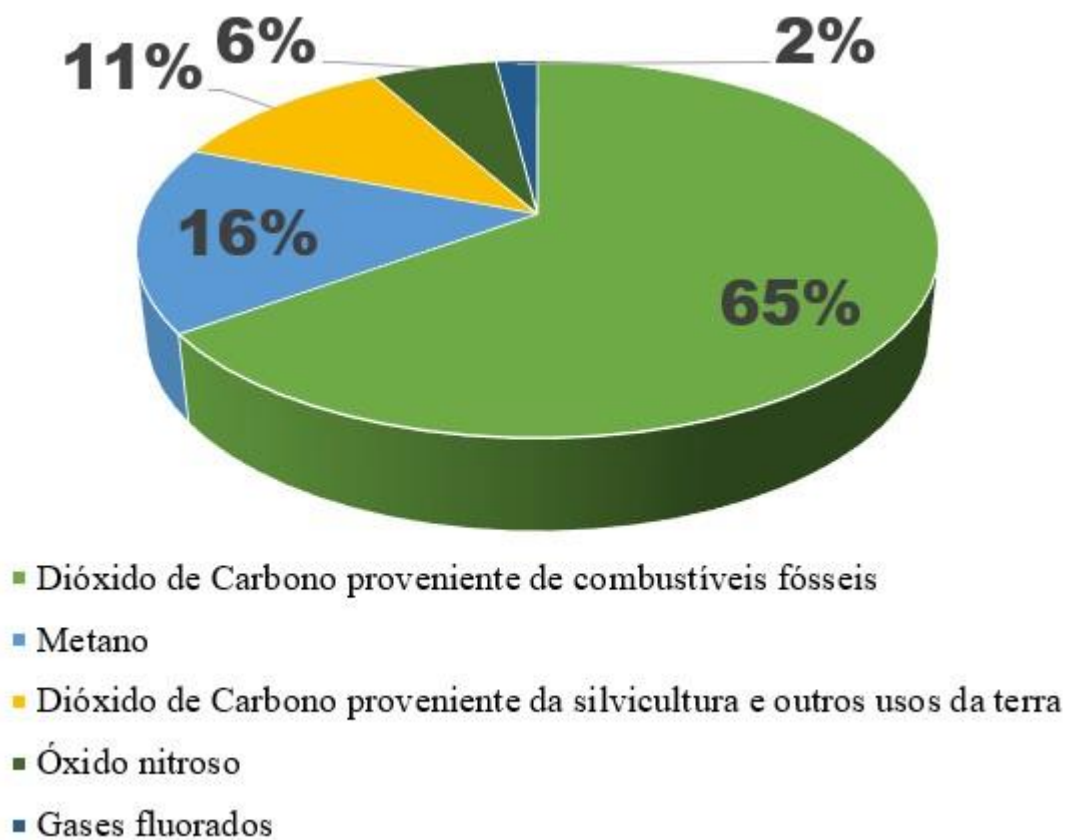
Os alimentos são responsáveis por cerca de 26% das emissões globais de GEE (RITCHIE e ROSE, 2020). Cieslik *et al.* (2013) afirmam que a liberação de gases de efeito estufa, principalmente CO₂ (dióxido de carbono) e CH₄ (metano), afeta o clima em escala mundial; modificam a transferência radioativa, alterando o balanço energético da Terra. Para Landholm (2021, p. 37) o setor de uso da terra, cujo principal representante é o agronegócio, responde por cerca de 25% das emissões de GEE, decorrentes principalmente do desmatamento, manejo do solo e agropecuária.

As mudanças climáticas afetam diretamente a poluição do ar e seus impactos nas espécies vegetais através de influências da atmosfera e da biosfera e suas interações. Estima-se que, se não houver mudanças nas emissões de GEE, a mudança climática projetada para esse século diminua a carga global de Ozônio (O₃) principalmente devido ao aquecimento do vapor

d'água atmosférico que intensifica a destruição da camada de ozônio (CIESLIK *et. al*, 2013, p. 28).

Ritchie e Roser (2013) quantificam a área de uso agrícola da terra em 37,6% do total de área terrestre global. Desse valor, 28% é terra arável, 3% são culturas permanentes e 69% são prados e pastagens permanentes, representando a maior porção da área agrícola mundial. Como pode-se observar na Figura 1 (Environmental Protection Agency, 2022), os principais gases causadores de efeito estufa são, o dióxido de carbono oriundo de combustíveis fósseis e processos industriais (65%), o dióxido de carbono proveniente de usos da terra (11%), o metano advindo majoritariamente de pastoreio (16%) e o óxido nitroso (6%). O setor agropecuário representa, portanto, considerável participação na emissão direta de GEE, somando-se o dióxido de carbono proveniente do uso da terra e o metano do pastoreio, totalizando 27%.

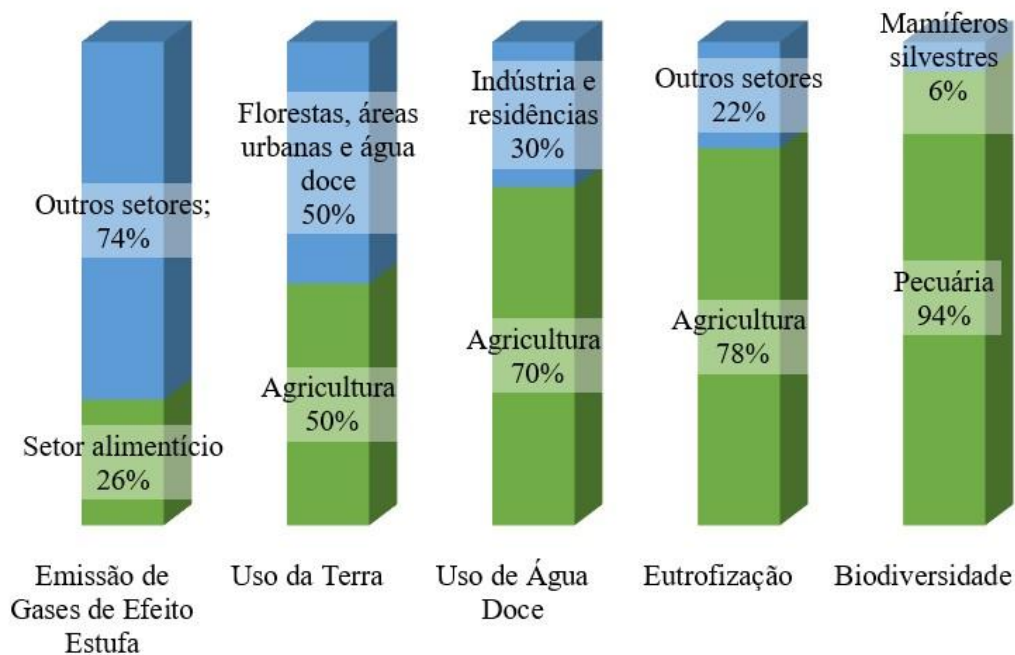
Figura 1 - Emissão global de GEE por tipo



Fonte: Adaptado de Environmental Protection Agency – USA (Agência de proteção ambiental - EUA), 2022

Como percebe-se na Figura 2, a indústria alimentícia representa mais de um quarto das emissões globais de GEE e está entre os setores que mais poluem, representando 26% do total de emissões; 13,7 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq)¹. Os impactos da emissão de GEE associados com o setor agropecuário são facilmente perceptíveis principalmente tratando-se da proporção entre criação de gado (94%) e mamíferos silvestres – não incluindo a espécie humana (6%) assim como o uso da terra que é 50% agrícola (51 milhões de km²) e 50% florestal, urbano ou de água doce (51 milhões de km²); dados que evidenciam a contínua perda de diversidade genética de espécies vegetais e animais. Além disso, 70% da destinação de água doce é para a produção agrícola e 78% da eutrofização que acontece globalmente tem origem no setor agropecuário, devido a intensa utilização de insumos (RITCHIE e ROSER, 2020).

Figura 2 - Impactos ambientais da agricultura e pecuária em 2018

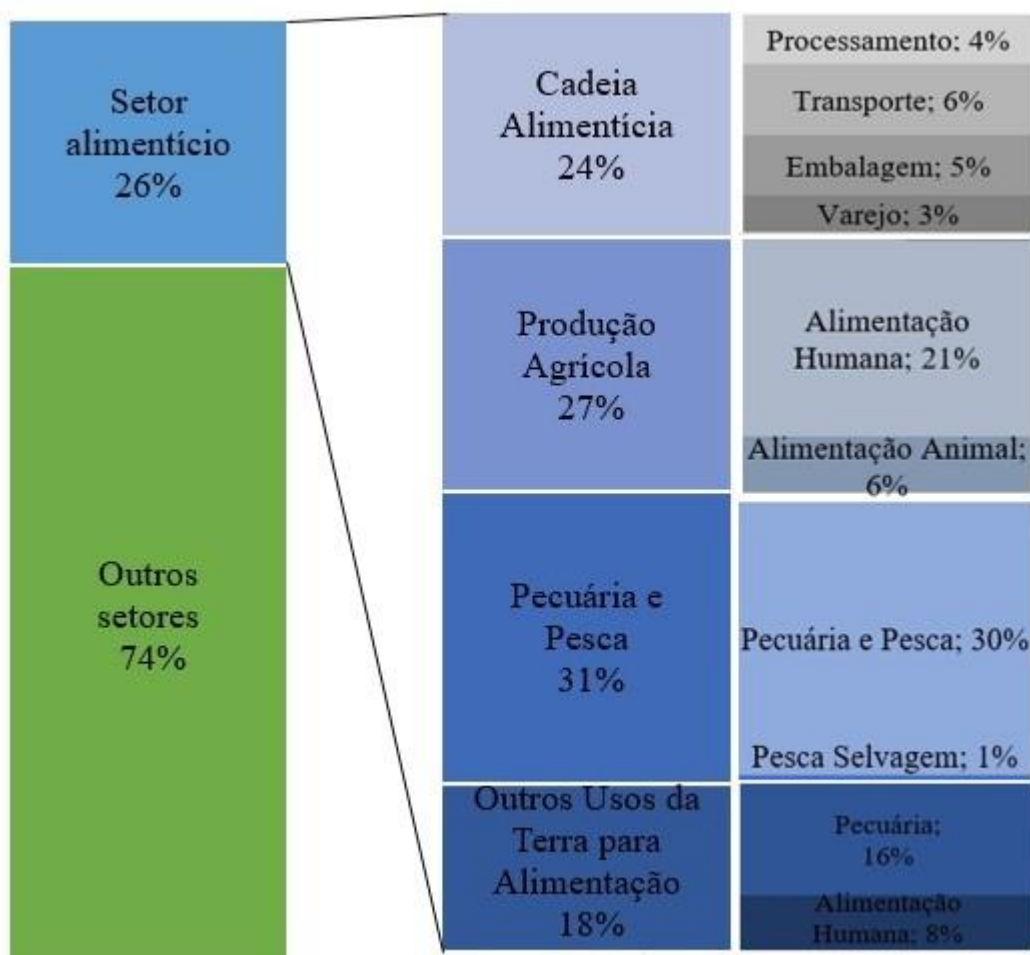


Fonte: Adaptado de Our World in Data, 2022

¹medida métrica criada para comparar as emissões de diferentes GEE baseado no potencial de aquecimento global de cada um; é o produto da multiplicação das toneladas emitidas de gases de efeito estufa pelo seu potencial de aquecimento global. O metano, por exemplo, tem 21 vezes maior potencial de aquecimento global que o dióxido de carbono; isto é, o CO₂eq do metano é 21. (IPAM, 2015)

A Figura 3 demonstra a porção das emissões de GEE pela qual a indústria alimentícia é responsável e divide-se em pecuária (31%), lavouras (27%) uso da terra para alimento animal e humano (24%) e cadeia de mantimentos (18%). Percebe-se que o setor que mais emite GEE é a pecuária, e esse setor contribui para as emissões de diferentes maneiras; o gado ruminante produz metano em seus processos digestivos e é responsável por grande porção da emissão de metano. Além disso, a gestão de estrume, das passagens e o consumo de combustível pelos navios de pesca também contribuem nesta categoria (RITCHIE e ROSER, 2020).

Figura 3 - Emissões de gases de efeito estufa globais provenientes da indústria alimentícia



Fonte: Adaptado de Our World in Data, 2022

Além das emissões de GEE, a agricultura intensiva ainda causa outros impactos ambientais. Para Primavesi (2016 b, p. 73) a tecnologia agrícola predominante causa grave desgaste do solo e destruição de ecossistemas, onde dentre as principais consequências pode-se destacar:

1. erosão: devasta grandes regiões e está indo em direção às chamadas “fronteiras agrícolas”, os cerrados, podendo resultar em desertificação;
2. efeito decrescente dos fertilizantes; os nutrientes não estão em boa disponibilidade para as plantas, pois a agricultura convencional causa compactação e adensamento do solo. Quanto menos poros na superfície do solo, menor o efeito dos adubos solúveis, sendo necessário cada vez mais aplicações e desencadeando a salinização do solo pela concentração dessas substâncias;
3. aumento de pragas e doenças devido ao desequilíbrio biológico e baixa resistência das plantas.

Dentro desse contexto, conclui-se que a forma de uso da terra agricultável possui extrema importância, podendo ser uma das chaves para expandir ou conter a emergência climática. Isto se dá porque o papel da agricultura, como hoje é disseminado, foi simplificado tanto quanto possível. Assemelha-se a um sistema fabril, no qual as atividades são setoriais e a produção em massa. Isso acarreta ecossistemas artificiais que exigem intervenção humana permanente, com aplicação de insumos agroquímicos, como defensivos agrícolas e fertilizantes, na produção de sementes transgênicas e no maquinário especializado. A agricultura convencional substitui grandes áreas de diversidade natural por um número reduzido de cultivares e animais domesticados (ALTIERI, 2012).

A manutenção de uma planta saudável e resistente passa pela sua capacidade de utilizar micronutrientes, logo, a carência destes desacelera o metabolismo da planta; assim como num solo compactado, um solo carente de micronutrientes torna a planta vulnerável. Fornecer todos os nutrientes pode ser a solução para a vulnerabilidade das cultivares super-resistentes. Entretanto, a agricultura tradicional “trata” as vulnerabilidades com agrotóxicos que tem eficácia somente no curto prazo; no médio prazo os insetos se tornam super-resistentes aos princípios ativos dos agrotóxicos. Em longo prazo, essas práticas causam erosão do solo e enchentes. Além disso, esse processo desencadeia secas, uma vez que a água foi impedida de infiltrar nos solos e realimentar os lençóis freáticos e aquíferos. Práticas que em longo prazo causam desertificação (PRIMAVESI, 2016).

No Brasil, em 1956, conheciam-se 193 pragas, em 1976 conheciam-se 597 pragas. O aumento considerável destas é resultante da degradação do solo, da escolha de cultivares altamente produtivas porém menos resistentes aos insetos e pela alta reprodução dos insetos,

mais resistentes aos defensivos agrícolas, visto que tiveram seus inimigos naturais mortos pelos mesmos defensivos, conseqüentemente, aumentando sua população total. Esse cenário de cultivares muito produtivas pode ser perigoso, pois caminhamos na direção de uma erosão genética. Existe uma redução da variabilidade genética no genótipo destes cultivares que ficam mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças (PRIMAVESI, 2016 a).

O preparo do solo com o revolvimento da terra também é um problema. As máquinas agrícolas causam rompimento do solo compactado, destorroam e pulverizam torrões, mas não são capazes de agregar o solo, pois equivale ao arejamento forçado, que acelera o processo de decomposição da matéria orgânica. Formar macroporos de aeração e drenagem é um processo unicamente biológico. (PRIMAVESI, 2016 a, p. 171). A prática priva a microfauna do solo de alimento, diminuindo a disponibilidade de nutrientes em um solo tropical (PRIMAVESI, 2016 a, p. 96).

A agricultura convencional, ou monocultura, aumenta a eficiência dos processos entrópicos de simplificação e desassimilação, não recuperando áreas de pousio. O sistema tende a um ciclo aberto com tendência a aumentar sua entropia através da conversão de recursos naturais em produção de alta performance, ao contrário dos modelos produtivos compostos por práticas de ciclo aberto em que o agricultor replica e acelera o processo natural da floresta através de manejo e escolha estratégica de espaço e tempo, observando os estratos e a sucessão florestal. Neste modelo agrícola dispensa-se o uso de insumos e a infestação de pragas é prevenida pelas interações ecológicas entre componentes do sistema (ANDRADE; PASINI; SCARANO, 2020, p. 22)

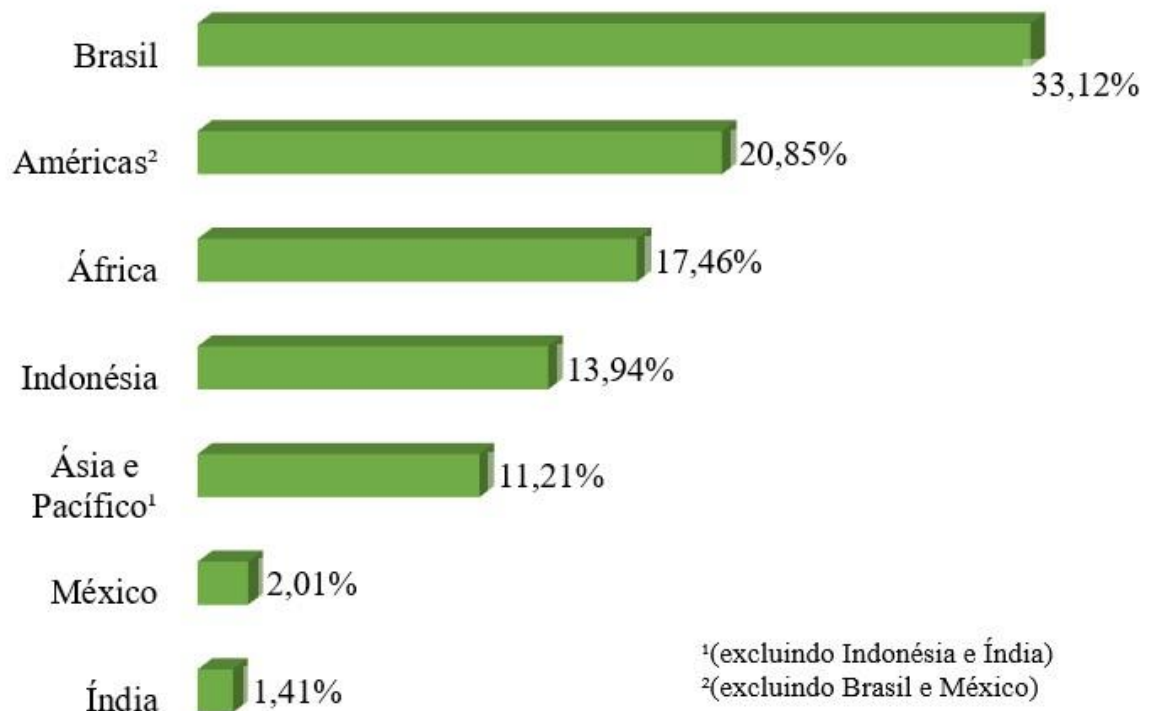
No Brasil, importou-se um pacote tecnológico: “A Revolução Verde”, entre 1960 e 1970. Ele baseia-se no uso intensivo de tecnologias com alto uso de insumos, como: defensivos agrícolas e fertilizantes; maquinário especializado; melhoramento genético e a monocultura. Desencadeando problemas ambientais, como: a erosão do solo e a conseqüente desertificação; a poluição do solo e da água e a perda de biodiversidade. Além de propiciar o aumento da miséria, a escassez de alimentos e desnutrição em massa. Isto em razão da má distribuição de terras, privilegiando agricultores de maior poder aquisitivo que detêm economicamente as terras mais férteis (ALTIERI, 2004, p. 19).

O modelo agrícola vigente é uma das atividades que mais impacta o ambiente pois resulta em erosão genética e do solo, contamina água e aumenta o desmatamento. Isso acontece devido à grande quantidade de agrotóxicos, fertilizantes e outras tecnologias de agricultura de grande escala (Oliveira *et al.*, 2018, pg. 1). O Brasil se destaca na produção agrícola mundial, o que faz da agricultura uma das bases da economia brasileira. Para suprir a demanda cada vez

maior, a monocultura utiliza cada vez mais insumos químicos para acelerar a colheita e aumentar a produtividade. A demanda por terras também aumenta, gerando desmatamento e empobrecimento dos solos utilizados, tornando-os inviáveis para produções futuras (Oliveira *et al.*, 2018 p. 3)

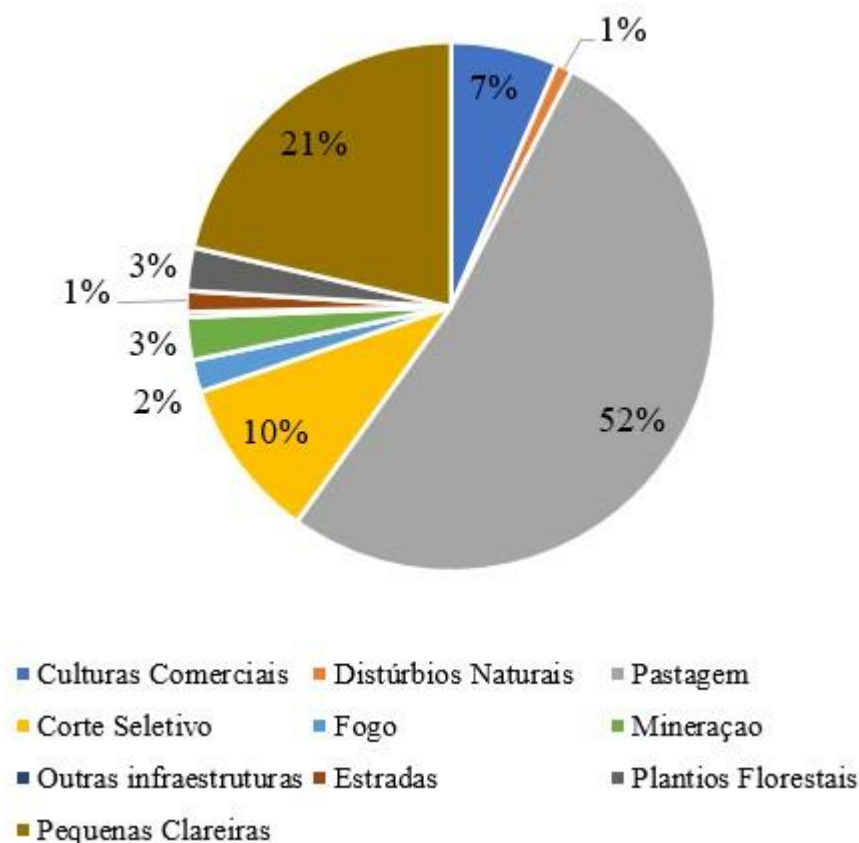
Estima-se o desmatamento global em 2019 em cerca de 5,4 milhões de hectares e 95% ocorreu na região dos trópicos. Na figura 4 pode-se observar a participação do desmatamento tropical por país e região de 2010 a 2014. Um terço do desmatamento tropical ocorreu no Brasil, correspondendo a 1,7 milhão de hectares por ano. O segundo país que mais desmata é a Indonésia, responsável por 14% da perda de floresta. Isso significa que apenas o Brasil e Indonésia juntos representam quase metade do desmatamento tropical (47%) Os principais impulsionadores do desmatamento foram identificados como a expansão de pastagens para produção de carne bovina, terras agrícolas para soja e óleo de palma e produção madeireira (RITCHIE e ROSER, 2021)

Figura 4 - Parcela do desmatamento tropical para produção de commodities no período de 2010 a 2012



A relação entre as taxas de desmatamento e de precipitação é histórica. Em regiões com cobertura florestal, a quantidade de precipitação anual não diminui com o aumento da distância do oceano e pode até aumentar conforme se avança para o interior da floresta. Onde falta cobertura vegetal, percebe-se que a precipitação diminui exponencialmente conforme adentra-se a área. A perda de serviços ambientais da floresta se dá principalmente pela conversão das florestas em terras agrícolas de monocultura (CUDLIN *et. al*, 2013). O caráter predatório do agronegócio é o fator direto mais influente no desmatamento de florestas tropicais e as maiores impulsionadoras são as *commodities*, como é o caso da soja na Amazônia. A intensa exportação agrícola e o crescimento demográfico são destacados como causas indiretas a esse desmatamento (LANDHOLM, 2021 p. 37). A Figura 5 ilustra a imensa participação do setor agropecuário no desmatamento da Amazônia no Brasil e indica que a expansão de pastagem para a produção de carne bovina é o principal causador do desmatamento. (RITCHIE e ROSER, 2021)

Figura 5 – Causas de desmatamento na Amazônia brasileira em 2013



Fonte: Our World in Data, 2021

Grau, Gasparri e Aide (2005, p. 145) explicam como o desenvolvimento tecnológico e a demanda internacional tornaram a soja o cultivo mais presente no Brasil, Bolívia e Paraguai. Conforme a importância deste mercado cresce, as instituições do meio desenvolvem soluções para fortalecer a economia deste ramo e estabilizar a tendência de desmatamento, que só pode ser controlada por políticas de conservação ambiental. O desmatamento como consequência da expansão do cultivo de soja é considerado como principal ameaça para o meio ambiente.

O grande volume de cultivo de soja é reflexo da demanda internacional, como da China, maior importadora de soja do mundo. Apesar do desenvolvimento gerado pelo plantio, o crescimento das áreas de plantio é alarmante. A partir de 1961, cresceu 57% resultando numa produtividade cujo aumento foi de 138%. Crescendo numa média de 320 mil ha/ano desde 1995 e destruindo grandes áreas de habitats naturais. (ALTIERI, 2012, p. 46)

6 A AGROFLORESTA COMO ALTERNATIVA AO MODELO DE AGRICULTURA VIGENTE

6.1 MODELO VIGENTE

Primavesi (2016 b) alerta que a agricultura convencional promovida contemporaneamente desencadeia uma série de perturbações ambientais, à custo de sua alta eficiência e produtividade. A adubação, por exemplo, é feita com excesso de nitrogênio e desequilíbrio na aplicação de cálcio, potássio e magnésio, além da grave falta de micronutrientes. Como explica Barreto *et. al* (2013, p. 2168), o acúmulo desses nutrientes pode causar eutrofização, baixando assim os níveis de oxigênio na água e causando a morte de muitas espécies animais e vegetais. Este grande aumento da disponibilidade de nutrientes na água é usualmente causado pela drenagem de agroquímicos no solo, devido a processos como lixiviação e escoamento superficial.

A antropização trouxe consigo enorme impacto ecológico a nível global, com muitas consequências tanto de curto quanto longo prazo para a biodiversidade, e, portanto, os serviços ecossistêmicos da floresta. Várias conferências internacionais têm acontecido e estabelecido metas para frear esse problema, como a ONU e o *IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services)*. As sugestões para mitigar o problema incluem translocação de espécies, fluxo gênico assistido e programas que buscam manter ou aumentar a variabilidade genética (STANGE *et al.*, 2020).

Altieri (2012) constata que a simplificação da agricultura acarreta a perda de habitats naturais de diversas espécies da fauna e flora silvestre que podem ser benéficas para o equilíbrio do ambiente, desregulando-o e comprometendo o equilíbrio entre espécies, o que causa a superpopulação de um ou outro inseto; as chamadas “pragas”. Esse processo também resulta em erosão de valiosos recursos genéticos ocasionados pelo uso crescente de cultivares uniformes de alto desempenho.

Zhu *et al.* (2000) compara em seu estudo culturas de arroz com maior variabilidade genética com monoculturas, calculando o efeito da diversidade genética através da observação da brusone (*Pyricularia grisea*), principal doença que atinge plantações de arroz. As parcelas com variedades de espécies tiveram produtividade 89% mais alta e a brusone foi 94% menos severa do que quando em monocultivo. Para Altieri (2012), as monoculturas são naturalmente mais suscetíveis ao ataque de pragas por concentrarem grande quantidade de recursos e, conseqüentemente, atraírem herbívoros especializados no cultivo em questão. A diversidade genética do sistema é essencial para assegurar a fitossanidade das culturas provendo habitat e recursos para inimigos naturais das pragas.

A biodiversidade está intrinsecamente relacionada com a produtividade e estabilidade do agroecossistema; desequilíbrios na diversidade implicam na produtividade e estabilidade destas florestas, tornando-as mais suscetíveis ao clima, espécies invasoras e outras perturbações. Um ecossistema com biodiversidade é sinônimo de recursos genéticos (AZEVEDO, 2012). Tradicionalmente, a genética vegetal visava a seleção de variedades que melhor se adaptassem às condições do local em questão. Primavesi (2016) percebe a falta de percepção holística do cultivo quando se refere aos modelos propostos pela Revolução Verde. Já a agricultura moderna foca na criação de variedades mais produtivas, não levando em consideração o ambiente em que serão plantadas. Não se criam mais ecótipos, introduzem-se cultivares exóticas às quais os solos precisam ser adaptados utilizando-se de agroquímicos, criando assim uma interdependência do cultivo com insumos externos.

Ritchie e Roser (2013) afirmam que metade das áreas habitáveis do planeta é utilizada exclusivamente para produção de alimentos (51 milhões de km²), 37% são áreas de floresta (39 milhões de km²) e 11% são arbustos e pastagens. Dentro das áreas agrícolas, 77% é utilizado para pastagem e cultivo de alimentos para animais. Apesar de representar a maior parte das terras agrícolas do mundo, as áreas em questão são responsáveis por apenas 18% das calorias mundiais e 37% da proteína total.

Altieri (2012) menciona que, apesar do grande aumento da produção, esse pacote tecnológico acarreta grandes custos ambientais e sociais indesejáveis. Os ambientes agrícolas

são destinados ao plantio de cerca de 12 tipos de grãos, 23 tipos de hortaliças e 35 tipos de frutos e nozes. Isto é, menos de 70 espécies agrícolas ocupam cerca de 1,44 bilhão de hectares de terras cultivadas no mundo. Em um hectare de floresta tropical é possível encontrar mais de 100 espécies de árvores diferentes, enquanto isso 30 culturas são responsáveis por 90% da ingestão de calorias no mundo inteiro.

Uma planta saudável necessita de oxigênio no solo para gerar energia indispensável para as suas reações químicas. Por exemplo, em solos compactados a disponibilidade de energia cai cerca de 10% em relação a solos permeáveis. (PRIMAVESI, 2016 b). Um estudo realizado na Universidade Estadual Paulista (Unesp) em 2003 demonstra os efeitos da compactação do solo no desenvolvimento de alguns cultivares de milho e conclui que o solo compactado causa impedimento físico que prejudica a distribuição radicular da planta. Isso influencia tanto o crescimento aéreo como o radicular, e, conseqüentemente, diminui a absorção de água e nutrientes por parte das plantas (FOLONI; CALONEGO; LIMA, 2003).

A quantidade de agroquímicos utilizada para o controle de pragas em monoculturas torna-as altamente dependentes dos mesmos. Nos últimos 50 anos o uso destas substâncias aumentou exponencialmente no mundo todo e chega a cerca de 2,56 milhões de toneladas por ano. Estima-se que os custos ambientais como impacto sobre a flora, fauna, polinizadores, água e o desenvolvimento de resistência aos agroquímicos, somados aos custos sociais como envenenamento e doenças desencadeadas por uso intenso de substâncias tóxicas resultam em cerca de US\$ 8 bilhões por ano (ALTIERI, 2012).

6.2 AGROFLORESTA E AGRICULTURA SINTRÓPICA

Para Altieri (2004), perante o cenário de declínio da qualidade de vida dos trabalhadores e dos impactos ambientais da agricultura moderna, o desenvolvimento sustentável surge como solução. A agroecologia fornece os princípios ecológicos básicos para o estudo e manejo de ecossistemas produtivos e preservadores de recursos naturais, de forma a serem culturalmente sensíveis, socialmente justos e economicamente viáveis. Além disso, considera, além da genética, agronomia e edafologia, as dimensões ecológicas, sociais e culturais, a fim de alcançar mínima dependência de insumos externos. As interações ecológicas e sinergias entre os componentes regulam a fertilidade do solo, a produtividade e a proteção das culturas; a produção sustentável provém do equilíbrio entre solo, vegetação, nutrientes, luz solar, umidade e organismos coexistentes.

Uma das principais propostas tecnológicas da Agroecologia é a Agrofloresta, conceituada por Pantera *et al.* (2021) como ‘um sistema de produção que integra componentes lenhosos com produção agrícola no estrato inferior, podendo incluir animais ou não’. As interações ecológicas entre os componentes são levadas em consideração durante todo o processo, o sistema é manejado de forma a aproveitar essas interações o máximo possível para alcançar produtividade e equilíbrio do sistema.

Em 1942 o matemático italiano Luigi Fantappiè descreveu que sintropia é a tendência complementar à entropia. A entropia, dissipadora energética, rege a mecânica e a física da natureza, e a sintropia rege o mundo biológico, se referindo à concentração energética. Uma das referências da Agricultura Sintrópica do Brasil é Ernst Götsch. Para Ernst, de um lado a entropia governa as transformações termodinâmicas que produzem energia a custo da complexidade, de outro lado a sintropia acumula e organiza a energia, aumentando sua diferenciação e complexidade, num ciclo fechado auto regulatório. Daí, que a **Agricultura Sintrópica** muda os sistemas alimentares baseando-se no equilíbrio do sistema, evita produtos químicos, utiliza tecnologias de baixo impacto ou impacto zero e baseia-se na sucessão ecológica florestal (ANDRADE; PASINI; SCARANO, 2020)

Ernst implantou grande agrofloresta no Brasil utilizando abordagem inovadora e interdisciplinar (ALMEIDA, 2016). Ele veio ao Brasil na década de 1980, mais especificamente à Bahia, onde adquiriu uma propriedade de 480 hectares severamente degradada pelo desmatamento, uso do fogo e esgotamento do solo. Através do manejo agroflorestal baseado na sucessão natural, posteriormente denominado agricultura sintrópica, o cientista recuperou a fertilidade do solo, corpos hídricos da região e a biodiversidade da fauna (Figura 6). A área se regenerou totalmente após quarenta anos de manejo e é altamente produtiva. O impacto ambiental foi tão intenso que modificou o clima e o regime de chuvas da floresta. (GREGIO, 2020)

Figura 6 – Fazenda de Ernst Götsch, onde mora com sua família desde 1984



Fonte: agendagotsch.com (Foto: Felipe Pasini, 2018)

Para Simeonova (2020) a agricultura sintrópica se diferencia pela integração das práticas de povos originários da floresta de consórcio entre espécies com técnicas modernas de regeneração florestal. A principal estratégia desse modelo agrícola é a incorporação de estratégias semelhantes ao funcionamento natural de ecossistemas. Eills (2021) desenvolveu sua tese propondo explicar o funcionamento da agricultura sintrópica. Ela apresenta cinco princípios que sustentam este modelo; a cobertura do solo, a maximização da fotossíntese, a estratificação florestal, a sucessão florestal e o manejo ativo do sistema.

Nesse modelo agrícola, é importante manter o solo coberto, incluindo os espaços entre as linhas, utilizando as chamadas culturas de cobertura. Franco *et al.* (2015) destaca que a cobertura do solo evita a compactação e diminui o escoamento superficial que pode levar a erosão e lixiviação de nutrientes. Além disso, ajuda a regular a temperatura no microclima florestal. A proteção do solo é feita com plantas vivas e matéria orgânica morta, que desenvolve a fertilidade do solo ao alimentar a fauna edáfica e promover sua atividade metabólica.

A maximização da fotossíntese é promovida pela escolha estratégica de espécies e alocação das plantas de forma a evitar a competição entre elas, observando os diferentes requisitos energéticos de cada planta. A estratificação se relaciona com esse fator; divide as plantas em categorias principais, ou estratos, definidos conforme a altura da planta e sua demanda por luz; emergente, alto, médio, baixo e cobertura do solo. Quanto mais alto o estrato,

mais luz a planta demanda e menor porção do seu espaço designado deve ocupar, conforme descrito no Quadro 1. (EILLS, 2021)

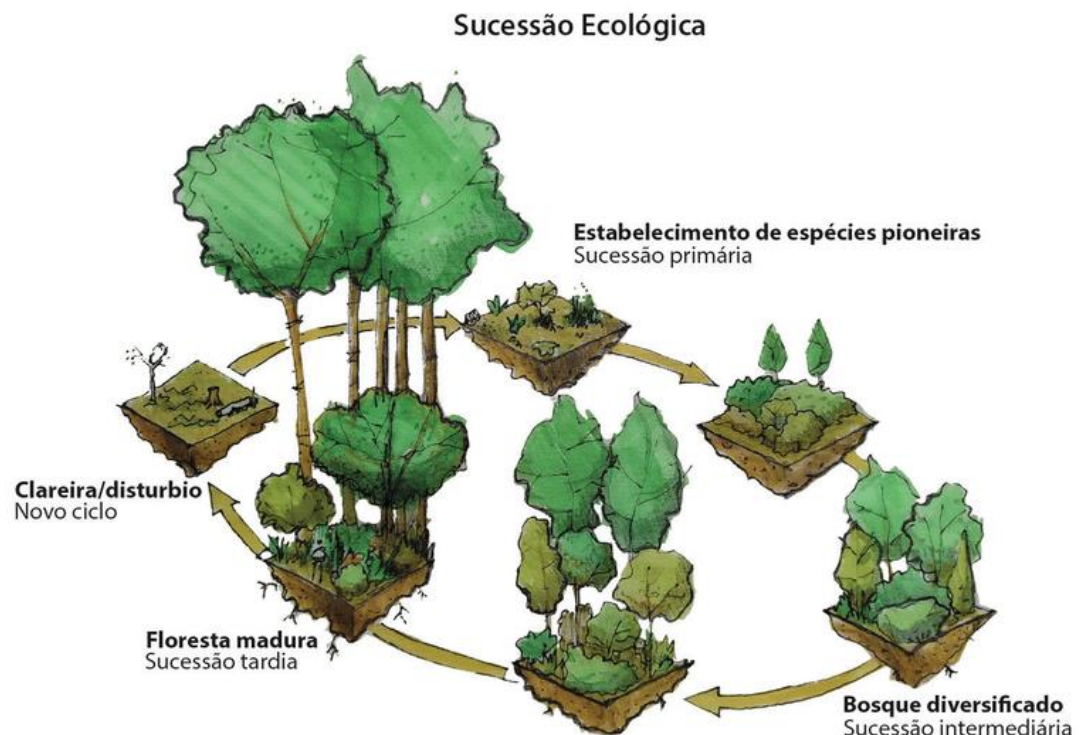
Quadro 1 – Demanda por luz solar e proporção de ocupação ideal do espaço disponível para os diferentes estratos da floresta

Estrato	Demanda por luz solar	Proporção de ocupação do espaço disponível
Emergente	Estrato que mais necessita de luz solar	20%
Alto	Necessita de bastante luz solar, menos do que as emergentes	40%
Médio	Necessita mais luz solar que os estratos baixo e cobertura do solo	60%
Baixo	Necessita de mais luz solar que a cobertura do solo	80%
Cobertura do solo	Estrato que menos necessita de luz solar	100%

Fonte: Eills, 2021

Para Almeida (2016) a sucessão natural (Figura 7) é o processo de desenvolvimento pelo qual a floresta passa, em que o ambiente se modifica pela interação de seus componentes, até que se atinja o clímax, o estágio de equilíbrio. O processo inicia com o crescimento de espécies pioneiras, que têm capacidade de adaptação a condições limitadas e melhoram a qualidade do sistema, possibilitando o surgimento das espécies secundárias através da melhoria do solo e regulação do microclima. As espécies secundárias demandam melhores condições de solo mas não precisam de tanta luz. A sucessão ocorre até que se atinja o clímax, quando o sistema apresenta diversidade de espécies vegetais e animais e maior resiliência a perturbações.

Figura 7 - Sucessão Natural da Floresta



Fonte: Guilhermina Marques - adaptação de Paul Kearsley, em *Practical Permaculture: for Home Landscapes, Your Community, and the Whole Earth* de Jessi Bloom e Dave Boehnlein

O quinto pilar apresentado por Eills (2021), o manejo ativo, é em grande parte o que diferencia a agricultura sintrópica de outras práticas de restauração, pois além de restaurar, este modelo de cultivo se propõe a gerar renda a partir da venda de produtos agrícolas e florestais. Para atingir esse objetivo, é necessário muito planejamento e estratégia. É essencial pensar no sistema ao longo prazo, isto é, como ele será em 20, 50 e 100 anos. É importante combinar espécies comerciais e posicioná-las temporalmente de forma a manter a colheita contínua, combinando espécies anuais e perenes, garantindo a renda do produtor durante todo ano.

Essa tecnologia propõe um modelo de cultivo rentável e produtivo que se autorregula e tende a melhorar sua eficiência com o passar do tempo. Esse tipo de empreendimento florestal conserva a biodiversidade, diminui o desmatamento, a desertificação e a poluição do solo e da água, além de não gerar resíduos com insumos químicos, pois o sistema combate pragas e doenças através da interação ecológica entre seus componentes. O Sistema Agroflorestal (SAF) ainda melhora a reserva de recursos hídricos, regula o microclima e protege contra a erosão hídrica e eólica, recuperando solos e áreas degradadas (Oliveira *et al.*, 2018)

O agroecossistema produtivo resulta do equilíbrio entre seus componentes, de forma que as plantas sejam resilientes para tolerar estresses e adversidades, quando o agroecossistema é adaptável e diversificado o suficiente para se recuperar. Em equilíbrio, o sistema estabelece complexas interações entre seus componentes, permitindo o aproveitamento de interações e sinergismos complementares, refletindo em conservação e proteção do solo por cobertura vegetal, constante produção e variedade de alimentos, conservação dos recursos hídricos e a intensificação do controle biológico de pragas e fornecimento de habitat para inimigos naturais. (ALTIERI, 2012).

A sintropia aplicada à agricultura representa sucessão natural e estratificação. A diversidade de espécies distribuídas ao longo do tempo e espaço facilita a sucessão natural e cria uma estratificação da floresta com diferentes camadas. As diferentes camadas de folhas dissipam o calor, umedecendo o solo e diminuindo a temperatura local, pois as folhas se organizam gradualmente, são densas nos estratos baixos e menos densas nos superiores (ANDRADE; PASINI; SCARANO, 2020).

Pantera *et al.* (2021 p. 1-6) afirmam que a adoção da metodologia agroflorestal é um meio eficaz e viável pelo qual o setor agroalimentar pode alcançar produtividade e rentabilidade ao mesmo tempo que resulta em serviços ecossistêmicos e benefícios sociais, combinando a produção agrícola e de outros produtos florestais à regeneração do solo e melhoria constante de sua fertilidade.

A sustentabilidade só é possível quando preservada a diversidade cultural que sustenta os agroecossistemas locais. O conhecimento do camponês sobre o ambiente, portanto, deve ser o campo de partida para estratégias produtivas. A agricultura tradicional mostra-se eficiente em tolerar riscos, produzir alimentos através de consórcios simbióticos entre cultivos, reciclar materiais, utilizar recursos e germoplasmas locais e possuir competência para explorar todas as possibilidades de um microambiente. O desenvolvimento sustentável só é possível onde exista o uso racional dos recursos naturais e a harmonia entre o ser humano, o ambiente e o agroecossistema. Para isso, é indispensável o planejamento prévio e escolha estratégica dos consórcios e combinações de acordo com o ambiente onde será implementado, além de manter o manejo adequado contínuo. (ALTIERI, 2004).

O funcionamento da agrofloresta assemelha-se ao funcionamento de uma floresta nativa, com manejo que acelera os processos naturais e potencializa a produtividade. O cultivo tende a ter um ciclo fechado, dispensando agrotóxicos e fertilizantes químicos, pois possui espécies que adubam naturalmente e inimigos naturais de insetos e pragas, resultantes do equilíbrio do ecossistema. Para tanto, maneja-se a floresta de forma a facilitar a sucessão natural

e a estratificação da vegetação com podas constantes, potencializando a fotossíntese e a produção de biomassa. A erosão do solo cessa e ele recupera-se gradativamente, aumentando o sequestro de carbono pela vegetação e diminuindo a demanda por irrigação. A biodiversidade da microfauna do solo torna-o mais fértil e disponibiliza nutrientes às espécies vegetais de interesse (ANDRADE; PASINI; SCARANO, 2020).

A desertificação e salinização, segundo Primavesi (2016 a) não podem ser combatidos quimicamente ou mecanicamente, mas sim de forma biológica e ecológica. Não é eficaz adicionar somente nutrientes minerais ao solo, como Nitrogênio, Potássio e Fósforo (NPK). É necessário alimentar a vida no solo, com a adição de esterco, por exemplo, que mobiliza nutrientes, agrega as partículas sólidas do solo e disponibiliza macroporosidade benéfica à absorção de água e nutrientes para os cultivos. A matéria orgânica tem a função de alimentar a microfauna no solo, não o enriquecer diretamente.

Oliveira *et al.* (2018) afirmam que na metodologia agroflorestal, quando em equilíbrio, o sistema é autorregulável e autossustentável. Ele funciona baseando-se nas interações ecológicas entre os componentes; a agrofloresta torna-se habitat de insetos e pequenas aves que, por exemplo, fazem polinização e dispersão de sementes. Quando em equilíbrio, o controle de pragas ocorre naturalmente. Primavesi (2016 a) enfatiza que as pestes e pragas são consequência do desequilíbrio do agroecossistema e prejudicam a cultura em duas situações: quando favorecido por técnicas agrícolas, multiplicando-se descontroladamente por falta de inimigos naturais convivendo no ambiente; e quando a planta é vulnerável ao ataque destes patógenos devido a erosão genética.

Os métodos de combate a pragas e doenças da agricultura moderna são sintomáticos, onde produtos químicos resolvem os problemas pontualmente. Primavesi (2016 b) propõe uma abordagem preventiva e que busca o equilíbrio do sistema. Num agroecossistema em equilíbrio, as pragas e doenças se auto regulam por meio dos inimigos naturais, resistência das espécies através do suprimento dos macro e micronutrientes essenciais às plantas e maior permeabilidade do solo para fortalecimento do sistema radicular das plantas, viabilizando maior disponibilidade de nutrientes.

Para a autora, quando o agroecossistema ainda não atingiu o equilíbrio, pode-se utilizar de uma série de técnicas ecológicas como:

1. armadilhas;
2. barreira vegetal de outra espécie do cultivo;
3. inserção de inimigos naturais no sistema;
4. plantio alternado de variedades da mesma espécie mais resistentes, juntamente com espécies mais suscetíveis;
5. praguicidas naturais (rotenona, nicotina, piretróides, quássia);
6. Entre outros diversos métodos para consultar de acordo com o ecótipo da planta.

Oliveira *et al.* (2018, p. 5) relatam o uso de matéria orgânica oriunda de poda e dejetos animais para adubação do sistema, dispensando o uso de agroquímicos, economizando não somente os recursos financeiros do agricultor quanto os recursos ambientais. Dessa forma, os sistema tem potencial de se autorregular e manter a diversidade de espécies e animais, prevenindo a superpopulação de insetos e a disseminação de doenças através das interações ecológicas entre as espécies.

7 DISCUSSÃO: A AGRICULTURA SINTRÓPICA COMO POSSIBILIDADE MITIGADORA DOS IMPACTOS DA EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

A função dos ecossistemas e o papel da vegetação na regulação do clima podem ser abordados em termos de energia solar e fluxos de água; uma vez que a água tem alta capacidade de transportar energia na forma de calor latente, a maior parte da energia é dissipada pelo processo de evaporação e condensação, resultando em resfriamento da temperatura e aumento da umidade do ar. A vegetação é essencial para regulação do clima e do ciclo hidrológico (CUDLIN *et. al*, 2013, p. 530).

Para Paustian (2014) o papel da gestão da terra e da agricultura para mitigação e adaptação à emergência climática é pouco explorado. Uma das soluções mitigadoras que pode ser aplicada na agricultura é o sequestro de carbono, através da permanência de espécies no sistema por mais tempo. Isso pode ser feito utilizando-se de espécies lenhosas de ciclo longo. Percebe-se, portanto, que o sistema não realiza o sequestro de carbono se seus componentes forem muito efêmeros, como ocorre na maioria dos agroecossistemas da atual cadeia alimentícia, sendo um serviço ecossistêmico inerente ao consórcio das cultivares com árvores de ciclo longo.

Cudlin et al (2013) e Azevedo (2012) convergem a respeito dos serviços ecossistêmicos das florestas; regulam o clima local e global, capturam poluentes do ar, água e solo, melhoram a retenção de água pelo e sua qualidade, facilitam e possibilitam a polinização, diminuem a ocorrência de perturbações, além de serem habitats para diversos organismos. As florestas influenciam o clima através de inúmeros processos que afetam o fluxo de energia do planeta, o ciclo hidrológico e a composição da atmosfera; a vegetação atua no balanço entre o sequestro de dióxido de carbono (CO₂) e sua liberação, o que influencia em boa parte da regulação da composição da atmosfera e do clima. O processo de fotossíntese realizado pelas espécies vegetais resulta no sequestro de carbono e sua fixação na biomassa lenhosa destas espécies, retendo boa parte do CO₂, principal gás de efeito estufa. Parte dessa substância fixa-se também no solo na forma de matéria orgânica. Quanto à questão do efeito estufa, a cobertura vegetal atenua o aquecimento global pelo sequestro de carbono .

Paustian (2014) realizou estudo para verificar que práticas de manejo que podem aumentar o armazenamento de carbono e promover retirada de dióxido de carbono da atmosfera. O autor concluiu que a conversão para gramíneas e leguminosas perenes resulta em maior estoque de carbono e contribui para redução de perdas de carbono. O aumento da produtividade e da retenção de resíduos apresenta-se como prática que resulta, também, num

maior estoque de carbono. O mesmo ocorre para a adição de estrume e composto, adição de biocarvão e melhor gestão de pastagens. O plantio direto e o restabelecimento de solos orgânicos são práticas que promovem redução de emissões de carbono.

Percebe-se, portanto, que as práticas apresentadas são aplicáveis na agricultura sintrópica viabilizando, assim, esta forma de cultivo agrícola como alternativa ao modelo atual, salientando seu serviço ecossistêmico eficaz de sequestro de carbono, diminuindo as taxas de CO₂ na atmosfera. Cherubin *et al.* (2018) concluíram em seus estudos que a introdução de sistemas agroflorestais em áreas de pastagem atenuou a degradação do solo proveniente do seu manejo inadequado. A qualidade do solo melhorou conforme o sistema tornou-se mais velho e diversificado; o oposto do que observamos no cenário atual, em que quanto mais velho o agroecossistema é, menos fértil e mais dependente de insumos químicos ele se torna, até que se alcance a degradação total da fertilidade do solo e, muitas vezes, desertificação da área. Ao longo do tempo, o solo da agrofloresta tende a assemelhar-se ao solo florestal, quanto mais o sistema se aproxima do equilíbrio e passa a ter o funcionamento semelhante a uma floresta natural.

Segundo Oliveira *et al.* (2018) a agrofloresta realiza eficientemente sua ciclagem de nutrientes, permitindo que o sistema se autorregule e se auto sustente. Para Tully e Ryals (2017) realizaram pesquisa em busca de práticas agrícolas para a ciclagem eficiente de nutrientes dentro de um agroecossistema através da análise de cenários ideais; lixiviação, escoamento e erosão reduzidos, melhoria do estoque de carbono no solo, aumento da biomassa microbiana, baixas emissões de GEEs, melhor retenção de água e rentabilidade. Os dados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Como as práticas agrícolas afetam os indicadores de ciclagem eficiente de nutrientes, onde B= baixa influência M= média influência A= alta influência

	Consórcio	Agrofloresta	Plantas de cobertura	Complementação Orgânica	Integração Lavoura-Pecuária	<i>Conservation Tillage</i>
Redução de escoamento e erosão	A	A	A	A	B	A
Redução da lixiviação	B	A	A	B	B	B
Melhoria de estoque de carbono no solo	B	A	A	M	M	M
Melhoria da biomassa microbiana	A	A	A	B	B	M
Baixa emissão de GEEs	B	M	A	M	B	B
Melhor retenção de água	B	A	B	A	B	A
Rentabilidade	A	M	A	A	B	A

Fonte: Tully e Ryals (2017, p. 51)

Como é possível visualizar no Quadro 2, a agrofloresta e o plantio de cobertura para o solo mostram-se como melhores alternativas para o alcance da ciclagem eficiente de nutrientes. O plantio de cobertura é uma técnica geralmente contemplada na implementação e manejo de agroflorestas, pode-se concluir que a agrofloresta apresenta melhor custo-benefício, sendo também a única prática dentre as analisadas que evita a lixiviação de nutrientes de forma constante e evita a erosão e escoamento com maior eficácia que as demais (TULLY e RYALS, 2017).

Jose *et al.* (2009) buscando fortalecer e reunir as evidências científicas dos serviços ecossistêmicos realizados pela agrofloresta afirmam existir sólida base científica para afirmar a veracidade dos benefícios deste conjunto de práticas. Esses benefícios são principalmente o alívio à pobreza através da garantia de segurança alimentar tanto para os trabalhadores quanto para os consumidores, fomento de uma economia de ciclo curto, geração de empregos pela maior demanda de mão de obra humana e incentivo ao cooperativismo. Além disso, funcionam como estratégias comprovadas de sequestro de carbono, enriquecimento do solo, conservação da biodiversidade e melhoria do ar, água e solo conforme a agrofloresta fica mais antiga.

As florestas trocam vários gases entre si e a atmosfera; os gases podem ser liberados pelas plantas para o ar ou serem absorvidos pelas plantas do ar. Esses processos são partes essenciais da ciclagem biogeoquímica e interagem diretamente com a biosfera e a atmosfera, influenciando o clima, o ambiente e o tempo. A composição química da atmosfera desenvolveu-se juntamente com o surgimento de espécies vegetais que realizam fotossíntese, dessa forma, a liberação e absorção de diferentes gases também afetam a composição da atmosfera em curto prazo. As emissões de compostos orgânicos voláteis biogênicos, por exemplo, desempenham papel importante, especialmente na formação de O₃ (ozônio) na troposfera (CIESLIK *et al.*, 2013).

Os microclimas florestais contrastam muito com o clima fora das florestas. O impacto dos microclimas na resposta dos ecossistemas à emergência climática é amplo; os microclimas variam de acordo com o bioma, balanço hídrico do local, topografia e composição da paisagem. Constata-se que o aquecimento macroclimático pode afetar os microclimas, assim como estes podem afetar e alterar a atmosfera, por meio de interações ecológicas entre os componentes do ecossistema. Se manejado com práticas de agricultura sintrópica, os sistemas têm potencial de melhorar bastante a umidade destes sistemas e substituir sistemas que alteram a atmosfera negativamente (FRENNE *et al.*, 2021).

Em comparação ao modelo agrícola convencional, as práticas da agricultura sintrópica mostram-se compatíveis com uma cadeia alimentar viável e de baixo impacto ambiental. Conforme Marques (2020), o cultivo agroflorestal se encaixa como alternativa à agricultura predatória. Por outro lado, Abdo *et al.* (2008) elencaram as potenciais limitações técnicas para a implementação de SAFs: pouca informação sobre as interações ecológicas e biofísicas entre os componentes do sistema, alta demanda por pesquisa e estudo sobre arranjos, combinações de espécies e manejo do SAF, alto custo de pesquisas de alto e médio prazo, precariedade do serviço de extensão rural e poucos recursos genéticos em cultivares consequente do inteso melhoramento genético.

Para viabilizar a transição, seria necessário o fomento de uma economia circular, conforme alerta Marques (2020) e diminuição do consumo desenfreado para que a ecoeficiência do sistema supere o custo ambiental dos produtos. O sistema deve ser biodiverso e utilizar variedade de matérias primas, não retirando seu insumo de apenas uma única fonte. Além disso, é necessário fomento de pesquisa e tecnologia na área para mapeamento das interações biofísicas entre os componentes do sistema em diferentes biomas e em diferentes combinações e consórcios. Também é essencial a participação da extensão rural para planejamento,

orientação e acompanhamento dos agricultores, o que acarreta também a demanda por profissionais habilitados a conduzirem tais projetos. (ABDO *et al.*)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como verificado anteriormente, a produção de alimentos é o segundo maior emissor de gases de efeito estufa (GEE), estando atrás apenas dos combustíveis fósseis, representando a maior porção de emissões do setor que já possui soluções a longo prazo, considerando que ainda não existem estudos que indiquem solução sólida e viável para o problema dos combustíveis fósseis. A agricultura sintrópica é apresentada como solução; alternativa que causa menor ou nenhum impacto ambiental ao mesmo tempo em que é agente mitigador dos impactos das mudanças climáticas. A agricultura sintrópica pode ser compreendida como conjunto de técnicas que utiliza das interações ecológicas entre os componentes de um agroecossistema para maximizar a produção agrícola e a ciclagem eficiente de nutrientes. Pelas referências estudadas torna-se no longo prazo, um ecossistema auto sustentável que se auto regula, dispensando insumos externos e demandando manejo cada vez mais simples.

No cenário de devastação ambiental que vive o mundo atualmente, com a abordagem fabril do agroecossistema, pouco diverso e altamente dependente de insumos externos, o sistema perde sua fertilidade conforme o tempo avança, até o solo atingir seu limite e tornar-se improdutivo. O modelo agrícola que usamos hoje só se sustenta com a predação desenfreada de terras agricultáveis; uma vez que o cultivo destrói a fertilidade do solo, todo monocultivo chega a um estágio em que o local é inevitavelmente abandonado quando se degrada a ponto de ficar infértil.

Quando em um sistema agroflorestal sintrópico, por outro lado, quanto mais velho o agroecossistema for, mais assemelha-se a uma floresta natural; com o tempo o sistema atinge o equilíbrio e é capaz de se auto regular e se auto sustentar, dispensando insumos externos. Quanto mais avança no tempo, maior é a fertilidade do solo e a eficiência de ciclagem de nutrientes do sistema. Consta-se a capacidade, no longo prazo, que a agricultura sintrópica pode mitigar os impactos da emergência climática através de seus serviços ecossistêmicos.

Estes serviços se concentra principalmente no sequestro de carbono da atmosfera, diminuindo o teor de dióxido de carbono, a regulação do clima, recuperação de áreas degradadas e da fertilidade do solo, maior capacidade de retenção de água pelo sistema. A elevada biodiversidade do agroecossistema garante o habitat de muitos insetos e pássaros e, logo, a polinização e dispersão de sementes.

Para que estes resultados sejam possíveis em escala suficiente para mitigar a emergência climática, é preciso mudanças importantes na cadeia produtiva aplicadas em escala global: as nações precisam estar alinhadas com o objetivo comum de frear a emergência climática, aplicando as práticas de forma homogênea e rápida, subtraindo-se do consumo desenfreado e da constante expansão da industrialização.

É imprescindível que o modelo de agroecossistema de ciclo fechado e curto seja mundialmente adotado, através de legislação e fiscalização, com rapidez e homogeneidade, em prol do objetivo coletivo em comum a todas as nações; a restauração e preservação do planeta. Os processos biológicos não respeitam fronteiras políticas e a Terra é um grande ecossistema onde os componentes interagem; ações feitas em um local do globo pode inferir impacto (positivo ou negativo) em outra nação distante geograficamente. Por esse motivo, sem ação conjunta e colaborativa a nível mundial, é praticamente impossível alcançar rentabilidade financeira sem impactos ambientais graves.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, Fernando Antônio; SAMPAIO, Antônio Carlos Freire. **Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular**. Entorno Geográfico, Uberlândia, v. 1, n. 15, p. 82, 13 jul. 2018. Universidad del Valle. Disponível em: <<https://doi.org/10.25100/eg.v0i15.6712>>. Acesso em: 17 ago. 2022.
- ABDO, Maria Teresa Vilela Nogueira; VALERI, Sérgio Valiengo; MARTINS, Antônio Lúcio Mello. **Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante**. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 50-59, dez. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Maria-Teresa-Abdo-2/publication/261706306_SISTEMAS_AGROFLORESTAIS_E_AGRICULTURA_FAMILIAR_UMA_PARCERIA_INTERESSANTE/links/00b7d535175fa47cd3000000/SISTEMAS-AGROFLORESTAIS-E-AGRICULTURA-FAMILIAR-UMA-PARCERIA-INTERESSANTE.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- ALMEIDA, Danilo Sette de. **Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação**. In: ALMEIDA, Danilo Sette de. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. 3. ed. Ilhéus: Scielo Books, 2016. Cap. 6. p. 48-75. Disponível em: <<https://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-06.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5. ed. Porto Alegre: Editora Ufrgs, 2004. 120 p.
- _____. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 400 p.
- ANDRADE, Dayana; PASINI, Felipe; SCARANO, Fabio Rubio. **Syntropy and innovation in agriculture**. Current Opinion In Environmental Sustainability, Rio de Janeiro, v. 45, n. 40, p. 20-24, 6 set. 2020.
- ASSEMBLEIA GERAL DA ONU. **Resolução 73/284**. Institui 2021-2030 como a década para restauração global do ecossistema, 2019. Disponível em: <<https://undocs.org/A/RES/73/284>>. Acesso em: 28 dez. 2021.
- BARRETO, Luciano Vieira; BARROS, Flávia Mariani; BONOMO, Paulo; ROCHA, Felizardo Adenilson; AMORIM, Jhones da Silva. **Eutrofização Em Rios Brasileiros**. Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, jul. 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.. **Código Florestal Brasileiro**. Brasil, Disponível

em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 17 mar. 2022.

CHERUBIN, Maurício Roberto, CHAVARRO-BERMEJO, Juan Pablo; SILVA-OLAYA, Adriana Marcela. **Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon**. *Agroforestry Systems*, [S.L.], v. 93, n. 5, p. 1741-1753, 4 ago. 2018. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10457-018-0282-y>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

CIESLIK, Stan; TUOVINEN, Juha-Pekka; BAUMGARTEN, Manuela; MATYSSEK, Rainer; BRITO, Patricia; WIESER, Gerhard. **Gaseous Exchange Between Forests and the Atmosphere**. *Developments In Environmental Science*, Oxford, v. 13, p. 19-36, 2013. Disponível em: <10.1016/B978-0-08-098349-3.00002-5>. Acesso em 12 jul. 2022.

CUDLÍN, Pavel; SEJÁK, Josef; POKORNÝ, Jan; ALBRECHTOVÁ, Jana; BASTIAN, Olaf; MAREK, Michal. **Forest Ecosystem Services Under Climate Change and Air Pollution**. *Developments In Environmental Science*, Oxford, v. 13, p. 521-546, jan. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098349-3.00024-4>>. Acesso em 26 mai. 2022

CROPTRUST. **History**. Alemanha, 2022. Disponível em: <<https://www.croptrust.org/about-us/our-history>>. Acesso em: 22 jun. 2022.

DOWBOR, L. **A era do capital improdutivo: por que oito famílias tem mais riqueza do que a metade da população do mundo?** São Paulo : Autonomia Literária, 2017. Disponível em: <https://dowbor.org/wp-content/uploads/2018/11/Dowbor_-_A-ERA-DO-CAPITAL-IMPRODUTIVO.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2021.

EILLS, Ajah. **A Year in Syntropy: Exploring Syntropic Agriculture**. 2021. 107 f. Tese (Doutorado) - Sustainability Commons, Biologia, College Of The Holy Cross, Worcester, 2021. Disponível em: <<https://crossworks.holycross.edu/honors/23/>>. Acesso em: 16 ago. 2022.

EMBRAPA. **Áreas dedicadas à preservação da vegetação nativa pelo mundo rural no Brasil em 2021**. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/car-2021/introducao>>. Acesso em: 17 ago. 2022.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Global Greenhouse Gas Emissions Data**. 2022. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>>. Acesso em: 14 jun. 2022.

FOLONI, José Salvador Simoneti; CALONEGO, Juliano Carlos; LIMA, Sérgio Lázaro de. **Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho**. *Pesquisa Agropecuária*, Brasília, v. 38, n. 8, p. 947-953, ago. 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/mNDHjCY9VsRp9b6bfVpyCGk/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

FRANCO, Fernando Silveira; TONELLO, Kelly Cristina; SILVA, Felipe Nogueira. **Sistemas Agroflorestais**. Sorocaba: Edição do Autor, 2015. 32 p. Disponível em:

<https://smastr16.blob.core.windows.net/sare/2019/04/carsaf_adaptada2.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2022.

FRENNE, Pieter de; LENOIR, Jonathan; LUOTO, Miska; SCHEFFERS, Brett R.; ZELLWEGER, Florian; AALTO, Juha; ASHCROFT, Michael B.; CHRISTIANSEN, Ditte M.; DECOCQ, Guillaume; PAUW, Karen de. **Forest microclimates and climate change: importance, drivers and future research agenda**. *Global Change Biology*, [S.L.], v. 27, n. 11, p. 2279-2297, 16 mar. 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15569>>. Acesso em: 6 jun. 2022.

GRAU, H. Ricardo; GASPARRI, N. Ignacio; AIDE, And T. Mitchell. **Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina**. *Environmental Conservation*, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 140-148, fev. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0376892905002092>>. Acesso em: 8 jul. 2022.

GREGIO, Josué Vicente. **Da degradação à floresta: a agricultura sintrópica de Ernst Götsch e sua aplicação nas fazendas Olhos d'água e Santa Teresinha, Piraí do Norte/BA**. *Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política*, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 106, 18 dez. 2020. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Disponível em: <<https://doi.org/10.48075/amb.v2i2.26585>> Acesso em: 17 ago. 2022

GUIMARÃES, Lorena Abdalla de Oliveira Prata; MENDONÇA, Guilherme Carneiro de. **Conceitos e princípios práticos da agrofloresta sucessional biodiversa (agricultura sintrópica)**. In: SILVA, Carlos Antônio Pelúzio (org.). *Semana agronômica do CCAE-UFES: plantando hoje as riquezas do futuro*. Vitória: Caufes, 2018. Cap. 7. p. 108-123. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3408/1/29seagro-prata.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2022.

IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (org.). **CO₂ equivalente (CO_{2e})**. 2015. Disponível em: <<https://ipam.org.br/glossario/co2-equivalente-co2e/>>. Acesso em: 17 ago. 2022.

JOSE, Shibu. **Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview**. *Agroforestry Systems*, v. 76, n. 1, p. 1-10, 7 abr. 2009. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>>. Acesso em: 12 maio 2022.

LAL, R.. **Beyond COP 21: potential and challenges of the**. *Journal Of Soil And Water Conservation*, v. 71, n. 1, p. 20-25, 1 jan. 2016. Soil and Water Conservation Society. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2489/jswc.71.1.20a>>. Acesso em: 1 ago. 2022.

LANDHOLM, David M.. **Cross-scale drivers of greenhouse gas emissions and local solutions for climate change mitigations**. 2021. 248 f. Dissertação (Mestrado) - Faculty Of Life Sciences, Humboldt University Of Berlim, Berlim, 2021.

MARQUES, L. **Capitalism and environmental collapse**. Tradução Rebecca de Faria. Campinas SP: Springer, Fapesp, editora da Unicamp, 2020. Disponível em: <<https://unicamp.academia.edu/LuizMarques>>. Acesso em 15 maio 2022.

OLIVEIRA, Larissa; BARROS, Ana Beatriz; TEIXEIRA, Alisson Luiz; CAMPANERUTI, Glaucilaine; ALVES, Viviane Pereira. **Agrofloresta E Seus Benefícios Salientando As Vantagens Ambientais**. IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, São Bernardo do Campo, SP, v. 4, p. 1-8, nov. 2018.

ORGANIZAÇÕES UNIDAS. ARIAS, P. A; BELLOUIN, Nicolas; COPPOLA, Erika; JONES, Richard G.; KRINNER, Gerhard; MAROTZKE, Jochem; NAIK, Vaishali. PALMER, Matthew D.; PLATTNER; Gran-Kasper; ROGELJ, Joeri; ROJAS, Maisa; SILLMANN, Jana; STORELVMO, Trude; THORNE, Peter W.; TREWIN, Blair.. **Intergovernmental Panel On Climate Change**. Sixth Assessment Report: technical summary. 6. ed. Internet, 2021. 150 p. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf. Acesso em: 12 jan. 2022.

_____. **DECADE ON RESTORATION. SOBRE A DÉCADA DA ONU**. 2021. Disponível em: <https://www.decadeonrestoration.org/pt-br/sobre-decada-da-onu>. Acesso em: 12 jan. 2022.

PANTERA, A.; MOSQUERA-LOSADA, M. R.; HERZOG, F.; HERDER, M. Den. **Agroforestry and the environment**. Agroforestry Systems, [S.L.], v. 95, n. 5, p. 767-774, jun. 2021. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-021-00640-8>. Acesso em: 19 jul. 2022.

PAUSTIAN, K.. **Soil: carbon sequestration in agricultural systems**. Encyclopedia Of Agriculture And Food Systems, p. 140-152, 2014. Elsevier. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-444-52512-3.00093-0>. Acesso em: 19 jul. 2022.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016 a. 143 p.

_____. **Manual do Solo Vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2016 b. 205 p.

RITCHIE, Hanna, ROSER, Max. **Environmental Impacts of Food Production**. 2020. Our World In Data. Disponível em: <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>. Acesso em: 12 maio 2022.

_____. **Forests and Deforestation**. 2021. Our World In Data. Disponível em: <https://ourworldindata.org/drivers-of-deforestation>. Acesso em: 18 ago. 2022.

_____. **Land Use**. Our World In Data. 2013. Disponível em: <https://ourworldindata.org/land-use>. Acesso em: 12 maio 2022.

SEDDON, Nathalie; SMITH, Alison; SMITH, Pete; KEY, Isabel; CHAUSSON, Alexandre; GIRARDIN, Cécile; HOUSE, Jo; SRIVASTAVA, Shilpi; TURNER, Beth. **Getting the message right on nature-based solutions to climate change**. Global Change Biology, [S.L.], v. 27, n. 8, p. 1518-1546, fev. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15513>. Acesso em 19 jul. 2022.

SIMEONOVA, Veronika. **Syntropic Agriculture: Education Towards Food Sustainability and Sovereignty: a case study of critical food systems education in Brazil**. 2020. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Sustainable Development, Utrecht University, Utreque, Países Baixos, 2020. Disponível em:

<<https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/39238?show=full>>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SMITH, Pete; BEAUMONT, Linda; BERNACCHI, Carl J.; BYRNE, Maria; CHEUNG, William; CONANT, Richard T.; COTRUFO, Francesca; FENG, Xiaojuan; JANSSENS, Ivan; JONES, Hefin. **Essential outcomes for COP26**. *Global Change Biology*, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 1-3, 25 out. 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15926>>. Acesso em 16 jul. 2022.

STANGE, Madlen; BARRETT, Rowan D. H.; HENDRY, Andrew P.. **The importance of genomic variation for biodiversity, ecosystems and people**. *Nature Reviews Genetics*, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 89-105, 16 out. 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41576-020-00288-7>>. Acesso em 29 maio 2022.

TULLY, Kate; RYALS, Rebecca. Nutrient cycling in agroecosystems: balancing food and environmental objectives. **Agroecology And Sustainable Food Systems**, [S.L.], v. 41, n. 7, p. 761-798, 5 jun. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2017.1336149>>. Acesso em 18 jul. 2022.

ZHU, Youyong; CHEN, Hairu; FAN, Jinghua; WANG, Yunyue; LI, Yan; CHEN, Jianbing; FAN, JinXiang; YANG, Shisheng Yang; HU, Lingping; LEUNG, Hei; MEW, Tom W.; TENG, Paul S.; WANG, Zonghua; MUNDT, Christopher C. **Genetic diversity and disease control in rice**. *Nature*, v. 406, n. 6797, p. 718-722, ago. 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/35021046>>. Acesso em 12 maio 2022.