



CAPÍTULO 2

Biodiversidade e Mudanças Ambientais Globais

Ana Maria Bertolini
Samantha Marques Vasconcelos Bonfim
Adriana Fiorussi Higino



Agora que você já leu e refletiu sobre os assuntos abordados acerca da relação entre biodiversidade, os sistemas alimentares e a alimentação, neste capítulo propomos uma visão global e sistêmica sobre as mudanças ambientais em curso, representadas pela emergência climática e pela perda de biodiversidade, apontando seus impactos, consequências e interações frente à crise de insegurança alimentar, sobre os polinizadores e sua relação com o surgimento de novas pandemias.

1. CRISES E MUDANÇAS AMBIENTAIS GLOBAIS

1.1. ANTROPOCENO

O termo **antropoceno**, proposto por Crutzen e Stoermer (2000) no início do século, tem sido utilizado para simbolizar uma nova era geológica, na qual a influência humana é reconhecida como o principal agente global de transformações (CRUTZEN; STOERMER 2000; ARTAXO, 2020). Essa nova era teria se iniciado com a Revolução Industrial e se intensificado após a Segunda Guerra Mundial. As modificações humanas características desse período estão relacionadas à aceleração do crescimento populacional, à urbanização, à exploração dos recursos naturais e ao desenvolvimento de tecnologias capazes de alterar características naturais de maneira decisiva - como combustíveis fósseis e bombas nucleares. Ressalta-se, novamente, o papel dos sistemas alimentares atuais, apontados como uma das principais causas de alterações ambientais, mudanças climáticas e perda de biodiversidade (SWINBURN et al., 2019; WILLET et al., 2019).

1.2. LIMITES PLANETÁRIOS

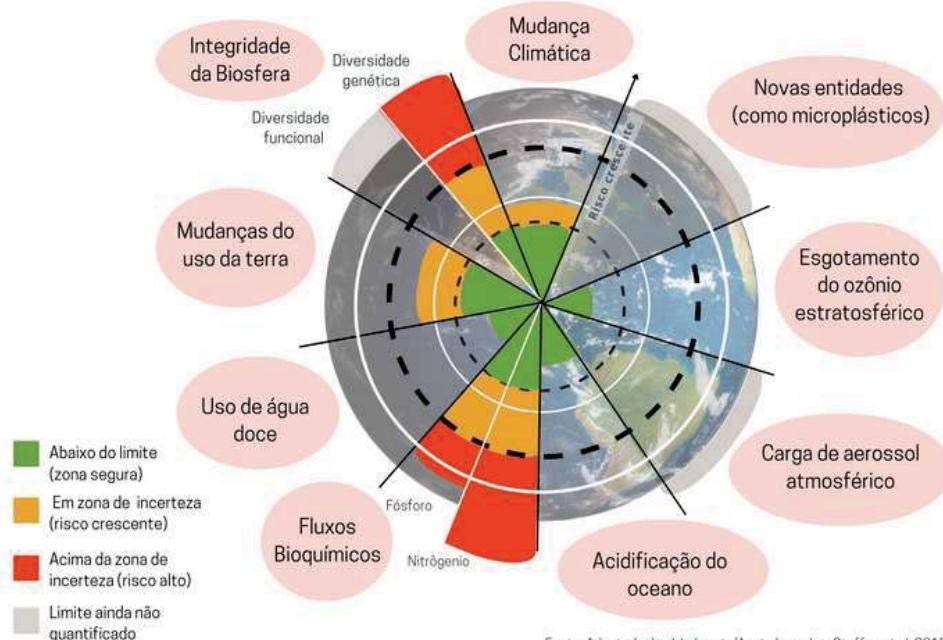
As alterações provocadas pela ação antrópica afetam diversos subsistemas terrestres que garantem o equilíbrio do planeta e são indispensáveis à manutenção das condições adequadas para sobrevivência na Terra. Neste contexto, pensando nos limites seguros para o funcionamento desses subsistemas, foram delimitados os chamados "limites ou fronteiras planetárias".

O conceito de **limite planetário** representa os limites seguros de processos e sistemas fundamentais para regulação e manutenção da estabilidade do planeta, tendo em vista a resiliência do sistema terrestre, ou seja, a capacidade do planeta de



retornar ao seu estado natural após perturbação (ROCKSTROM et al., 2009; STEFFEN et al., 2015). Os limites planetários seguros foram divididos em nove eixos, representados na figura abaixo (Figura 1), incluindo: (i) mudanças climáticas; (ii) integridade da biosfera, (iii) mudanças de uso do solo; (iv) ciclos biogeoquímicos de nitrogênio e fósforo, (v) acidificação dos oceanos; (vi) uso de recursos hídricos; (vii) esgotamento do ozônio estratosférico; (viii) carga de partículas de aerossóis na atmosfera; (ix) incorporação de novas entidades (microplásticos). Dois dos limites planetários – mudança climática e integridade da biosfera – são reconhecidos como limites planetários “centrais” com base em sua importância fundamental para o sistema terrestre.

Figura 1. Limites planetários seguros.



Variáveis de controle para os limites planetários (representadas em verde, amarelo, vermelho e cinza na imagem): A zona verde é o espaço operacional seguro, a amarela representa a zona de incerteza (risco crescente) e a vermelha é uma zona de alto risco. A própria fronteira planetária encontra-se na intersecção das zonas verde e amarela. Os processos para os quais os limites de nível global ainda não podem ser quantificados são representados por cunhas cinzas; estes são o carregamento de aerossóis atmosféricos, novas entidades e o papel funcional da integridade da biosfera.



A perda de biodiversidade prejudica a provisão dos serviços ecossistêmicos, impactando direta e indiretamente o bem-estar humano e representa um dos 4 limites planetários já transpostos pela atividade humana, ao lado das mudanças climáticas, dos fluxos bioquímicos (que englobam principalmente os ciclos do fósforo e nitrogênio), e mudanças de uso do solo [(que consiste na transformação de áreas naturais como florestas, pântanos, pastagens e outros tipos de vegetação em terras para desenvolvimento de atividades como agricultura e pecuária - (STEFFEN et al., 2015; BPBES, 2016)].

Limites planetários para produção de alimentos

A insustentabilidade dos modos atuais de produção de alimentos (incluindo a produção de monocultura, criação intensiva de animais e uso de agrotóxicos) tem severos impactos ao meio ambiente e à saúde, sendo necessária uma mudança urgente de sua conformação. Neste sentido, uma equipe de pesquisadores, ao tratar sobre a alimentação no antropoceno, delineou um framework de dietas saudáveis baseadas em sistemas alimentares sustentáveis. O embasamento para essa proposição foram justamente os limites planetários seguros (WILLETT et al., 2019).

Os limites para produção de alimentos foram identificados como sendo um espaço operacional seguro dentro do qual os sistemas alimentares devem funcionar para assegurar, ao mesmo tempo, a sustentabilidade ambiental e a saúde humana. Os limites e suas respectivas variáveis de controle foram: (i) mudanças climáticas - emissão de gases do efeito estufa; (ii) ciclo do nitrogênio - aplicação de nitrogênio; (iii) ciclo do fósforo - aplicação de fósforo; (iv) utilização de recursos hídricos - utilização de água potável; (v) perda de biodiversidade - taxa de extinção e (vi) mudança do sistema terrestre - terra utilizada para cultivo (WILLETT et al., 2019).

Compreender a amplitude do impacto humano sobre o meio ambiente durante o antropoceno, e como isso está relacionado a transposição dos limites planetários essenciais à nossa sobrevivência é crucial para entender a ocorrência de diversas pandemias e emergências que vivemos hoje. A crise da insegurança alimentar, tratada no capítulo 1, se soma a outros dois importantes desafios, que são foco deste capítulo e que serão tratados a seguir: a **perda de biodiversidade** e a **emergência climática**.



Do ponto de vista da saúde global e planetária, é preciso considerar ainda a sinergia entre essas crises e outros desafios latentes, como a pandemia de Covid-19, isto porque esses problemas ocorrem de forma simultânea e possuem ligações profundas entre si (ARTAXO, 2020; JOLY; QUEIROZ, 2020).

2. IMPORTÂNCIA DA BIODIVERSIDADE

Recapitulando...

A biodiversidade inclui a diversidade de vida em todas as suas formas, níveis e associações - diversidade de ecossistemas, diversidade de espécies e diversidade genética.
(IUCN/UNEP/WWF, 1991)

2.1. E no Brasil?

O Brasil concentra a maior biodiversidade do mundo (SCARANO; SANTOS, 2018; MMA, 2022). São mais de 116.000 espécies animais e mais de 46.000 espécies vegetais conhecidas no País, espalhadas pelos seis biomas terrestres e três grandes ecossistemas marinhos. As diferenças climáticas espalhadas pelo território brasileiro favorecem a formação dos biomas - ou zonas biogeográficas. No Brasil, é possível encontrar, por exemplo, o Pantanal, maior planície inundável; o Cerrado, com suas savanas e bosques; a Caatinga, composta por florestas semiáridas; os campos dos Pampas; e floresta tropical pluvial da Mata Atlântica e a Floresta Amazônica, maior floresta tropical úmida do mundo (BRASIL, 2022) - que apresenta de 10 a 15% da biodiversidade continental total do planeta (HUBBELL, 2008 *apud* SCARANO & SANTOS, 2018) e armazena entre 150 a 200 bilhões de toneladas de carbono (SAATCHI et al., 2011; CERRI et al., 2007 *apud* SCARANO & SANTOS, 2018).

2.2. Por que a biodiversidade é importante?

Como vimos no capítulo anterior, o conjunto de organismos que compõem a biodiversidade relacionada à produção de alimentos - ou a agrobiodiversidade - são a base de sustentação dos sistemas alimentares e, portanto, são indispensáveis na garantia de segurança alimentar e nutricional. Mas a biodiversidade vai muito além disso! A biodiversidade é essencial para o equilíbrio e correto funcionamento dos



ecossistemas do planeta. Todos os seres vivos e microorganismos existentes participam dos ciclos biológicos e das cadeias alimentares, nesse sentido, a retirada ou extinção de um ou mais organismos têm capacidade de desencadear um desequilíbrio ecológico.

Nós seres humanos dependemos intrinsecamente dos serviços ecossistêmicos e dos bens essenciais provenientes dos ecossistemas. As **plantas**, por meio da fotossíntese, convertem a energia solar em energia disponível para garantir a sobrevivência de outras espécies. Os **polinizadores** - tratados em detalhes nos próximos capítulos - são essenciais para reprodução das espécies vegetais, garantindo a produção de alimentos. As **bactérias** e outros **microorganismos** são responsáveis por decompor a matéria orgânica em frações menores, os nutrientes, que garantem um solo adubado e fértil ao crescimento das plantas. Além disso, os oceanos desempenham papel crucial no equilíbrio climático ao atuarem como "atenuadores" da velocidade das mudanças climáticas por meio da captura de carbono.

Em suma, a biodiversidade nos fornece serviços essenciais à sobrevivência: ar puro, água doce, solo de boa qualidade, polinização das culturas e alimentos, temperatura adequada à vida no planeta, entre outros.

2.3. BIODIVERSIDADE EM CRISE E PRINCIPAIS FATORES ASSOCIADOS À PERDA DE ESPÉCIES

Como já vimos, a estabilidade no funcionamento dos ecossistemas terrestres e dos biomas depende, necessariamente, da existência de altos níveis de espécies vegetais e animais. Contudo, a ocupação de habitats naturais (relacionados à insustentabilidade dos sistemas alimentares atuais), as alterações no uso do solo e as ações humanas têm contribuído para o aumento da perda de biodiversidade em diferentes biomas, bem como a deterioração dos serviços ecossistêmicos. E, embora seja um fenômeno planetário, têm se intensificado de forma desigual em diferentes ecossistemas e diferentes locais pelo planeta (BOWLER et al., 2020 *apud* JOLY; QUEIROZ, 2020).

A perda de biodiversidade é o principal limite planetário impactado pelas escolhas e ações humanas. Segundo a Plataforma Intergovernamental de Ciência-Política sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, os impactos da perda de biodiversidade poderão prejudicar em até 80% as metas avaliadas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável que se relacionam a temas como terra, saúde, água, clima, alimentação, entre outros (IPBES, 2019).



A perda e extinção de espécies são processos irreversíveis para os quais ainda não existe uma solução conhecida. Porém, ainda podemos mitigar estes efeitos se buscarmos diminuir os determinantes e as causas que têm intensificado continuamente a velocidade na qual as espécies se extinguem, como por exemplo pensando em uma reorientação dos sistemas alimentares atuais, alinhados a uma perspectiva de produção mais sustentável; desta forma, poderemos contribuir para evitar o colapso dos serviços ecossistêmicos imprescindíveis para a sobrevivência da humanidade (SCARANO; SANTOS, 2018; JOLY; QUEIROZ, 2020).



Relação entre ultraprocessados e perda de agrobiodiversidade

Em um recente comentário publicado (LEITE et al., 2022), pesquisadores afirmaram que, embora os impactos do uso do solo e da produção de alimentos sobre a agrobiodiversidade recebam atenção especial, pouco tem se falado a respeito dos ultraprocessados nessa agenda. Neste sentido, tendo em vista a crescente participação dos ultraprocessados nas dietas ao redor do mundo, os autores discorrem a respeito dos principais fatores relacionados à produção e consumo de ultraprocessados e a perda de biodiversidade.

Conforme já comentado no capítulo 1, os ultraprocessados são produzidos a partir de derivados de culturas de alto rendimento, como o milho, o trigo e a soja, o que está relacionado à perda de diversidade alimentar, já que as dietas tradicionais e locais – que têm sido substituídas pelos ultraprocessados, geralmente são baseadas em uma grande variedade de alimentos. Assim, a homogeneidade da produção agrícola vinculada a produção de ingredientes baratos utilizados nos ultraprocessados afetam a agrobiodiversidade principalmente de três formas: (i) redução da diversidade de alimentos consumidos, (ii) diminuição da produção e cultivo de fontes alimentares vegetais baseadas em sistemas de produção agrobiodiversos, e (iii) a produção de ultraprocessados também está relacionada à utilização de água, terra, energia e agrotóxicos, bem como à degradação ambiental devido à emissão de gases com efeito de estufa e acumulação de resíduos de embalagens.

O artigo também chamou atenção para os produtos ultraprocessados compostos por carne reconstituída, como por exemplo salsicha e nuggets de frango, e seus impactos sobre a perda de biodiversidade. Estes alimentos geralmente são produzidos a partir de ingredientes de origem animal que provêm de animais confinados e que se alimentam justamente das mesmas culturas de alimentos utilizadas na fabricação dos ultraprocessados baseados em vegetais. Assim, além da utilização crescente de terras



para o cultivo de monoculturas e pastagens, a produção de alimentos de origem animal afeta diretamente o cultivo de outras variedades vegetais. No Brasil, por exemplo, enquanto a área utilizada para produzir soja teve um crescimento de quase 70% entre 2008 e 2019, a área para produção de alimentos basilares como arroz e feijão apresentou diminuição em 43% e 30%, respectivamente.

3. O QUE SÃO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS?

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), **as mudanças climáticas são as mudanças do estado do clima que podem ser identificadas (por exemplo, usando testes estatísticos) por alterações na média ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período estendido, tipicamente por décadas ou períodos mais longos. Um dos efeitos mais pronunciados das mudanças climáticas é o aumento da temperatura terrestre e o aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como secas, fortes chuvas, entre outros (IPCC, 2014).**

As mudanças climáticas podem ser ocasionadas por fenômeno naturais, tais como modulações do ciclo solar e erupções vulcânicas, contudo, sabe-se que as ações antrópicas (do homem) com repercussões importantes na emissão de gases do efeito estufa (GEE) são a principal causa de emergência climática (IPCC, 2014; SCARANO; SANTOS, 2018; IPCC, 2021).

Os principais GEE associados ao aumento da temperatura terrestre são o gás carbônico, o óxido nitroso e o gás metano, relativos à ações antrópicas (PORTER et al., 2014). O gás carbônico, por exemplo, é liberado através da queima de combustíveis fósseis e da queima de florestas que, ao se acumular na atmosfera, impede a liberação do calor da Terra, que fica retido através da incidência da radiação solar, ocasionando o aumento da temperatura global (PORTER et al., 2014).

A avaliação recente do cenário atual, mostrada a partir do relatório do IPCC, indicou um aumento na temperatura média da América do Sul dos anos 1950 até os dias atuais, estimando que a região sofrerá mais aumentos na temperatura, juntamente com regiões semiáridas (IPCC, 2021). Além disso, se espera aumento de mais de 1,5°C até o ano de 2040, o que intensificará secas, tempestades e ondas de calor (IPCC, 2021).



3.1. INTERAÇÕES ENTRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A PERDA DE BIODIVERSIDADE

Como vimos, os efeitos da variação climática, representados pelo aumento da intensidade de chuvas, da temperatura média e eventos climáticos extremos podem afetar as condições de vida das pessoas, animais e meio ambiente e causam impactos sobre a economia. Para as espécies, essas variáveis climáticas compõem o conjunto de condições necessárias à sua sobrevivência (SCARANO; SANTOS, 2018).

As mudanças climáticas podem gerar danos sem volta às espécies e aos ecossistemas, diminuindo inclusive sua capacidade de fornecer bens e serviços às populações humanas (serviços ecossistêmicos), como por exemplo, água e alimento, além de contribuírem para o aumento na ocorrência de desastres naturais que causam a morte de milhares de pessoas.

Vale citar ainda, partindo dessa complexa interação, que a **discussão sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade não fica restrita apenas ao caráter biológico, mas envolve também aspectos econômicos, morais e políticos. Biomas, ecossistemas e espécies apresentam importância econômica e cultural para o homem, e garantem o seu modo de vida e bem-estar, como é o caso de espécies de polinizadores.** A ameaça das mudanças climáticas a estes fatores deverá comprometer o bem-estar da população brasileira nas próximas décadas. Riscos incluem redução na produção agrícola, redução de estoques pesqueiros, aumento na ocorrência de doenças antes restritas a determinadas regiões e o surgimento de novas (a exemplo do vírus causador da Covid-19) e a escassez hídrica (SCARANO; SANTOS, 2018).

No Brasil, de acordo com a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (2016) - traduzido do inglês Brazilian Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (BPBES), - mantendo as taxas atuais de emissões de gases estufa, os efeitos projetados de mudanças climáticas para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos no país até 2100 serão perversos: perda de espécies na ordem de 25%; savanização da Amazônia; expansão de florestas sobre os Campos Sulinos; e o empobrecimento da Caatinga, Cerrado e Pantanal. Há ainda a acidificação oceânica, branqueamento de corais e a elevação do nível do mar que correspondem a riscos nos ambientes costeiros e marinhos (BPBES, 2016).



E A COVID?

A recente pandemia de Covid-19 é um exemplo recente que nos trouxe evidências concretas a respeito do entrelaçamento e das inter-relações entre a biodiversidade, mudanças climáticas, sistemas alimentares insustentáveis e os impactos sobre a saúde humana. À medida em que os homens ocupam e transformam o ambiente - por exemplo para produção de alimentos, pecuária, entre outros - existe uma perturbação à biodiversidade e à ecologia da vida selvagem, alterando o equilíbrio do ecossistema e possibilitando que os vírus entrem mais facilmente em contato com hospedeiros intermediários (JACOB et al., 2021).

O agente causador da Covid-19, o Sars-Cov-2, faz parte de um grupo de vírus que infectam exclusivamente mamíferos. A passagem do vírus para os humanos teria ocorrido por meio do *spillover* entre os morcegos e um hospedeiro intermediário, o pangolin. O fenômeno do *spillover* (ou "transbordamento" em português), é um termo que se refere à adaptação que possibilita vírus e outros microorganismos a irem de um hospedeiro para outro. E foi assim, migrando dos morcegos para os seres humanos (tendo, talvez, os pangolins como intermediários) que o Sars-Cov-2 despontou como uma pandemia.

No Brasil, a principal ameaça do ponto de vista de novas pandemias vem do contato com novos vírus em áreas de desmatamento. Assim, a aceleração do desmatamento, principalmente na região amazônica, tem colocado o homem em contato com essas ameaças. Na produção da carne em escala industrial florestas são derrubadas. O desmatamento, sobretudo nas áreas dos biomas da Floresta Amazônica e do Cerrado, é promovido pela atividade pecuária e para cultivar grãos para produzir ração para o gado. Tal invasão humana em ecossistemas naturais leva à expansão de ecótonos, zonas de transição entre áreas ecológicas adjacentes onde as espécies se misturam artificialmente, aumentando a probabilidade de transmissão viral entre humanos e animais. Com os níveis atuais de desmatamento praticado em habitats naturais, a potencial migração de um vírus da Amazônia para outras regiões pode ser tão prejudicial como a Covid-19 (ARTAXO, 2020).

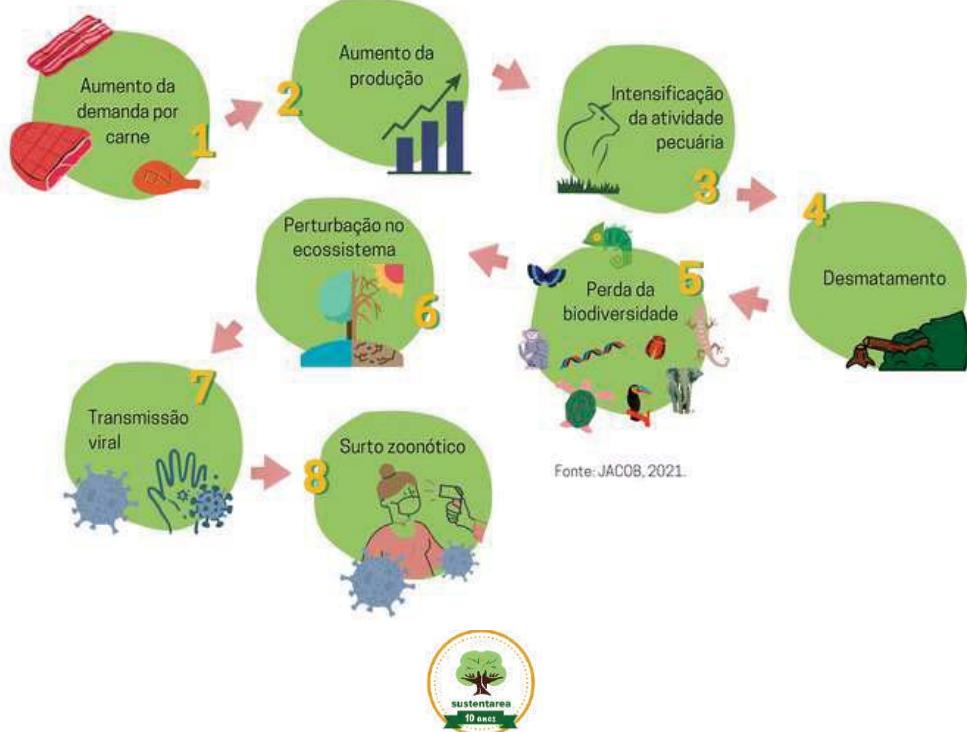
Como fora mencionado no primeiro capítulo, uma atividade bastante relacionada ao desmatamento e à produção de alimentos é a pecuária. A partir desse exemplo, ilustramos na (Figura 2) como o consumo de carne aciona uma cadeia de acontecimentos que influenciam na geração de surtos zoonóticos (ARTAXO, 2020; JACOB, 2021).



A pandemia de Covid-19 demonstrou de forma prática a importância da relação entre as pessoas e a natureza, ressaltando as profundas consequências entre a degradação de ecossistemas, perda de biodiversidade e o nosso próprio bem-estar. Contudo, essas consequências são, ainda, incipientes devido sua complexidade. Alguns pesquisadores, por exemplo, enquadram a pandemia de Covid-19 a partir de um conceito mais amplo, o de sindemia - neologismo cunhado pelo antropólogo médico americano Merrill Singer na década de 1990 para explicar uma situação em que “duas ou mais doenças interagem de tal forma que causam danos maiores do que a mera soma dessas duas doenças (SINGER et al., 2017). O impacto dessa interação também é facilitado pelas condições sociais e ambientais que, de alguma forma, aproximam essas duas doenças ou tornam a população mais vulnerável ao seu impacto” (SINGER et al., 2017).

No caso da Covid-19, o termo sindemia foi empregado pela interação infecção viral com uma variedade de condições pré-existentes (diabetes, câncer, problemas cardíacos e outros fatores) – importante ressaltar que algumas destas condições tem relação direta com a alimentação - e a taxa desproporcional de resultados adversos em comunidades desfavorecidas, de baixa renda e de minorias étnicas (CEE-FIOCRUZ, 2020).

Figura 2. Como o consumo de carne aciona uma cadeia de acontecimentos que influenciam na geração de surtos zoonóticos.



4. SINDEMIA GLOBAL: A INTERAÇÃO ENTRE A (IN)SEGURANÇA ALIMENTAR E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Durante a pandemia de Covid-19, a relação entre doenças crônicas derivadas de dietas com baixa qualidade nutricional, como obesidade, hipertensão e diabetes ficou evidente, isto porque tais condições aumentam o risco e a letalidade da própria Covid-19. Neste sentido, a pandemia em curso se soma a outras grandes ameaças à saúde planetária: **as pandemias de obesidade, desnutrição e mudanças climáticas**, reconhecidas como algumas das maiores ameaças atuais ao meio ambiente, ao planeta e à própria sobrevivência humana. Juntas formam a chamada **Sindemia Global**. Se antes eram vistas como condições divergentes (no caso da desnutrição e da obesidade/doenças crônicas não transmissíveis) e isoladas entre si, a partir da adoção do conceito de sindemia, passam a ser caracterizadas enquanto fatores sinérgicos que interagem de forma simultânea e compartilham determinantes sociais comuns em escala global (SWINBURN et al., 2019).

A visão da sindemia global, ilustrada na Figura 3, indica as camadas dos sistemas humanos, incluindo a governança, os grandes sistemas (alimentar, transporte, desenho urbano e uso do solo), os ambientes organizacionais (escolas, hospitais, locais de trabalho e espaços públicos) e os micro sistemas, que reconhecem o homem enquanto um sujeito social e que, portanto, se organiza em círculos sociais, famílias e comunidades; além disso, mostra como esses sistemas interagem continuamente com os ecossistemas naturais e influenciam na saúde planetária - entendida aqui como a saúde e bem estar humano e dos ecossistemas como um todo.



Figura 3. Uma visão da sindemia global.



Fonte: Traduzido de Swinburn et al. 2019.

Vincular a obesidade, à desnutrição e às mudanças climáticas em uma única estrutura concentra a atenção na urgência, na escala dos problemas e enfatiza também a necessidade da adoção de soluções comuns com vistas a acessar a raiz comum relativa às três pandemias: os sistemas de transporte, uso e ocupação do solo, e sobretudo os sistemas alimentares atuais. Além disso, sinaliza a necessidade de intervenções políticas a nível internacional, considerando os efeitos dos sistemas alimentares cada vez mais globalizados e das grandes corporações transnacionais (SWINBURN et al., 2019).

As evidências que sinalizam a insustentabilidade dos sistemas alimentares atuais, bem como os entraves para garantir o acesso a alimentos saudáveis em quantidade suficiente foram abordados exaustivamente no capítulo anterior. Contudo, a contextualização da sindemia global evidencia alguns fatores como a globalização das redes de sistemas alimentares, os efeitos sobre os hábitos e consumo alimentar e a inércia das políticas públicas de governos nacionais como pilares importantes para pensar a manutenção da sindemia global (SWINBURN et al., 2019).



No cerne destas questões, está a produção e diversificação dos alimentos ultraprocessados, que são distribuídos em escala global através das empresas alimentícias transnacionais e resultam em um comportamento de compra similar em escala mundial, isto porque este tipo de alimentos tende a substituir as dietas tradicionais locais. O aumento considerável da participação dos ultraprocessados nas dietas ao redor do mundo levam a uma padronização no consumo de alimentos das populações – a chamada homogeneização alimentar, além disso, estes alimentos passam a moldar o sistema alimentar, impactando negativamente a qualidade da alimentação, saúde, cultura e do meio ambiente (SWINBURN et al., 2019; UMPIERRE, 2020). As empresas transnacionais também têm tido grande sucesso no bloqueio de políticas públicas de prevenção e ações governamentais e sociais (SWINBURN et al., 2019).

Utilizar a perspectiva de sindemia global permite ainda lançar luz ao enfrentamento dos principais fatores que contribuem para sua manutenção. Suas interações e as forças que sustentam as pandemias enfatizam o potencial de grandes efeitos benéficos na saúde planetária que as ações que atuam simultaneamente em duas ou em todas as pandemias (ações de trabalho duplo ou triplo) terão. Isto porque os principais sistemas que impulsionam os três componentes da sindemia global são a alimentação e a agricultura, o transporte, o desenho urbano e o uso do solo. Pensar nos termos de uma sindemia concentra o foco nesses fatores sistêmicos em comum, cujas ações para seu enfrentamento são comuns, considerando os níveis global, nacional e local (SWINBURN et al., 2019). Algumas ações citadas são o redirecionamento de sistemas fundamentais - particularmente os sistemas alimentares - com vistas a uma concepção de sustentabilidade, via, por exemplo, de políticas agrícolas para a saúde e a sustentabilidade; e alavancas de governança, a partir do redirecionamento de impostos e subsídios (SWINBURN et al., 2019; THE LANCET; 2019; UMPIERRE, 2020; INPE, 2021).

5. QUAIS OS IMPACTOS DOS MUDANÇAS AMBIENTAIS GLOBAIS SOBRE A POLINIZAÇÃO?

Depois de compreender como a perda de biodiversidade e os efeitos das mudanças climáticas estão interconectados e o modo como seus efeitos reverberam em ameaças à segurança alimentar e nutricional e à saúde planetária, vamos entender especificamente como as mudanças ambientais globais impactam a polinização e as abelhas.



5.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E POLINIZAÇÃO

As alterações climáticas decorrentes das mudanças do clima têm impactos diretos sobre a polinização e polinizadores (incluindo as abelhas). **Segundo o capítulo de Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) que fala especificamente sobre a segurança alimentar e nutricional, os efeitos das mudanças climáticas sobre a polinização ainda são incertos, pois, além de serem necessárias mais pesquisas capazes de qualificar e quantificar esses efeitos, as reverberações das alterações climáticas em curso sobre os polinizadores e sobre os serviços de polinização para a agricultura podem não ser totalmente aparentes durante várias décadas, devido a um atraso de resposta dos sistemas ecológicos. Contudo, há evidências sólidas de que a polinização e os polinizadores já estão sendo afetados pelas alterações climáticas** (PORTER et al., 2014; BPBES, 2019; FAO, 2019).

O relatório do IPCC aponta ainda que os impactos sobre a polinização e polinizadores são extremamente dependentes do contexto de cada local. No Brasil, por exemplo, um estudo conduzido por Giannini et al. (2017) mostrou que as variações climáticas poderão contribuir para o declínio de 95 espécies de abelhas nativas, em aproximadamente 90% dos municípios. Este fator deve impactar a produção agrícola dependente desses polinizadores. Outras pesquisas mostraram que o aumento da temperatura global poderá, além de influenciar na perda de espécies de polinizadores agrícolas, alterar sua distribuição no território brasileiro, tanto para o Norte quanto para o Sul (GIANNINI et al., 2012; ELIAS et al., 2017; BPBES, 2019).

Como já citado, as mudanças climáticas também estão relacionadas à perda de biodiversidade em todos os ecossistemas. Estima-se que, sob um cenário de aumento da temperatura do planeta em cerca de 3 graus Celsius, o número de insetos existentes será reduzido pela metade até 2100, sugerindo alterações significativas de distribuição de espécies (caso ocorra dispersão) e extinções. O aumento da mortalidade de polinizadores e perda de colmeias também está relacionado ao agravamento de outras ameaças como a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos – como enchentes, incêndios e estiagem prolongada; escassez de alimentos para polinizadores devido a redução do período e da intensidade da floração; alterações na distribuição de agentes patógenos que afetam polinizadores (como fungos) que se desenvolvem em temperaturas mais elevadas, entre outros (GONZÁLEZ-VARO et al., 2013).



No caso da polinização especificamente, representada pela interação mutualista entre uma planta e as abelhas (ou outros polinizadores), os impactos das mudanças do clima como o aumento da temperatura e aumento da intensidade de eventos extremos podem perturbar um ou outro componente dessa interação ou ambos (MEMMOTT; WASER; PRICE, 2004). O desenvolvimento das plantas, por exemplo, depende de fatores como a duração do dia e a temperatura. As modificações na temperatura podem levar a alterações nos períodos de floração das plantas, assim, o aparecimento das abelhas e de outros insetos pode não corresponder ao tempo de floração das plantas, causando impactos para os polinizadores e para o serviço de polinização em si (KJOHL, NIELSEN e SENSETH, 2011; SETTELE; BISHOP; POTTS, 2016). A ocorrência de dias mais frios ou com muito vento em épocas de floração (principalmente na primavera) pode modificar a temperatura regional e fazer com que polinizadores de outras espécies necessitem alterar suas áreas geográficas para atenderem essas regiões, servindo como “amortecedores” desse impacto (CHRISTMANN; AW-HASSAN, 2012; BEDFORD, WHITTAKER e KERR, 2012).

As mudanças climáticas, assim como o aumento do intercâmbio comercial e turístico global, ainda podem favorecer o estabelecimento de espécies exóticas invasoras, que ameaçam não só a manutenção de espécies nativas, mas também os habitats e ecossistemas das regiões intercambiadas (JORGE et al., 2019). Segundo a Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras, instituída pela Portaria Nº03/2018 do Ministério do Meio Ambiente e aprovada pela Resolução Nº07/2018 da Comissão Nacional de Biodiversidade, espécies exóticas invasoras são definidas como “espécie exótica cuja introdução e/ou dispersão ameaçam a diversidade biológica”. Neste sentido, a *Apis mellifera*, abelha mais comumente conhecida, é uma das espécies consideradas exóticas invasoras, competindo por recursos ambientais com as abelhas nativas e gerando impactos para a flora e a fauna locais, como pelo uso do pólen e/ou néctar e a não polinização ou pelo estabelecimento de relações ecológicas com impactos negativos a outros animais (IMA, 2019).

Outra ameaça potencial aos polinizadores, e que tem sido motivo de alerta para pesquisadores, é a introdução de espécies geneticamente modificadas nos habitats. As pesquisas sobre essa prática ainda são incipientes, sendo necessários mais estudos para avaliar os impactos da introdução de novas espécies sobre as espécies nativas (BPBES, 2019).

As mudanças climáticas podem ser consideradas fatores abióticos, ou seja, representam influências físicas, químicas como luz, radiação solar, temperaturas, entre outros sobre determinados organismos no ecossistema de modo que esses animais e/ou plantas tenham que se adaptar para se desenvolver, ou mesmo sobreviver. Do



ponto de vista ecológico, esses fatores podem interferir no desempenho biológico dos organismos (BEGON; TOWSEND; HARPER, 2007). Embora os artrópodes, filo que reúne as abelhas, apresentem sucesso na conquista do ambiente terrestre e estejam presentes em variadas localidades, inclusive em ambientes áridos, a alteração climática relacionadas ao aumento das temperaturas médias pode afetar a integridade de habitats de ocorrência desses animais (BRUSCA; MOORE; SHUSTER, 2018).

As mudanças climáticas caracterizam um risco de extinção às abelhas na medida em que impactam indivíduos e populações através de diferentes consequências ambientais, como fragmentação de habitats e alteração no período e no padrão de floração de algumas plantas, levando a uma queda populacional e menor dispersão gênica entre esses polinizadores ((TIRADO; SIMON; JOHNSTON, 2013; RECH et al., 2014). A longo prazo, os efeitos sobre as populações de abelhas, e a possível extinção de espécies, acarretará em perdas consideráveis de espécies vegetais agrícolas ou não, sobretudo devido à dependência reprodutiva que angiospermas têm da polinização animal (ROCHA, 2012).

Por fim, no que se fala sobre **o efeito líquido das mudanças climáticas sobre a polinização temos um desfecho incerto e preocupante**. Estudos indicam que uma redução na polinização animal diminuiria a produção de inúmeras culturas alimentares dependentes de polinizadores que desempenham papéis importantes no fornecimento de alimentos e micronutrientes à espécie humana. O declínio global de polinizadores poderia levar ao aumento da mortalidade infantil e defeitos congênitos devido ao aumento da deficiência de vitamina A e folato, nessa ordem, e também elevaria o risco de doenças cardiovasculares, diabetes e certos tipos de câncer em adultos como resultado da redução da ingestão alimentar de frutas, legumes, nozes e sementes (MYERS et al., 2017). Assim, Silva (2015) acerta quando nos diz que **conservar as áreas naturais significa preservar não somente as abelhas, mas os demais polinizadores e toda a fauna associada de dispersores de frutos e sementes que formam as redes de interações, incluindo nós humanos.**

5.2. MODIFICAÇÕES NO USO DE TERRA

Para além das alterações climáticas, outras mudanças globais como a utilização intensiva da terra para monocultura e agropecuária, relacionados a insustentabilidade dos sistemas alimentares atuais, levam a alterações na cobertura do solo que impactam nos polinizadores. A expansão de monoculturas reduz substancialmente a



complexidade dos agroecossistemas e gera ameaças para o equilíbrio estabelecido entre planta e polinizador, reduzindo drasticamente a população de polinizadores. Tais alterações que o homem impõe ao meio ambiente colocam em risco não só a preservação da biodiversidade, como também a produção de alimentos em todo o mundo (WITTER et al., 2014).

As práticas agrícolas convencionais, relacionadas à produção de commodities, são altamente prejudiciais aos polinizadores, pois não consideram a preservação de remanescentes de vegetação nativa e de corredores ecológicos – áreas que permitam a nidificação e a sobrevivência de polinizadores fora das áreas cultivadas (WITTER et al., 2014; BPBES, 2019). A diminuição de áreas naturais não perturbadas pela ação antrópica pode contribuir para diminuição de locais onde as abelhas possam nidificar, como árvores, arbustos e caules. No Brasil, estudos realizados em áreas de remanescentes de floresta nativa da Amazônia e da Mata Atlântica apontaram relação entre a maior fragmentação das florestas e o declínio na diversidade e na abundância de polinizadores como abelhas e borboletas (BROWN; ALBRECHT, 2001; RAMALHO et al., 2009; FERREIRA et al., 2015; BPBES, 2019).

As modificações no solo também implicam em dificuldades na alimentação e nidificação dos polinizadores. A remoção de flores, ervas daninhas, plantas nativas, bem como a diminuição da diversidade de culturas, reduzem a capacidade dos polinizadores encontrarem recursos para o forrageamento e alimentação, como néctar e pólen.

Além da perda de florestas, as práticas agrícolas convencionais aliadas ao uso intensivo de agrotóxicos para o controle de pragas e patógenos são extremamente prejudiciais aos polinizadores. O uso dessas substâncias tende a diminuir ou suprimir a produção de pólen e néctar em algumas plantas, impactando negativamente na oferta de alimentos para esses animais. Os agrotóxicos também são combinações tóxicas para os polinizadores, a depender do nível de exposição a esses compostos e se sua aplicação leva em consideração os padrões e horários de visitas desses insetos. Os efeitos reportados dos agrotóxicos sobre os polinizadores são a morte ou outros impactos subletais como desorientação do voo, redução na produção de prole, entre outros (JOHANSEN; MAYER, 1990; FREITAS e PINHEIRO, 2010; IPBES, 2016).



5.3. UTILIZAÇÃO DE AGROTÓXICOS

Outro importante impacto da atividade humana nas populações de abelhas é o uso intenso e crescente de agrotóxicos na agricultura. Ainda na década de 1960, a bióloga Rachel Carson (1907-1964) já alertava em seu livro Primavera Silenciosa (CARSON, 1962) sobre as consequências da disseminação desses produtos na natureza, com especial atenção ao uso de herbicidas, responsáveis pelo controle de ervas daninhas e de outras plantas que são fundamentais fontes de recurso para insetos polinizadores, somado ao desmatamento de regiões de cultivo agrícola que também reduzem a oferta de alimento para esses e outros animais (CARSON, 1962). Carson também preconizava a dependência reprodutiva que diversas espécies vegetais possuem dos polinizadores, os efeitos cumulativos e letais de agrotóxicos no meio ambiente e nos tecidos animais e vegetais e a subordinação agrícola aos produtos, que seriam/são requisitados de maneira contínua (CARSON, 1962).

O Brasil é um dos países que mais utiliza agrotóxicos no mundo devido ao crescimento e a intensificação de modos de produção dependentes dessas substâncias, potencializando seu consumo nos últimos anos (SANTOS; GLASS, 2018). Atualmente, temos a triste marca de 4.644 agrotóxicos estão liberados para uso, seja em atividades agrícolas ou não, muitos deles altamente perigosos à saúde e ao meio ambiente e por isso proibidos em muitos países. Desses, 1.560 foram concedidos desde 2020 (AGUIAR, 2022). Os efeitos de intoxicação dessas substâncias sobre as abelhas são diversos e possuem impactos particulares dependendo da espécie, do porte, da idade, da casta e do sexo do animal (FREITAS; PINHEIRO, 2010; ROCHA, 2012). Alguns impactos dos produtos sobre os animais são mudanças comportamentais durante o forrageio e divisão de trabalho em colônias de abelhas sociais, aumento de mortalidade de larvas, alterações hormonais em larvas que levam a implicações morfológicas, problemas com a orientação espacial, redução de postura de ovos e interferência nos processos comunicativos, aspectos que podem levar à morte de indivíduos e de colônias, decrescendo sua população (FREITAS; PINHEIRO, 2010; ROCHA, 2012).

O declínio das populações de abelhas é impactante para organismos que se relacionam direta ou indiretamente com esses animais, desde as plantas, algumas com alta dependência reprodutiva por polinização, até nós, dependentes fisiológicos, socioculturais e econômicos de diversas espécies de plantas, cuja interação com as abelhas é fundamental (SILVA, 2017). A mortalidade de populações de abelhas têm sido observada em várias regiões do mundo, como América do Norte, América Latina, Europa e Ásia, com denominação internacional de “desordem do colapso das colônias”



ou DCC (Colony Collapse Disorder - CCD) (BUSTAMANTE et al., 2017). A DCC se caracteriza pela baixa presença de abelhas operárias, excesso de crias, baixo consumo de alimento e ausência de evidências de invasão da colônia por outros animais, sendo reflexo de fatores variados, como falhas no manejo das colônias, desnutrição, patógenos e, principalmente, intoxicação devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos (ROCHA, 2012; BUSTAMANTE et al., 2017).

5.4. POLUIÇÃO DO AR

Os efeitos da poluição atmosférica sobre os polinizadores ainda não são totalmente descritos na literatura, mas ganham destaque à medida que o crescimento das cidades e da urbanização suscitam as discussões sobre a poluição, decorrentes das ações antropogênicas de queima de combustíveis fósseis – sobretudo nos transportes. Sabe-se que, em geral, **a poluição do ar interfere na capacidade das abelhas (e outros insetos polinizadores) em detectar os odores das plantas e flores e voar até suas fontes.** Isto ocorre porque as moléculas poluentes dispersas na atmosfera interagem com as moléculas de odor emitidas pelas plantas, e ao modificá-las, dificultam a localização de alimentos pelos insetos polinizadores (FUENTES et al. 2016; BPBES, 2019; RYALLS et al., 2022). Um estudo recente demonstrou que **a presença de poluentes como ozônio troposférico e óxido de nitrogênio (moléculas de poluentes comuns nos centros urbanos) implica na redução da polinização. Em números absolutos, a pesquisa revelou que houve cerca de 70% menos visitas de polinizadores (incluindo as abelhas) às plantas em ambientes poluídos e redução de 14-30% no serviço de polinização** (RYALLS et al., 2022).



A partir de Silva (2015) e do Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil da BPBES (2019), finalizamos este capítulo pontuando, de modo geral, que os possíveis fatores representantes de ameaças aos polinizadores e à polinização são:

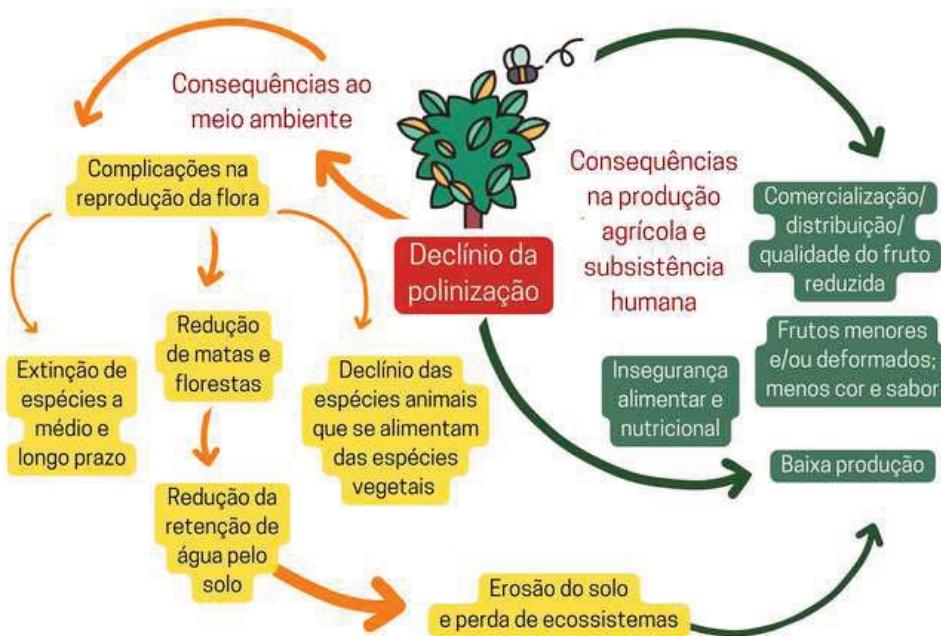
- mudanças no uso da terra;
- agricultura intensiva e de larga escala, eliminando plantas que servem como fonte de alimento natural e locais de nidificação;



- perda, degradação e fragmentação de habitats;
- uso indiscriminado de agrotóxicos;
- poluição ambiental;
- mudanças climáticas globais;
- efeitos indiretos do uso de organismos geneticamente modificados;
- espécies invasoras;
- pragas e patógenos e a interação entre eles.

O enfraquecimento da polinização, portanto, é um processo complexo e que gera consequências interligadas aos sistemas naturais e aos sistemas alimentares, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4. Consequências do declínio da polinização.



Fonte: Elaborado pelas autoras com base em SILVA, 2015 p.34-37; BPBES, 2019 p.41-42.



6. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, P. Governo Federal liberou mais de 1.500 agrotóxicos nos últimos quatro anos [notícia]. **Portal Correio.** Brasília. Publicado em abril, 2022. Disponível em: <https://portalcorreio.com.br/governo-federal-liberou-mais-de-1-500-agrotoxicos-nos-ultimos-quatro-anos/>. Acessado 24 novembro 2022.
- ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados** [online]. v. 34, n. 100, pp. 53-66. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>. Acessado 7 novembro 2022.
- BEDFORD, F.E.; WHITTAKER, R.J.; KERR, J.T. Systemic range shift lags among a pollinator species assemblage following rapid climate change. *Botany*, v. 90, p. 587–597, 2012.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. 2007. **Ecologia de Indivíduos a Ecossistemas**. Porto Alegre, Artmed. 740p.
- BPBES. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Contribuições para o Diálogo Intersetorial: a Construção do Diagnóstico Brasileiro sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. 2016.
- BPBES - Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil, 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional de Biodiversidade. Resolução Nº 07, de 29 de maio de 2018: Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-e-flora/especies-exoticas-invasoras/resconabio072018estratgianacionalparaespcciesexoticasinvasoras.pdf>>. Acesso 28 nov 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria Nº03, de 16 de agosto de 2018: Plano de Implementação da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3-de-16-de-agosto-de-2018-37213106>>. Acesso 28 nov 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade [website]. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>. Acessado 03 março 2022.



BROWN, J.C.; ALBRECHT, C. The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus Melipona (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. **J Biogeogr**, v. 28, p. 623- 634, 2001.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. [tradução Carlos Henrique de Araújo Cosendey]. - 3. ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2018.

BUSTAMANTE, P. G., BARBIERI, R. L., SANTILLI, J. Conservação e uso da agrobiodiversidade. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.

CARSON, R. et al. Silent Spring. Boston: Cambridge, Mass., Houghton Mifflin, 1962.

CEE-FIOCRUZ. Centro de Estudos Estratégicos da Fundação Oswaldo Cruz [internet]. Covid-19 não é pandemia, mas sindemia: o que essa perspectiva científica muda no tratamento. Rio de Janeiro; 2020. Disponível em: <https://cee.fiocruz.br/?q=node/1264>. Acesso em: 06 fev. 2022.

CHRISTMANN, S.; AW-HASSAN, A.A. Farming with alternative pollinators (FAP) – an overlooked win-win strategy for climate change adaptation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 161, p. 161-164, 2012.

CRUTZEN, P.J.; STOERMER, E.F. The “Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, 41, 17, 2000.

ELIAS, M.A.S.; BORGES, F.J.A.; BERGAMINI, L.L. et al. Climate change threatens pollination services in tomato crops in Brazil. *Agric Ecosyst Environ*, v. 239, p. 257–264, 2017.

FAO - Food and agriculture organization of the United nations. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. BÉLANGER, J.; PILLING, D. (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Rome, 2019.

FERREIRA, P.A.; BOSCOLO, D., CARVALHEIRO, L.G. et al. Responses of bees to habitat loss in fragmented landscapes of Brazilian Atlantic Rainforest. *Landsc Ecol*, v. 30, p. 2067–2078, 2015.

FREITAS, B.M., PINHEIRO, J.N. Efeitos sub letais dos pesticidas agrícolas e seus impactos no manejo de polinizadores dos agroecossistemas brasileiros. *Oecologia*, v. 4, p. 282–298, 2010.

FUENTES, J.D.; CHAMECKI, M.; ROULSTON, T. et al. Air pollutants degrade floral scents and increase insect foraging times. *Atmos Environ*, v.141, p. 361-374, 2016.

GIANNINI, T.C.; COSTA, W.F.; CORDEIRO, G.D., et al. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *Plos One*, 2017.



GIANNINI, T.C.; ACOSTA, A.L.; GAROFALO, C.A. et al. Pollination services at risk: bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. *Ecological Modelling*, v. 244, p. 127-131, 2012.

GONZÁLEZ-VARO, J.P. et al. Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends Ecol Evol*, v.28, p.524–530, 2013.

IMA. INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. Exóticas invasoras: abelhas africanizadas trazem prejuízos às nativas. 2019. Disponível em: <<https://www.ima.sc.gov.br/index.php/noticias/1264-exoticas-invasoras-abelhas-africanizadas-trazem-prejuizos-as-nativas>>. Acesso 28 nov 2022.

INPE. Monitoramento do território: Mudanças Climáticas. In: Perguntas frequentes. 2021. Disponível em: <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9>. Acesso em: 06 fev. 2022.

IPBES - The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. POTTS, S.G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NGO, H.T. (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn. 552p, 2016.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press. 2021.

IPCC. Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. Geneva, Switzerland, pp. 117-130, 2014.

IUCN/UNEP/WWF. Caring for the Earth. A Strategy for Sustainable Living. Gland, Switzerland. 1991. 236 p.

JACOB, M. Sistemas alimentares para nutrição [recurso eletrônico]. 1.ed. – Recife, PE: Nupeea, 2021.

JOHANSEN, C.A., MAYER, D.F. Pollinator Protection: a bee and pesticide handbook. Wicwas Press, Cheshire, 1990.



JOLY, C. A.; QUEIROZ, H. L. de. Pandemia, biodiversidade, mudanças globais e bem-estar humano. **Estudos Avançados**, [S. I.], v. 34, n. 100, p. 67-82, 2020. DOI: 10.1590/s0103-4014.2020.34100.006. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/178754>. Acesso em: 31 jan. 2022.

JORGE, R. S. P. et al. **Guia de Orientação para o Manejo de Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais**. CBC: ICMBIO, 2019. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cbc/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/EEI/Guia_de_Manejo_de_EEI_em_UC_v3.pdf>. Acesso 28 nov 2022.

KJOHL, M. NIELSEN, A.; STENSETH, N.C. **Potential effects of climate change on crop pollination**. Rome, FAO, 2011.

LEITE, F.H.M. et al. Ultraprocessed foods should be central to global food systems dialogue and action on biodiversity. **BMJ Global Health**, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/bmigh-2021-008269>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MEMMOTT, J.; WASER, N.M.; PRICE, M.V. Tolerance of pollination networks to species extinctions. **Proc. R. Soc. Lond. B**, v. 271, p.2605–2611, 2004.

MYERS, S.S. et al. Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. **Annu Rev Public Health**, v. 20, n. 38, p. 259-277, 2017.

PORTER, J.R. et al. **Food security and food production systems**. In: Intergovernmental Panel on Climate Change: impacts, adaptation, and vulnerability. IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: University Press, p. 485-533, 2014.

RAMALHO, A.V.; GAGLIANONE, M.C.; OLIVEIRA, M.L de. Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no sudeste do Brasil. **Rev Bras Entomol**, v. 53, p. 95– 101, 2009.

RECH, A. R., AGOSTINI, K., OLIVEIRA, P. E., MACHADO, I. C. **Biologia da Polinização**. (2^a ed). Rio de Janeiro: Projeto Cultura, 2014. 527 p.

ROCHA, M.C. de L.S. A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil**: proposta metodológica de acompanhamento. Brasília: Ibama, 2012.

ROCKSTROM, J. et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, v.461, p.472–475, 2009.

RYALLS, J.M.W. et al. Anthropogenic air pollutants reduce insect-mediated pollination services. **Environmental Pollution**, v. 297, 2022.



SANTOS, M.; GLASS, V. (org.). **Atlas do agronegócio**: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2018.60 p.; il.

SCARANO, F.R., SANTOS, A.S. (Eds.). PBMC/BPBES, 2018: Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil. **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. 1^a edição. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2018. p. 65.

SETTELE, J.; BISHOP, J.; POTTS, S.G. **Climate change impacts on pollination**. *Nat Plants*, v. 2, 2016.

SILVA, C.I. (org.). **Conhecendo as abelhas: você sabia que a nossa sobrevivência no planeta depende das abelhas?**. Projeto de olho na água. 1. ed. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão. 2015.

SILVA, G. R. **Serviços de polinização da abelha Iraí e características agronômicas em cultivares de morangueiro** [tese]. 2017. 99p. Disponível em: <http://www2.uesb.br/ppg/ppgagronomia/wp-content/uploads/2019/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Guiliana-Ribeiro-da-Silva-2.pdf>. Acesso em 26 de novembro, 2022.

SINGER, M. et al. Syndemics and the biosocial conception of health. **Lancet**, v. 389, p. 941-950, 2017.

STEFFEN, W. et al. Planetary Boundaries: Guiding human development on changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1259855>. Acesso em: 05 março 2022.

SWINBURN, B. A. et al. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. **Lancet** (London, England) vol. 393,10173 (2019): 791-846. [doi:10.1016/S0140-6736\(18\)32822-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32822-8). Acesso em 05 mar. 2022.

TIRADO, R.; SIMON, G. & JOHNSTON, P. **Bees in decline**: A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe at risk. Greenpeace Research Laboratories Technical Report. Greenpeace International, v. 48, 2013.

UMPIERRE, R. N. et al. **Curso EAD Saúde Planetária**. Núcleo de Telessaúde do Rio Grande do Sul (TelessaúdeRS-UFRGS), 2020.

WITTER, S et al. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014.



WILLET, W. et al. Food in the anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447 – 492, 2019.

