

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA

**DA REVOLUÇÃO VERDE À TRANSFORMAÇÃO
ECOLÓGICA: A CONSOLIDAÇÃO DO MODELO
DE PRODUÇÃO AGROALIMENTAR NO BRASIL E
O PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

VINICIO BERTAZZO ROSSATO

BRASÍLIA-DF

2024

VINICIO BERTAZZO ROSSATO

**DA REVOLUÇÃO VERDE À TRANSFORMAÇÃO
ECOLÓGICA: A CONSOLIDAÇÃO DO MODELO
DE PRODUÇÃO AGROALIMENTAR NO BRASIL E
O PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento, área de concentração em Economia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Aristides Monteiro Neto
Coorientador: Dr. Gesmar Rosa dos Santos

BRASÍLIA-DF

2024

R823

Rossato, Vinicio Bertazzo

Da Revolução verde à transformação ecológica : a consolidação do modelo de produção agroalimentar no Brasil e o papel das políticas públicas / Vinicio Bertazzo Rossato – Brasília : Ipea, 2024.

88 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento, área de concentração em Economia, 2024

Orientação: Dr. Aristides Monteiro Neto

Coorientação: Dr. Gesmar Rosa dos Santos

Inclui Bibliografia.

1. Fronteiras Planetárias. 2. Políticas Públicas. 3. Produção Agroalimentar. 4. Revolução Verde. 5. Brasil. I. Monteiro Neto, Aristides. II. Santos, Gesmar Rosa dos. III. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IV. Título.

CDD 577.4

Ficha catalográfica elaborada por Andréa de Mello Sampaio CRB-1/1650

VINICIO BERTAZZO ROSSATO

**DA REVOLUÇÃO VERDE À TRANSFORMAÇÃO
ECOLÓGICA: A CONSOLIDAÇÃO DO MODELO
DE PRODUÇÃO AGROALIMENTAR NO BRASIL E
O PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Desenvolvimento, área de concentração em Economia, para a obtenção do título de Mestre.

Defendida em dia de mês de ano (alinhado à esquerda)

COMISSÃO JULGADORA

Dra. Regina Helena Rosa Sambuichi – IPEA

Prof. Dr. Almir de Oliveira Junior – IPEA

Dr. Gesmar Rosa dos Santos - IPEA

Prof. Dr. Aristides Monteiro Neto - IPEA

BRASÍLIA-DF

2024

À família e aos amigos, de perto e de longe, de agora e de sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao Estado brasileiro, que me proporcionou ensino público, gratuito e de qualidade, em nível de graduação; me possibilitou integrar seu quadro permanente de servidores; e, com a conjunção de ambos, me oportunizou aperfeiçoamento em nível de pós-graduação, tendo o próprio Estado como objeto de análise crítica, o que só se viabiliza em um contexto amplo de democracia e de solidez das suas instituições.

“Boa terra, velha esfera
Que nos leva aonde for
Pro futuro, quem nos dera
Que te dessem mais valor”
Mês de maio – Almir Sater

“Oh Mother Earth
With your fields of green
Once more laid down
By the hungry hand
How long can you
Give and not receive
And feed this world
Ruled by greed”
Neil Young – Mother Earth

Lista de Símbolos e Abreviaturas

ABC	Agricultura de Baixo Carbono
ABRASCO	Associação Brasileira de Saúde Coletiva
AGROSTAT	Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BCB	Banco Central do Brasil
BRICS	Acrônimo de: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CC	Casa Civil
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COFINS	Contribuição de Financiamento da Seguridade Social
COMEXSTAT	Estatísticas de Comércio Exterior
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COP28	Conferência das Partes
DETER	Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (em inglês)
FRA	Avaliação Global de Recursos Florestais (em inglês)
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEIDA	Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPI	Imposto Sobre Produtos Industrializados
LOSAN	Lei Orgânica da Segurança Alimentar e Nutricional
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MATOPIBA	Acrônimo de: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário e da Agricultura Familiar
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio e Serviços
MF	Ministério da Fazenda
MODERINFRA	Programa de Incentivo à Irrigação e à Armazenagem
OC	Observatório do Clima
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAM	Produção Agrícola Municipal
PAP	Plano Agrícola e Pecuário
PARA	Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos
PASEP	Programa de Integração Social e o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PDRI	Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado
PIS	Programa de Integração Social
PNDA	Programa Nacional de Defensivos Agrícolas
PNB	Programa Nacional de Bioinsumos
PNF	Plano Nacional de Fertilizantes
POLOAMAZÔNIA	Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia
POLOCENTRO	Programa de Desenvolvimento da Região Centro-Oeste
POLONORDESTE	Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste
PR	Presidência da República
PRODECER	Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados
PROFIR	Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação
PROINE	Programa de Irrigação do Nordeste
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PRONI	Programa Nacional de Irrigação
PROVÁRZEAS	Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis
SEAD	Secretaria Especial da Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SH	Sistema Harmonizado de Designação e Codificação de Mercadorias
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SISAN	Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
SNCR	Sistema Nacional de Crédito Rural
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (em inglês)
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (em inglês)
VBP	Valor Bruto da Produção
VMP	Valores Máximos Permitidos

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Brasil: participação conforme tipologia em relação à retirada total anual...	47
Gráfico 2 - Brasil: importação de fertilizantes (milhões de toneladas)	52
Gráfico 3 - Uso de agrotóxicos (em mil toneladas).....	58
Gráfico 4 - Consumo de agrotóxicos por área cultivada (quilograma por hectare)	61
Gráfico 5 - Brasil: consumo de agrotóxicos por área (quilograma por hectare) e área de cultivo de soja (mil hectares).....	64

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido no ano safra (R\$ milhões)	29
Tabela 2 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido na safra 2023/24 para espécies vegetais (R\$ milhões).....	30
Tabela 3 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido na safra 2023/24 para espécies animais (R\$ milhões).....	31
Tabela 4 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido no âmbito do Pronaf na Safra 2023/24 (R\$ milhões).....	31
Tabela 5 - Brasil: área, produtividade e produção de grãos	34
Tabela 6 - Brasil: uso da terra por classe de cobertura (milhão de hectares)	40
Tabela 7 - Brasil: Emissão de GEE por classe (bilhão de toneladas).....	41
Tabela 8 - Brasil: produção e exportação de carne bovina (mil toneladas).....	43
Tabela 9 - Brasil: retirada média anual de água (em metro cúbico por segundo)	46
Tabela 10 - Brasil: área irrigada (mil hectares).....	48
Tabela 11 - Brasil: área irrigada por pivô central (mil hectares).....	48
Tabela 12 - Brasil: área agrícola e importação de fertilizantes	53
Tabela 13 - Consumo de fertilizantes por nutriente (quilograma por hectare).....	54
Tabela 14 - Brasil: produção agrícola e consumo de fertilizantes NPK (mil toneladas).....	54
Tabela 15 - Brasil: comercialização de agrotóxicos (mil toneladas de ingrediente ativo).....	60
Tabela 16 - Brasil: área agrícola e comercialização de agrotóxicos	61
Tabela 17 - Brasil: produção agrícola e consumo de agrotóxicos (mil toneladas).....	62
Tabela 18 - Brasil: área destinada aos dez principais produtos e participação no total da área das lavouras temporárias e permanentes (milhão de hectares).....	67
Tabela 19 - Brasil: quantidade produzida das dez principais culturas e participação no total da produção das lavouras temporárias e permanentes (milhão de toneladas).....	68
Tabela 20 - Brasil: projeção da área plantada (mil hectares)	72

Resumo:

Este trabalho procura analisar a evolução do modelo de produção agroalimentar que vem sendo adotado no Brasil, e identificar o papel das políticas públicas na conformação desse padrão, especialmente a partir da década de 1970. Tendo como ponto de partida a discussão sobre o advento da Revolução Verde e passando pela estruturação dos impérios alimentares, são utilizadas algumas variáveis relacionadas diretamente à abordagem das fronteiras planetárias, para demonstrar a que custo ambiental aquele modelo se viabilizou, respaldado por iniciativas públicas, muitas das quais permanecem e se renovam até hoje. Utilizando o crédito rural como uma política de referência, avança-se sobre a consolidação dos pilares da produção de alimentos, baseada, entre outros aspectos, na expansão da fronteira agrícola e no crescente uso de água e insumos químicos, todos com forte interferência sobre a biodiversidade. No entanto, apesar da evidenciação dos efeitos negativos da produção convencional de alimentos sobre o meio ambiente, e apesar dos compromissos ambientais assumidos pelo Governo Federal, o que se observou como indicativo para a próxima década é o fortalecimento da lógica concentradora e predatória e intensificação do atual modelo.

Palavras-Chave: fronteiras planetárias; políticas públicas; produção agroalimentar; revolução verde.

Abstract:

This study aims to analyze the evolution of the agri-food production model, that has been adopted in Brazil, and to identify the role of public policies in shaping this pattern, especially since the 1970s. Starting from the discussion about the advent of the Green Revolution and moving through the structuring of food empires, it uses several variables directly related to the planetary boundaries approach, to demonstrate the environmental costs at which this model became viable, supported by public initiatives, many of which remain and are renewed to this day. Using rural credit as a reference policy, it advances on the consolidation of the pillars of food production, based, among other aspects, on the expansion of the agricultural frontier and the increasing use of water and chemical inputs, all with strong interference on the biodiversity. However, despite the evidence of the negative effects of conventional food production on the environment, and despite the environmental commitments assumed by the Federal Government, what was observed as indicative for the next decade is the strengthening of the concentrative and predatory logic and intensification of current model.

Keywords: planetary boundaries; public policies; agri-food production; green revolution.

SUMÁRIO

Lista de símbolos e abreviaturas	viii
Lista de Gráficos	x
Lista de Tabelas	xi
1. Introdução	1
2. Considerações Metodológicas	6
3. (In)Sustentabilidade Ambiental e Políticas Públicas: origens, iniciativas e desdobramentos.....	11
3.1 Impérios Agroalimentares.....	11
3.2 Revolução Verde.....	14
3.3 Fronteiras Planetárias.....	16
4. Políticas Públicas e Consequências Ambientais	24
4.1 A Política Nacional de Crédito Rural	24
4.2 A consolidação do atual perfil da produção de grãos no Brasil.....	32
4.3 A Consolidação do modelo predatório de uso de recursos ambientais.....	37
4.3.1 Uso da terra e emissão de gases de efeito estufa (GEE)	37
4.3.2 Uso da água.....	45
4.3.3 Uso de fertilizantes químicos.....	51
4.3.4 Uso de agrotóxicos.....	58
4.3.5 Erosão da biodiversidade e monotonia alimentar	66
4.4 Plano Nacional para a Transformação Ecológica: contradições em curso.....	70
5. Considerações finais.....	74
6. Referências bibliográficas	78

1. Introdução

No Brasil, o modelo de produção de alimentos opera sobre um sistema de monoculturas, baseado em grandes extensões de terra, com a constante expansão da área explorada, e depende de uma complexa estrutura logística de armazenagem e transporte, além do uso intensivo de maquinário, água, combustíveis, insumos químicos, sementes transgênicas e antibióticos. Essa cadeia culmina em grandes redes de distribuição com forte poder de negociação de preços em relação a fornecedores e a compradores finais.

Diversos estudos têm apontado que essa forma de produção vem alcançando um esgotamento devido ao seu caráter não sustentável, na medida em que gera desigualdades sociais e regionais, além de ameaças aos recursos naturais e à biodiversidade (Shiki, 2010; Escher e Wilkinson, 2019; De Guedes, 2020; Abramovay, 2021; Abramovay 2022; Santos e Silva, 2022; Valadares, 2022, Sauer, 2024).

A partir da década de 1970, como resultado da adoção dos princípios da chamada Revolução Verde, movimento iniciado nos Estados Unidos após a segunda guerra mundial, que tinha como objetivo a redução da fome mundial através do aumento de produtividade agrícola de algumas culturas selecionadas, já nas décadas seguintes, o país passou a se destacar negativamente como um dos maiores consumidores de fertilizantes e defensivos químicos, além de sementes geneticamente modificadas, como componentes de uma escolha tecnológica direcionada pela dinâmica de mercado. Dinâmica essa, diretamente vinculada à manutenção da atividade agrícola convencional, que fornece as matérias-primas para a produção de alimentos ultraprocessados ou para a formulação de rações usadas na criação intensiva de animais e principalmente para suprir o mercado internacional (Abramovay, 2021).

A produção de alimentos seguros e saudáveis, realizada de forma sustentável deu espaço a uma monotonia alimentar, ao se priorizar a produção de commodities agrícolas às custas da exploração ambiental, do empobrecimento das comunidades do campo, e da padronização de produtos com baixo valor nutricional (Arnais, 2005; Gomes Junior e Aly Junior, 2015; Brack e Köhler, 2020; Durigon e Seifert Jr, 2022).

Como consequência desse imperialismo agroalimentar (Ploeg, 2008), de acordo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), “cerca de 75% da diversidade genética foi perdida no último século quando agricultores em todo o mundo transformaram as variedades de alto rendimento em geneticamente uniformes e

abandonaram as múltiplas variedades locais”¹. Atualmente, somente vinte espécies vegetais fornecem 90% do alimento humano, e dentre elas, trigo, milho e arroz representam 50% (Wilson, 2012, Brack e Köhler, 2020).

Em oposição a essa realidade, Burigo e Porto (2021) afirmam que nas últimas décadas, diferentes grupos nacionais e internacionais de especialistas em segurança alimentar e nutricional e em biodiversidade e mudanças climáticas, a serviço da Organização das Nações Unidas (ONU), têm se dedicado em lançar luz e buscado alternativas para enfrentar essa situação.

Fica nítida a importância das instituições públicas para o sucesso das iniciativas de contenção dos danos do sistema alimentar convencional. Conforme Darlot (2020), os governos têm um papel catalisador, facilitador e acelerador por meio de políticas públicas que estimulem mudanças de hábitos alimentares, incentivem a educação para o gosto, organização e mobilização de consumidores em formas inovadoras de apoio aos agricultores e campanhas para uma alimentação saudável. Em consonância com esse entendimento, ao menos em tese, em dezembro de 2023, durante a 28ª sessão da Conferência das Partes (COP28) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), o Governo Federal apresentou o Plano Nacional para a Transformação Ecológica, que contempla entre outros objetivos a sustentabilidade ambiental, tendo como eixo principal Bioeconomia e Sistema Agroalimentar.

Neste mesmo contexto, é dever do poder público a adoção de políticas que visem o alcance, até 2030, dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que são 17 objetivos e 169 metas de ação global de caráter ambiental, econômico e social. Conforme a página oficial na internet², “[...] espera-se que os países definam as suas metas nacionais, de acordo com as suas circunstâncias, e as incorporem em suas políticas, programas e planos de governo.” Especificamente o Objetivo 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável traz como metas, até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano; acabar com todas as formas de má-nutrição; dobrar a produtividade agrícola e a renda dos pequenos produtores de alimentos, particularmente das mulheres, povos indígenas, agricultores familiares, pastores e pescadores; garantir sistemas sustentáveis de produção

¹ Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/62289-fao-preservar-variedade-gen%C3%A9tica-dos-alimentos-%C3%A9-fundamental-para-combater-fome-e-desnutri%C3%A7%C3%A3o#:~:text=Cerca%20de%2075%25%20da%20diversidade,abandonaram%20as%20m%C3%BAltiplas%20variedades%20locais.>

² <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo; manter a diversidade genética de sementes, plantas cultivadas, animais de criação e domesticados e suas respectivas espécies selvagens.

Percebe-se nas metas a forte relação entre alimentação, saúde, biodiversidade e produção agropecuária e, nesse mesmo sentido, Burigo e Porto (2021) apontam para a transversalidade da alimentação no âmbito dos ODS. Para os autores, através da garantia de alimentos saudáveis, acessíveis e de qualidade, uma grande parte dos problemas sociais e sanitários do mundo poderá ser resolvida (Burigo e Porto, 2021).

Reforçando a importância do tema da produção de alimentos, destaca-se o documento base da 6ª Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, realizada em dezembro de 2023. O Eixo 1 tem como título “Os determinantes estruturais e macro desafios para a soberania e segurança alimentar e nutricional”, e traz como desdobramentos do tema “Comida de verdade e a captura corporativa dos sistemas alimentares”, as seguintes questões problematizadoras:

- “1. Como esses processos de captura corporativa dos sistemas alimentares se materializam nos diferentes territórios e contextos?
2. Quais as estratégias necessárias para enfrentar os processos de captura corporativa dos sistemas alimentares e a interferência das grandes corporações nos processos de tomada de decisão em instituições públicas?
3. Que estratégias podem ser adotadas para fomentar processos participativos de identificação e enfrentamento de falsas soluções para transformação dos sistemas alimentares?” (Brasil, 2023a)

O aumento do poder de interferência das redes dos comércios varejistas e atacadistas nos elos das cadeias produtivas, além de uma configuração produtiva vinculada diretamente ao mercado de capitais exigem “o direcionamento de recursos públicos no sentido de garantia da segurança alimentar, com produtos de qualidade e produzidos de forma sustentável” (Santos e Silva, 2022, p. 26). Quando o motor do crescimento deixa de ser a formação do mercado interno em detrimento da inserção internacional, os efeitos de sinergia gerados pela relação entre as regiões do país desaparecem, enfraquecendo os vínculos de solidariedade entre elas (Furtado, 2005).

Pires e Araújo (2013) apontam que é crescente a dependência da demanda e dos preços internacionais no modelo de desenvolvimento agrícola brasileiro, para

definição do rumo e do ritmo de desenvolvimento econômico nacional e, mesmo com ganhos econômicos resultantes das commodities, permanece uma dependência estrutural. Para os autores, “mudanças de rumo a partir desta dinâmica de mercado são pouco prováveis, e políticas ousadas de desenvolvimento são necessárias” (Pires e Araújo, 2013, p.16). Acrescenta-se a isso, conforme Santos e Silva (2022), a necessidade de integração das políticas agrícolas às políticas de desenvolvimento rural sustentável, vinculado, por exemplo, à produção de alimentos de qualidade, respeitando o uso da terra, das florestas, da água e a manutenção da biodiversidade.

No decorrer do trabalho, demonstra-se que, ao longo das últimas décadas, especialmente a partir da introdução dos preceitos da Revolução Verde no Brasil, a participação do Estado nesse processo se deu no sentido contrário à essa integração. A escolha tem sido no sentido de priorizar, por meio de iniciativas públicas, a produção de commodities de baixo valor agregado, que dependem de constante aumento da área plantada e do consumo de insumos químicos e naturais, como suporte ao incremento das exportações, vinculadas às grandes empresas rurais.

A hipótese que se coloca é que, historicamente, as políticas públicas foram fundamentais para a conformação do atual modelo de produção alimentar, focado em um número restrito de produtos e, apesar da constatação dos inegáveis efeitos nocivos sobre o meio ambiente e do crescente avanço sobre as fronteiras planetárias, sua intensificação permanece sendo respaldada por iniciativas recentes do Estado. Conforme apontam Santos e Silva (2022), apesar do peso econômico vinculado a esses poucos produtos, as demais funções da agricultura também precisam ser valorizadas, caso contrário, a focalização no desenvolvimento agrícola pode intensificar a concentração do capital sobre os fatores de produção.

Essa configuração se verifica, por exemplo, na distribuição do crédito rural, conforme será detalhado adiante, e também em relação ao valor bruto da produção (VBP), cuja maior participação restringe-se a poucas culturas. Conforme detalham Santos e Sant'anna, com base nos dados do censo agropecuário de 2017, 85% do VBP é atingido por apenas cinco cultivos respondem das lavouras e temporárias e o mesmo percentual é alcançado por apenas nove cultivos das lavouras permanentes. Além disso, somente dez cultivos temporários e 12 permanentes ultrapassam a marca de 1% do VBP. (Santos e Sant'anna, 2022).

Ao comparar os Censos Agropecuários de 2006 e 2017, Valadares (2022) identifica que também na produção familiar a tendência é de redução no rol ofertado em

função da migração para as commodities. O autor destaca que a diminuição da produção das lavouras temporárias e permanentes no âmbito da agricultura familiar impactou negativamente na oferta de produtos como mandioca, feijão, café, banana, milho e arroz (Valadares, 2022).

Como importante conclusão o autor aponta que uma solução no contexto da garantia da segurança alimentar deve passar pelo fortalecimento das políticas voltadas à agricultura familiar, que produz eminentemente para o mercado interno. Por fim, manifesta preocupação com a produção de alimentos no país e salienta dois aspectos desse processo: a comoditização de produtos alimentícios, caracterizada pela concentração da produção no âmbito do setor patronal, voltado para a dinâmica do mercado externo em detrimento das necessidades internas; e o enfraquecimento da Agricultura Familiar de pequeno porte, cuja produção é fortemente voltada à produção de alimentos e atua como importante instrumento de fixação das famílias no campo.

Diante dessa discussão inicial, verifica-se a centralidade do modelo de produção agroalimentar como objeto de análise, especialmente no contexto de urgência climática global e de garantia da oferta de alimentos. A atividade agropecuária convencional representa hoje o principal vetor de emissão de gases de efeito estufa (GEE), de erosão da biodiversidade, de consumo e contaminação das águas e de degradação do solo, em função da produção de monocultivos padronizados, atrelados a ganhos financeiros de poucas e grandes empresas do agronegócio.

Nesse contexto, o que se coloca como questão objetivo central neste estudo, é o desenvolvimento de uma análise crítica quanto à evolução do modelo agroalimentar convencional e sua vinculação às iniciativas públicas empreendidas especialmente a partir da década de 1970, até períodos recentes. Desta forma, pretende-se responder à seguinte questão: é possível apontar as políticas públicas como instrumentos fundamentais para a estruturação do modelo de produção agroalimentar no Brasil e identificar consequências ambientais da intensificação desse padrão? Permeando essa questão central, utiliza-se como balizador o conceito das fronteiras planetárias e a sua estreita relação com a produção de alimentos, para escolha de algumas variáveis a serem analisadas. Como especificado no título deste trabalho, o recorte temporal contempla o período compreendido entre o início da introdução dos preceitos da Revolução Verde no Brasil, a partir da década de 1970, e o recentemente lançado Plano Nacional para a Transformação Ecológica, em 2023.

2. Considerações Metodológicas

A metodologia adotada neste trabalho consiste em uma pesquisa exploratória sobre a estruturação e consolidação do modelo de produção agroalimentar nacional, e sobre as políticas públicas a ele relacionadas, com enfoque principal sobre algumas variáveis selecionadas com base na abordagem das fronteiras planetárias.

Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, do tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. [...] O produto final desse processo passa a ser um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos mais sistematizados (Gil, 2019, pg 45).

Nesse contexto, o estudo traz uma contribuição ao propor a análise em torno da vinculação entre a produção de alimentos e a evolução das fronteiras planetárias. Para isso, utiliza-se como referências, além de autores consagrados, artigos e trabalhos pesquisados na ferramenta Google Acadêmico nos seguintes temas centrais e suas combinações: revolução verde; fronteiras planetárias; produção agroalimentar; impérios alimentares; fertilizantes e defensivos químicos; irrigação agrícola; transformação ecológica; política agrícola; crédito rural; uso da terra; biodiversidade; monotonia alimentar; políticas públicas. Adotou-se como critério a priorização por trabalhos mais recentes, principalmente aqueles publicados a partir de 2020, como forma de reforçar o entendimento em relação atualidade do tema.

Paralelamente, visando robustecer a discussão, o estudo contempla a análise qualitativa de dados relevantes vinculados à produção agropecuária nacional, utilizando como fontes principais: Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE; Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA; Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA; Ministério da Indústria, Comércio e Serviços – MDIC; Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA; Plataforma MapBiomas; Observatório do Clima – OC e Banco Central do Brasil – BCB.

A análise qualitativa depende de muitos fatores, tais como a natureza dos dados coletados, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que nortearam a investigação. Pode-se, no entanto, definir esse processo como uma sequência de atividades que envolve a redução dos dados, a categorização desses dados, sua interpretação e a redação do relatório (Gil, 2002, pg. 133).

Nesse sentido, o trabalho busca mensurar alguns dos desdobramentos negativos do modelo de produção agroexportador, e vincular sua estruturação e intensificação à atuação do Estado, através das políticas e iniciativas adotadas desde a década de 1970 até a atualidade. São analisados dados relacionados, por exemplo, ao uso insumos químicos em relação à área agrícola, e os efeitos da sua intensificação sobre o meio ambiente; à evolução do consumo de água para irrigação agrícola; às mudanças no uso da terra e das florestas, e sua implicação na emissão dos gases de efeito estufa (GEE); à erosão da biodiversidade e da homogeneização produtiva.

A escolha dos dados se sustenta na abordagem do conceito das fronteiras planetárias, cuja discussão aparece no Capítulo 3: (In)Sustentabilidade Ambiental e Políticas Públicas: origens, iniciativas e desdobramentos, e a respectiva identificação da influência do modelo convencional de produção de alimentos sobre elas. Desta forma, busca-as levantar e analisar dados relacionados à produção agropecuária que eventualmente estejam vinculados a cada uma das fronteiras.

Nesse contexto, a discussão específica, que compõe o Capítulo 4: Políticas Públicas e Consequências Ambientais, inicia na primeira seção com a abordagem sobre o Crédito Rural, considerado o principal instrumento da Política Agrícola Nacional. Analisa-se essa política sob o enfoque do custeio agrícola nas safras (julho a junho) 2013/2014 e 2023/2024, com informações extraídas da Matriz de Dados do Crédito Rural, do Banco Central do Brasil³.

O recorte escolhido exclui os recursos de livre aplicação por parte dos agentes operadores do Crédito, considerando-se, portanto, somente as fontes que envolvem a utilização de recursos públicos⁴. Desta forma, reforça-se o entendimento de que o Crédito Rural representa uma importante política pública, e não apenas um instrumento sujeito exclusivamente às demandas de mercado.

Outra observação metodológica é quanto à escolha dos itens financiáveis, restringindo-se exclusivamente aos produtos animais ou vegetais cuja participação é igual ou superior a 1% em relação ao total, excluindo-se os demais itens genéricos, que não permitem a vinculação direta aos produtos. Nesse sentido, estima-se a participação dos principais produtos, em relação à destinação do volume total do crédito de custeio,

³ Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>

⁴ Fontes de recursos consideradas no âmbito da modalidade de custeio agrícola: BNDES/FINAME – Equalizável; FUNCAFÉ; Fundos constitucionais (FCO, FNE, FNO); Governos e Fundos estaduais ou municipais; Letra de crédito do agronegócio – controlados; Recursos obrigatórios – MCR 6.2; Poupança rural – controlados; Recursos livres equalizáveis; Tesouro Nacional.

vinculado à utilização de recursos públicos. Na mesma seção, analisa-se, ainda, a concessão do crédito na safra mais recente, com recortes de produção animal e vegetal, e com detalhamento específico no contexto do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf.

Na seção seguinte, analisa-se dados disponíveis nas Séries Históricas da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, que contemplam evolução da produção de grãos⁵, da área plantada e da produtividade no Brasil entre as safras de 1976/77 e 2022/23, com foco nos produtos cuja área de plantio encontra-se na escala dos milhões de hectares. O objetivo é identificar uma relação entre a adoção das práticas centrais da Revolução Verde e as mudanças nos padrões produtivos dos alimentos.

Em seguida, já sob o enfoque das fronteiras planetárias, a seção divide-se conforme cada variável considerada. Inicialmente, utilizando dados entre 1985 e 2022, da Plataforma MapBiomias – Cobertura, analisa-se a evolução do uso da terra por classe de cobertura; e com base nos dados da mesma Plataforma MapBiomias - Transições, analisa-se a transição da área florestal para outras classes. Ambas as verificações são confrontadas com dados do Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), do Observatório do Clima (OC)⁶, buscando mensurar seus respectivos impactos sobre as emissões de gases de efeito estufa.

A análise seguinte refere-se ao uso e contaminação da água, utilizando como primeira fonte os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, através da Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água no Brasil⁷, na qual são detalhados os históricos de volume de retirada de água por modalidade, a partir de 1970 e com projeções até o ano de 2040. Posteriormente, considerando-se especificamente o contexto da produção agropecuária, e com base nos dados da Plataforma MapBiomias – Irrigação⁸, entre 1985 e 2022, analisa-se a evolução da área agrícola irrigada, conforme o tipo de irrigação, com especial destaque à utilização do sistema por pivô central, e sua estratificação por culturas.

Na sequência, avalia-se a evolução do uso de fertilizantes químicos, a partir do histórico de importação desses produtos, com base nos dados de comércio exterior

⁵ Grãos considerados pela CONAB: algodão, amendoim, arroz, aveia, canola, centeio, cevada, feijão, gergelim, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, trigo, triticale. A título de simplificação, na composição das tabelas deste estudo, foram considerados somente os grãos cuja área plantada alcança pelo menos 1 milhão de hectares, sem excluir, no entanto, os demais grãos no somatório total.

⁶ Disponível em: <https://seeg.eco.br/>

⁷ Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>

⁸ Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/#>

disponibilizados pelo Ministério da Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), adotando-se o padrão estabelecido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) para classificação dos fertilizantes, que contempla 34 produtos classificados no Sistema Harmonizado de Designação e Codificação de Mercadorias de 6 dígitos (SH6), comercializados mundialmente⁹. Posteriormente, confronta-se o volume importado com a evolução da área plantada, a partir dos dados do relatório Contas Econômicas Ambientais da Terra, entre 2000 e 2022, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE¹⁰. Ainda nessa seção, confronta-se os volumes do uso agrícola de fertilizantes, disponibilizados pela FAO, com o volume de produção de alimentos das lavouras temporárias e permanentes, disponibilizados pela Produção Agrícola Municipal – PAM, do IBGE.

A abordagem em relação ao uso de agrotóxicos inicia com a análise da evolução do consumo em termos globais, utilizando-se dados extraídos do sistema Faostat, da FAO, entre os anos de 1990 e 2021, para países selecionados a partir do critério adotado por Moraes (2019), que considerou as dez maiores economias do mundo, além dos integrantes do Mercosul, BRICS e Nafta. Em seguida, em relação especificamente ao consumo nacional, utiliza-se os Boletins Anuais de Produção, Importação, Exportação e Vendas de Agrotóxicos no Brasil, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA¹¹, conforme o grau de periculosidade ao meio ambiente. Analisa-se, ainda, a evolução dos dados totais de comercialização frente à área agrícola, medida pelo IBGE, nos anos disponíveis em ambas as bases. Posteriormente, novamente utilizando o critério de Moraes (2019), e os dados fornecidos pela FAO, analisa-se uso de agrotóxicos por área cultivada, no período compreendido entre 1990 e 2021 em níveis mundiais. Por fim, confronta-se os volumes consumidos de agrotóxicos, disponibilizados pela FAO, com o volume de produção de alimentos das lavouras temporárias e permanentes, disponibilizados pela Produção Agrícola Municipal – PAM, do IBGE.

O enfoque seguinte se dá sobre a erosão da biodiversidade e a emergência da monotonia alimentar. Como forma de tentar quantificar essas variáveis, utiliza-se dados

⁹ Codificação dos produtos considerados pela FAO, conforme SH6: 251010, 251020, 281410, 281420, 282710, 283410, 283421, 310100, 310210, 310221, 310229, 310230, 310240, 310250, 310260, 310280, 310290, 310311, 310319, 310390, 310420, 310430, 310490, 310510, 310520, 310530, 310540, 310551, 310559, 310560, 310590. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN>.

¹⁰ Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/34822-contas-economicas-ambientais-da-terra.html>

¹¹ Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>

históricos da Produção Agrícola Municipal, fornecidos pelo IBGE¹², entre 1988 e 2022, dos quais analisa-se a área destinada aos dez principais produtos e a quantidade produzida, além das respectivas participações no total das lavouras temporárias e permanentes.

Por fim, já na nova seção, discute-se sobre o Plano Nacional para a Transformação Ecológica, e analisa-se o documento Projeções Agronegócio Brasil – 2022/23 a 2032/33¹³, disponibilizado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária, a partir do qual consolida-se informações sobre as estimativas de produção para a próxima década.

Cabe destacar que os anos considerados para a elaboração das tabelas e gráficos retratam a disponibilidade em cada uma das bases, ou seja, optou-se por utilizar as séries históricas de forma mais completa quanto possível, sempre contemplando os anos inicial e final disponíveis. No caso de séries históricas muito extensas, com informações anuais, afim de buscar a melhor visualização dos dados, optou-se por utilizar somente o primeiro e último ano disponíveis, ou intervalos intermediários, mas sempre observando-se a congruência da totalidade dos dados.

Após a análise e discussão, no Capítulo 5 propõe-se algumas considerações finais resultantes não somente da pesquisa, mas embasados também na experiência adquirida como servidor público ao longo de aproximadamente quinze anos, divididos entre Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), Secretária Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (SEAD CC-PR) e Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

¹² Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>

¹³ Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-brasileira-devera-chegar-a-390-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos/ProjeesdoAgronegcio20232033.pdf>

3. (In)Sustentabilidade Ambiental e Políticas Públicas: origens, iniciativas e desdobramentos

Este Capítulo busca trazer uma contextualização que irá subsidiar e justificar a escolha dos dados a serem analisados no capítulo subsequente. O esforço consiste em apresentar a definição dos Impérios Agroalimentares, estabelecer sua vinculação com o advento da Revolução Verde e, posteriormente, identificar pontos de convergência com a abordagem das Fronteiras Planetárias.

3.1 Impérios Agroalimentares

A Declaração Universal dos Direitos Humanos, de 1948, traz em seu artigo 25º o Direito Humano à Alimentação Adequada, conceito que só veio a ser incorporado pela legislação brasileira mais de 50 anos depois, com a instituição da Lei 11.346, de 2006 (Brasil, 2006) e, posteriormente, por meio da Emenda Constitucional nº 64, que alterou o Artigo 6º da CF, para incluir a alimentação como direito social (Brasil, 2010). Conhecida como Lei Orgânica da Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN), esse instrumento “Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências”. Merece especial destaque:

“Art. 3º A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

Art. 4º A segurança alimentar e nutricional abrange:

I - a ampliação das condições de acesso aos alimentos por meio da produção, em **especial da agricultura tradicional e familiar**, do processamento, da industrialização, da comercialização, incluindo-se os acordos internacionais, do abastecimento e da distribuição de alimentos, incluindo-se a água, bem como das **medidas que mitiguem o risco de escassez de água potável**, da geração de emprego e da redistribuição da renda;

II – **a conservação da biodiversidade e a utilização sustentável dos recursos;**

IV – a garantia da **qualidade biológica, sanitária, nutricional** e tecnológica dos alimentos, bem como seu aproveitamento, estimulando práticas alimentares e estilos de vida saudáveis que respeitem a diversidade étnica e racial e cultural da população; [grifos do autor] [...]” (Brasil, 2006).

Conforme será discutido ao longo deste trabalho, parte significativa do texto da Lei carece de maior atenção por parte dos gestores e formuladores de políticas públicas, haja vista a crescente submissão dos interesses públicos e sociais a um modelo

de produção de alimentos que desrespeita os pilares básicos do equilíbrio ambiental, econômico e social, e favorece poucas e grandes empresas do ramo, caracterizando o que Ploeg (2008) denomina impérios alimentares.

Os impérios alimentares se ligam a outros domínios através de apropriação e do controle hierárquico sobre as diversas redes, e se concretizam em uma expansão permanente, através da conquista da natureza, da vida, dos alimentos e da agricultura, que afeta os padrões de consumo, a saúde e a identidade dos consumidores. Suas consequências vão além da má nutrição de populações pobres, e estão presentes na reestruturação da agricultura, nas taxas de obesidade e nos riscos à saúde associados à inclusão generalizada dos organismos geneticamente modificados na alimentação. (Ploeg, 2008).

Esse “regime alimentar imperial” incorpora a combinação entre livre comércio e novas formas de regulação, fundamentadas nos interesses convergentes dos grandes grupos de agronegócio e dos aparelhos estatais, desintegrando as políticas e instituições antes estabelecidas. Paralelamente, os mercados alimentares são reordenados, tornando-se globalizados e alinhados com os processos globais de acumulação, dando espaço para a emergência das grandes corporações. Nesse contexto, a base da expansão está na artificialização dos alimentos, cada vez mais necessária para que sua produção, processamento e distribuição permitam obrigatoriamente a geração de lucros que atendam aos níveis esperados [pelos acionistas e investidores] (Ploeg, 2008, grifo adicionado pelo autor).

“Os esquemas reguladores, cada vez mais impostos pelos aparelhos estatais à agricultura, à indústria alimentar e à natureza, funcionam exatamente da mesma forma. O Estado se retira como ator visível (e discutível) de vários domínios da vida pública, mas torna a entrar como o "regulador" onipresente que impõe normas, procedimentos e agendas administrativas e financeiras sobre todos os elementos sociais e naturais relevantes” (Ploeg, 2008, pg. 262).

Fernandes (2019) aponta que no final do século XIX e início do século XX, grandes corporações dos Estados Unidos e da Europa implantaram imensas áreas de produção de commodities na América Latina, desde bananas para exportação, passando por laranja, cana-de-açúcar e chegando à soja. Já em meados do século XX, emergiu o agronegócio, a partir da integração de diversos sistemas produtivos, fortalecendo os impérios alimentares.

“Controlando os sistemas agrícola, pecuário, industrial, comercial, financeiro e tecnológico, o agronegócio é um complexo de sistemas organizado em rede que envolve empresas de todos os setores da economia, partidos políticos e governos. Com essa estrutura as corporações capitalistas passaram a controlar as sementes e as tecnologias, além da terra, do trabalho e da produção” (Fernandes, 2019, pg. 193).

Conforme Porto (2018), o conceito de impérios alimentares permite compreender o modelo de agricultura globalizada, da qual fazem parte: os grandes proprietários de terra; as empresas que atuam internacionalmente, com poder de monopólio na produção, processamento, distribuição e consumo de alimentos; as indústrias de fertilizantes, agrotóxicos, transgênicos e outros insumos; e as grandes cadeias de supermercados. “A destruição ambiental, as doenças e mortes provocadas por todas essas atividades econômicas são consideradas meros “efeitos colaterais”, externalidades do mercado a serem eventualmente reduzidas” (Porto, 2018, pg. 2).

Na vigência do terceiro regime alimentar internacional [1980-2000], expresso nos atuais impérios alimentares, tanto a produção quanto a distribuição dos alimentos encontram-se sob controle das grandes corporações transnacionais, que transformam a alimentação das pessoas em ações negociadas nas bolsas de valores de todo o mundo. Isso significa que, cada vez mais, para que a agricultura produtora de alimentos se realize, faz-se necessário a passagem pelo crivo da valorização dos capitais subentendidos aos insumos necessários (ou mesmo, obrigatórios), que tendem progressivamente à totalidade das atividades agrícolas (Valério, 2021, pg. 847, grifo adicionado pelo autor).

Como demonstra Fernandes (2019), esse processo resulta em áreas de produção de commodities, com impacto direto sobre o meio ambiente, através da extração de recursos naturais e sobre as populações do campo, por meio do controle territorial. Ambas estratégias fazem parte do modelo hegemônico do agronegócio, calcado predominantemente no agroextrativismo, que “é produtor e produto do neocolonialismo baseado na economia da dependência e na desigualdade” (Fernandes, 2019, pg. 195). Além disso, para o autor, o movimento relaciona-se diretamente com o contexto da Revolução Verde, que determinou a estrutura do modelo capitalista de desenvolvimento da agricultura, e desconectou o campo da cidade e a comida da natureza, na medida em que a produção de alimentos passou a depender menos dos agricultores para ser controlado pelas grandes corporações.

3.2 Revolução Verde

A chamada Revolução Verde teve sua origem durante a Segunda Guerra Mundial, idealizada e patrocinada pelo grupo americano Rockefeller¹⁴, incluindo projetos-piloto em alguns países e alcançando grande expansão a partir de 1965. Com o fim do conflito, era necessário criar uma nova estratégia alimentar para o mundo, que incluísse as regiões mais propícias à agricultura na América Latina, África e Ásia, tendo os EUA como fornecedores da tecnologia necessária à execução desse processo (Pessôa, 2020).

Esse movimento representou uma mudança de paradigma na produção agropecuária, baseada na utilização de sementes geneticamente modificadas, fertilizantes e defensivos químicos, irrigação e mecanização, combinados à altas taxas de investimento em pesquisa, infraestrutura, desenvolvimento de mercado e políticas para o setor, com o objetivo de proporcionar o aumento de produtividade, (Campagnolla e Macêdo, 2022) e o distanciamento das formas tradicionais de produção (Guimarães, 1979; apud Pessôa, 2020).

Abramovay (2021) destaca que a Revolução Verde buscou fazer frente ao avanço da fome, que atingia quase metade da população mundial nos anos 1950, através da homogeneidade de técnicas e das variedades de cultivo, focando especialmente em arroz, milho e trigo, os três produtos mais consumidos no mundo. De fato, entre 1961 e 1999, houve um aumento de 106% da produtividade agrícola global, porém sustentada no aumento de 97% da superfície irrigada; 845% da produção de agrotóxicos; 638% do uso de fertilizantes nitrogenados e 203% dos fosfatados, cujos ciclos representam uma das nove fronteiras ecossistêmicas, diretamente relacionadas à vida no planeta (Abramovay, 2021).

Para Campagnolla e Macêdo (2022), no Brasil, a adoção desse pacote tecnológico teve início na década de 1970 e baseou-se em algumas medidas governamentais como incentivo em pesquisa agropecuária, assistência técnica e crédito rural subsidiado, além da desoneração tributária para agrotóxicos e outros insumos agropecuários, vigente até hoje, e que certamente contribui para o uso ineficiente desses produtos (Campagnolla e Macêdo, 2022).

Silva (1982), ao analisar especificamente o papel do crédito rural no processo de modernização da agricultura, verifica que um dos resultados foi a concentração das

¹⁴ Grupo empresarial com inserção em vários países atuação em diversos ramos, especialmente petrolífero.

unidades de produção, que se tornaram maiores, levando também à deterioração da distribuição da renda no setor.

Como os chamados insumos modernos – especialmente fertilizantes, defensivos e mecanização – são fortemente subsidiados, as condições de lucratividade das culturas ditas modernas (justamente porque utilizam maiores proporções de insumos modernos) são maiores; ainda mais porque, sendo quase sempre produtos de exportação e/ou de transformação industrial (como cana, café, soja, trigo etc.), têm sempre uma evolução dos preços relativamente mais favorável do que as culturas tradicionais, que são basicamente os produtos alimentícios (arroz, mandioca, feijão etc.), cujos preços repercutem diretamente no aumento do custo de vida. Não é coincidência, portanto, verificar que as culturas “modernas” têm uma lucratividade maior que as tradicionais (Silva, 1982, pg 29-30).

Tolentino (2016) destaca que esse processo de industrialização da agricultura, desconsiderando contradições sociais, teve nas iniciativas públicas um definidor dos rumos também dos pequenos produtores, quando, ainda nos anos de 1970, foram criados os Projetos de Desenvolvimento Rural Integrado (PDRI), a exemplo do Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (POLONORDESTE), do Programa de Desenvolvimento da Região Centro-Oeste (POLOCENTRO) e do Programa de Polos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (POLAMAZONIA). Para o autor, essas políticas serviram para reafirmar ainda mais o modelo hegemônico, de caráter economicista e de racionalidade empresarial, baseado na reorganização agrária, viabilização de infraestrutura, pesquisa, assistência técnica, crédito e comercialização (Tolentino, 2016).

No mesmo sentido, Moreira (2000) aponta que, no Brasil, a ideia da produção industrial, associada à emergência da Revolução Verde, assumiu a prioridade do subsídio dos créditos agrícolas, como estímulo aos grandes produtores com viés exportador, além de agroindústrias, empresas de maquinários e de insumos, produção de processados e diferenciação do consumo. Nesse contexto, o autor destaca que as críticas a esse modelo, quando associados aos movimentos ecológicos e ambientalistas nacionais, se baseiam principalmente em três componentes: técnico, social e econômico.

O primeiro componente relaciona-se ao questionamento da relação entre o ser humano e a natureza e traz à tona o conceito de prudência ambiental. Nesse sentido, é necessário que se estabeleça uma nova visão sobre os conceitos de natureza, ser humano, trabalho produtivo e sobre a teoria da renda da terra, incorporando questões da biodiversidade no campo. O componente social refere-se a uma crítica ao modelo concentrador e excludente, intrínseco à modernização da agricultura brasileira, calcada “na tradição das políticas públicas e governamentais que nortearam nossas elites

dominantes, seja na área econômica, seja no próprio campo político de definição de prioridades” (pg. 45). Situação essa intensificada pela Revolução Verde e pelas políticas neoliberais de abertura dos mercados nos anos 1990. Por fim, o terceiro componente reflete uma crítica em termos econômicos, haja vista a intensificação dos custos produtivos devido à escassez relativa de recursos naturais, ao uso de insumos químicos e à deterioração dos recursos de solo, água e clima (Moreira, 2000).

Embora o trabalho do autor tenha sido publicado há mais de vinte anos, uma importante preocupação relatada naquele momento permanece ainda mais atual: “Nos dias de hoje, nada aponta para uma redução da concentração oligopólica dos mercados [...], bem como nada indica uma mudança das elites no entendimento das necessidades daqueles setores sociais. A frente agrária e a bancada ruralista ainda fazem valer seus interesses no Congresso Nacional” (Moreira, 2000. Pg. 49).

Considerando as modificações resultantes da Revolução Verde sobre o padrão produtivo e seus respectivos impactos sobre os componentes ambientais e sociais, busca-se, a seguir, identificar na discussão sobre as fronteiras planetárias pontos de convergência entre o processo iniciado na década de 1970 e a atual crise ambiental.

3.3 Fronteiras Planetárias

A domesticação de plantas e animais ocorre desde cerca de 13 mil anos atrás, ainda na época geológica do Pleitoceno, mas no Holoceno que surgem as condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da agricultura. A partir de então, passando pela industrialização na Europa no século XVIII, o mundo vivenciou intensas mudanças sociais, econômicas e ambientais, que, de fato, representam o início do desequilíbrio dessas variáveis no período que se inicia após a segunda guerra mundial, com a intensificação do uso de recursos naturais e combustíveis fósseis e modificações radicais na agricultura (Araujo, 2022).

Esse impacto da atividade humana sobre o planeta caracteriza uma nova época geológica, a qual os pesquisadores passaram a chamar Antropoceno, cuja origem carece de consenso entre os cientistas de diversas áreas: surgimento da agricultura, revolução industrial, explosão da primeira bomba atômica ou período pós-segunda guerra mundial (Abramovay, 2013).

Segundo Andrade (2011), as sociedades pré-industriais não possuíam organização e tecnologia suficientes para exercer seu domínio sobre a natureza e, nesse

sentido, as mudanças ambientais se deram na maior parte em contextos locais ou transitórios, dentro dos limites de variabilidade natural do meio ambiente. O início da era industrial, por outro lado, desencadeou intervenções que passaram a afetar o equilíbrio dos sistemas naturais terrestres e ameaçar a resiliência do ecossistema global, elevando riscos de mudanças irreversíveis e potencialmente catastróficas (Andrade, 2011).

Abramovay (2013) destaca que o principal traço do Antropoceno é que a humanidade se tornou a principal força de mudança geológica do Planeta, cuja capacidade de assimilar e atenuar impactos apresenta sinais visíveis de esgotamento. O aumento da temperatura global média devido à atividade humana traz consigo prejuízos irreversíveis:

“[...] nove mil espécies de plantas e dez mil espécies animais encontram-se ameaçados e o ritmo de extinção das espécies é hoje cem vezes superior à sua taxa natural. Nada menos que 40% da superfície terrestre é ocupada com atividades agropecuárias. O volume do gelo marítimo no Ártico foi dividido por cinco desde 1979” (Abramovay, 2013, s/p).

Nesse contexto da ação humana sobre o planeta e da consequente crise ambiental e climática, é que surge a definição das fronteiras planetárias. O conceito proposto pelo cientista Johan Rockström e outros, em 2009, vincula-se a limites físicos cuja ultrapassagem pode levar até a incapacidade de o ecossistema global suportar as atividades humanas.

As fronteiras planetárias representam subsistemas de funcionamento da Terra que mantiveram o planeta em estado de estabilidade ao longo de todo o Holoceno, mas atualmente encontram-se pressionados pela ação do ser humano. Esses subsistemas são capazes de regular o funcionamento do planeta, portanto podem nos indicar zonas seguras de operação e manutenção da vida. No entanto, à medida que o impacto humano sobre esses subsistemas aumenta, arriscamos romper as fronteiras planetárias, provocando instabilidades que podem ser devastadoras para a vida humana. Por isso, a abordagem de fronteiras planetárias vem produzindo enorme interesse tanto de cientistas como de formuladores de políticas públicas (Araujo, 2022, pg. 55).

A abordagem original contemplava sete fronteiras com indicadores mensuráveis e respectivos níveis limites: mudanças climáticas; acidificação dos oceanos; ozônio estratosférico; ciclo biogeoquímico do nitrogênio (N) e do Fósforo (P); uso global de água doce; mudança no uso da terra; e perda da biodiversidade. Outras duas fronteiras ainda não dispunham de definição clara quanto à medição: poluição química e carga de aerossóis atmosféricos. Naquele momento, os autores reconheceram que os limites propostos e suas medições estavam cercados de incerteza e lacunas de conhecimento sobre o Sistema Terrestre, e a proposta buscava estabelecer bases para aprimorar a governança e a gestão sobre essas questões. Segundo suas estimativas, três dessas fronteiras haviam sido ultrapassadas, aquelas relacionadas às mudanças climáticas, à

perda de biodiversidade e às alterações no ciclo global do nitrogênio (Rockström et al, 2009).

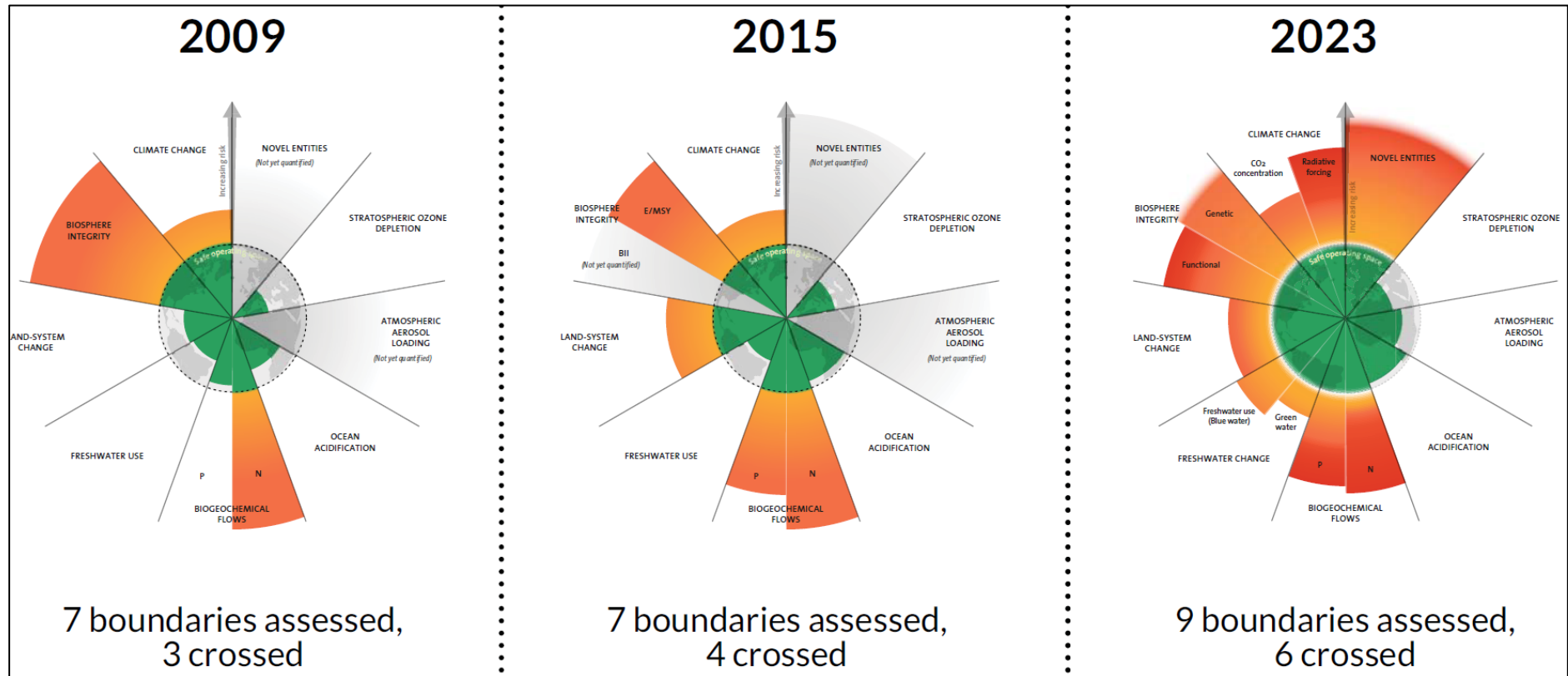
Para cada uma das fronteiras foram definidos limites ou estágios de evolução: zona segura, onde garante-se a estabilidade e resiliência do planeta; zona de incerteza, considerada como um limiar, onde os riscos de desestabilização são crescentes; e zona de alto risco, caracterizada por pontos de inflexão e possível irreversibilidade. Os autores citam como algumas variáveis-chave, cujas variações podem desencadear mudanças abruptas de estado no sistema, a biodiversidade, produção agrícola, qualidade do solo, fluxos de água doce e ciclos de nutrientes (Rockström et al, 2009), todas com estreita vinculação às atividades agropecuárias convencionais.

Em 2015, as estimativas sobre cada uma das fronteiras foram atualizadas e publicadas por Steffen et al (2015). As análises sobre mudanças climáticas, camada de ozônio e acidificação dos oceanos não apresentaram alterações em relação às medições originais. Em relação à perda de biodiversidade, a fronteira passou a ser denominada integridade da biosfera, com a inclusão de indicadores global e local, assim como no caso das fronteiras relacionadas aos fluxos biogeoquímicos, às mudanças de uso da terra e ao uso de água doce. A fronteira relacionada à poluição química passou a ser considerada como novas entidades, porém ainda sem a definição de indicadores. Naquela ocasião, os autores identificaram as fronteiras das mudanças climáticas e da integridade da biosfera como centrais para o Sistema Terrestre. Além das três fronteiras já ultrapassadas em 2009, nesse novo estudo apontou-se também a extrapolação em relação ao fluxo do fósforo e às mudanças no uso da terra (Steffen et al, 2015).

Mais recentemente, Richardson e outros (2023) realizaram nova atualização em relação às estimativas e trouxeram algumas novidades na abordagem. A nova análise demonstra que, das nove fronteiras, todas já quantificadas, seis foram ultrapassadas. Na Figura 1¹⁵, fornecida pelo Stockholm Resilience Center, da Universidade de Estocolmo, na Suécia, são demonstradas as três situações identificadas em cada momento de análise. Segundo Steffen e outros (2015), a zona verde representa o espaço operacional seguro, para além do qual considera-se ultrapassada a fronteira planetária; o amarelo representa a zona de incerteza, com risco crescente; e o vermelho a zona de alto risco.

¹⁵ Disponível em: <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

Figura 1 – Evolução das Fronteiras Planetárias



Fonte: Stockholm Resilience Centre, Stockholm University. Baseado em Richardson et al. 2023, Steffen et al. 2015, e Rockström et al. 2009.

As mudanças climáticas são consideradas pelos especialistas como a fronteira mais importante e é calculada com base na concentração de gás carbônico na atmosfera em partes por milhão (ppm), cujas causas principais de intensificação são a queima de combustíveis fósseis e a mudança do uso da terra por desmatamento (Araujo, 2022). Conforme Richardson e outros (2023), a situação atual é de extrapolação de 19% em relação ao limite estabelecido (419 ppm versus 350 ppm). Rodrigues (2024) destaca como principais impactos a intensificação das ondas de calor, alteração no regime das chuvas e das secas, e a perda das camadas de gelo da Groenlândia e da Antártida.

A integridade da biosfera caracteriza-se pela biodiversidade e pelo funcionamento dos ecossistemas e é medida pela taxa global de extinção de organismos, cujas principais causas são a atividade agropecuária, a urbanização, os incêndios de grande proporção, a introdução de espécies exóticas e a exploração de recursos naturais, como a mineração (Araujo, 2022). Para Rodrigues (2024), a ultrapassagem dessa fronteira indica que “a civilização deve alterar a forma de produzir alimentos, ou seja, sem buscar novos solos, protegendo os biomas (pg. 6). O limite seguro estabelecido foi de menos de 10 extinções ao ano por milhão de espécies. Entretanto, Richardson e outros (2023) apontam que os valores atuais superam as 100 extinções por milhão de espécies ao ano. Além disso, destacam:

Embora a taxa básica de extinções (e de novas evolução das espécies) seja altamente variável e difícil de quantificar com confiança ao longo do tempo geológico, estima-se que a taxa atual de extinções de espécies seja pelo menos dezenas a centenas de vezes superior à taxa média dos últimos 10 milhões de anos e está acelerando. Definimos de forma conservadora o valor atual para a taxa de extinção em mais de 100 extinções por milhão de espécies ao ano. De cerca de 8 milhões espécies vegetais e animais, cerca de 1 milhão estão ameaçadas de extinção, e mais de 10% da diversidade genética de plantas e animais podem ter sido perdidos nos últimos 150 anos. Assim, o componente genético da fronteira de integridade da biosfera está marcadamente excedido (Richardson et al, 2023, pg. 3. Tradução livre).

De acordo com Araujo (2022) e Rodrigues (2024), os ciclos do fósforo e do nitrogênio refletem principalmente o uso intensivo de fertilizantes na agricultura, já que o excedente reativo desses produtos que não é absorvido pelas plantas, e se acumula nas águas e em outros ecossistemas, causando a eutrofização de lagos e mares e afetando os ciclos globais desses nutrientes. Os valores para essa fronteira são calculados a partir do fluxo de fósforo nas águas e da quantidade de fósforo e nitrogênio no solo, derivados do uso de fertilizantes, cujas medidas atuais a posicionam na zona de alto risco. Richardson e outros (2023) demonstram que ambos os limites globais estabelecidos em teragrama (Tg) foram severamente ultrapassados: o fluxo de fósforo encontra-se em 22,6 Tg/ano,

frente ao limite de 11 Tg/ano; e o fluxo de nitrogênio encontra-se em 190 Tg/ano, frente ao limite de 62 Tg/ano.

A fronteira relacionada às mudanças no uso da terra reflete as transições de áreas florestais para outros sistemas e o cálculo baseia-se em medidas de cobertura florestal, colocando-a na zona de incerteza, onde os riscos são crescentes. A meta global estabelecida é a existência de 75% de área florestada em relação à cobertura florestal original. A taxa global atual é de 60%, sendo que “as mudanças no uso da terra e os incêndios vem causando rápidas mudanças na área florestal, e o desmatamento da floresta tropical amazônica aumentou de tal forma que, agora, a fronteira planetária foi ultrapassada” (Richardson et al, pg. 8. Tradução livre).

Richardson e outros (2023) destacam que a fronteira relacionada ao uso da água doce tinha, originalmente, seu cálculo baseado na quantidade máxima de consumo de água dos rios, lagos e de águas subterrâneas e pela proporção da retirada de água em relação ao fluxo mensal de um rio, a chamada água azul. A partir de 2023, passou-se a considerar também um indicador para a chamada água verde, que representa a umidade do solo, disponível para as plantas. Os autores demonstram que foram ultrapassados ambos os limites de alteração, de 10,2% para o ciclo azul e de 11,1% para o ciclo verde, os quais encontram-se nas faixas de 18,2% e 15,8%, respectivamente.

Araujo (2022) esclarece que fronteira relacionada à acidificação dos oceanos representa a absorção de carbono pela biota marinha, a partir do dióxido de carbono produzido pelo ser humano, que provoca a diminuição do PH da água. O cálculo é baseado na concentração em águas superficiais da substância aragonita, produzida pela fauna marinha, que é muito sensível ao aumento da acidez. A fronteira opera na zona segura, porém o efeito do aumento do dióxido de carbono nos oceanos interage com outras fronteiras, como as mudanças do uso da terra e do clima (Araujo, 2022).

O aerossol atmosférico representa a condensação de gases poluentes em partículas e sua dispersão altera o comportamento da radiação solar sobre a superfície terrestre (Araujo, 2022). O indicador dessa fronteira se dá pela medida da profundidade óptica do aerossol, traduzida na redução geral da luz solar sobre superfície da Terra. O limite estabelecido é de uma diferença média anual de no máximo 0,1 e atualmente encontra-se em 0,076 (Richardson et al, 2023).

As novas entidades refletem a existência de novas substâncias e formas de vida modificadas, com potencial de gerar efeitos indesejados e irreversíveis sobre organismos vivos e sobre o ambiente, porém, também ainda não quantificada (Araujo,

2022). Richardson e outros (2023) aponta como exemplos, além dos clorofluorcarbonos, os microplásticos, materiais radioativos e organismos geneticamente modificados. Os autores consideram que essa fronteira também já foi ultrapassada, haja vista a liberação no ambiente de diversos produtos químicos não testados.

A perda do ozônio estratosférico representa a ação de substâncias poluentes que desencadeiam reações químicas destruindo as moléculas de ozônio. Em 1987 foi assinado o Protocolo de Montreal, instituindo o banimento de substâncias degradadores do ozônio e, como resultado, hoje essa fronteira opera na zona segura (Araujo, 2022). O limite é definido em pelo menos 276 unidades Dobson (UD) de concentração de Ozônio na estratosfera, e encontra-se atualmente na faixa de 284 DU (Richardson et al, 2023).

Após apresentadas as fronteiras, seus indicadores e algumas causas de sua evolução, percebe-se que há uma interconexão entre algumas delas, tendo a atividade agrícola como um ponto central de interferência, na medida em que as afeta diretamente por meio do grande volume de emissões de dióxido de carbono, do impacto sobre biodiversidade; do uso massivo de insumos químicos; da expansão das fronteiras agrícolas sobre áreas de floresta; e do consumo de água para irrigação.

O sistema alimentar global é o mais importante vetor de destruição da biodiversidade, o segundo determinante das mudanças climáticas logo após a queima de combustíveis fósseis, e uma ameaça decisiva a saúde humana tanto em função das formas predominantes de criação animal, como pela pandemia mundial de obesidade (Abramovay, 2021, pg. 53).

Diante dessa constatação, é fundamental a internalização desses conceitos por parte dos gestores públicos e formuladores de políticas, especialmente aqueles vinculados ao mundo rural.

Essa abordagem sobre a crise ecológica do planeta vem atraindo o interesse da comunidade científica e produzindo debates sobre sua aplicação na governança e formulação de políticas socioambientais. Os governos nacionais, por exemplo, podem usar o arcabouço das fronteiras planetárias para avaliar suas responsabilidades pelos impactos ambientais em seus países, em combinação com outras abordagens de governança (Araujo, 2022, pg. 68).

A adoção desses conceitos é essencial para o atingimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, e consiste em um alerta para que a comunidade internacional reconheça a existência de limites e assim possa agir no sentido do desenvolvimento sustentável (Leite, 2022). Nesse contexto, o Brasil possui papel central na governança dos limites planetários, pois ocupa a primeira posição mundial em estoque de carbono florestal, biodiversidade, reserva de terras agriculturáveis, eficiência na produção de etanol e reserva de energia hidráulica, além de

possuir o terceiro maior estoque de água potável em nível global (Viola e Franchini, 2012).

No entanto, pelo fato de as instituições políticas e econômicas nacionais operarem majoritariamente sobre uma lógica de curto prazo, gera-se uma disfuncionalidade para lidar com desenvolvimento sustentável de longo prazo, colocando o Brasil na posição de “potência ambiental subdesenvolvida” (Viola e Franchini, 2012, pg. 4). O novo paradigma de desenvolvimento impõe desafios à governança e demanda articulação entre Estado, mercado e sociedade, os quais devem subordinar-se às exigências da estabilização do sistema terrestre. O país precisa “superar certos vícios da dinâmica sociopolítica que estimulam uma exagerada concentração em um prazo curto e um predomínio dos interesses corporativos particularistas sobre o bem público global” (Viola e Franchini, 2012, pg. 15).

Desta forma, tendo como referência a relevância da abordagem baseada nas fronteiras planetárias e o papel central do Brasil nesse contexto, este estudo busca jogar luz sobre os impactos do modelo de produção agropecuário nacional, a partir da análise de dados selecionados e apresentados no capítulo seguinte, vislumbrando a possibilidade de sua incorporação desses conceitos por parte dos formuladores de políticas.

4. Políticas Públicas e Consequências Ambientais

Este Capítulo consiste na apresentação e problematização de dados históricos considerados relevantes para o contexto desta pesquisa e, a partir dos quais, propõe-se uma discussão sobre os impactos do modelo de produção agroalimentar nacional, entremeada pela atuação do Estado através de iniciativas públicas de incentivo ao setor.

4.1 A Política Nacional de Crédito Rural

Como vem sendo apontado neste estudo, o Estado teve e continua tendo papel fundamental na construção e na conformação do atual modelo de produção agroalimentar, através das diversas políticas de incentivo à produção e importação de insumos químicos, dos planos de desenvolvimento da irrigação agrícola, das desonerações tributárias e flexibilizações ambientais sobre o setor agropecuário, das fragilidades históricas na elaboração das políticas fundiárias e na permanente submissão dos interesses da sociedade aos interesses das grandes empresas do agronegócio, ou dos impérios agroalimentares.

Silva (1998) discorre sobre o processo de feudalização ou balcanização do Estado, que consiste na apropriação privada do Estado por grupos particulares em benefício próprio. Nesse contexto, aponta que a política de crédito rural subsidiado, foi o carro-chefe da modernização conservadora até o final dos anos 1970, e foi também fundamental para reunificar os interesses das classes dominantes em torno dessa estratégia.

[...] as políticas de modernização conservadora dos anos 70 dirigiram-se no sentido de soldar os três segmentos fundamentais dos [recém criados Complexos Agroindustriais] CAIs (o D₁ para a agricultura [empresas fornecedoras de bens para agricultura], a nova indústria oligopólica e os segmentos modernos da agricultura), por meio do crédito agroindustrial (Silva, 1998, pg. 53. Grifos adicionados pelo autor).

O autor destaca que, nos anos 1980, em função de dificuldades por parte do Estado em manter os incentivos de crédito, passou a ter importância a política de preços mínimos, específica por produto, atuando como um mecanismo institucional de manutenção de margens mínimas de rentabilidade para os capitais alocados na agricultura. Em razão dessa especificidade e da diversidade de interesses existentes nos CAIs, “a política de preços acaba por politizar as políticas agrícolas” (pg. 55), e os produtores se organizam por produto, acirrando os conflitos de interesses. Nesse contexto,

o Estado atua como árbitro, quase sempre parcial, em favor daqueles que se apropriaram de uma parte de sua estrutura (Silva, 1998).

A exemplo dessa apropriação, em recente estudo, Campos (2023) realiza um levantamento sobre os benefícios concedidos à produção de soja ao longo das últimas décadas e sobre a atuação do Estado nesse processo, que contou com “50 anos de renúncias fiscais ininterruptas e outras políticas públicas de fomento” (Campos, 2023, pg. 5) e que culminou com a primeira posição do Brasil no ranking mundial de produção e exportação de uma planta “exótica e inadequada às condições edafoclimáticas do país” (Campos, 2024, pg. 11).

Como principais instrumentos públicos destinados à produção da commodity, o autor aponta: grande oferta de crédito subsidiado, associado a seguros climáticos, também subsidiados; investimentos em tecnologia, qualificação profissional e assistência técnica, por meio da Embrapa, Sistema público de Ater, universidades e centros de pesquisa; Política de Garantia de Preços Mínimos e subsídios para escoamento da produção; investimentos em infraestrutura de armazenamento e transporte; e incentivos tributários para insumos, produção, comercialização e exportação (Campos, 2023).

É inegável e fartamente documentado que os sistemas alimentares predominantes no país, com sua poderosa base produtiva do agronegócio e as grandes agroindústrias e indústrias de alimentos sediadas no país, no estágio em que se encontram hoje, são resultado de um grande esforço do Estado (Campos, 2023, pg. 9).

Na análise da base tributária incidente sobre a cadeia da soja, o autor identifica que não há incidência do PIS/Pasep, da Confins e do IPI, tanto sobre a aquisição de insumos (sementes, fertilizantes e agrotóxicos), quanto sobre a venda dos produtos brutos (grão) ou processados (óleo, biodiesel, farelo e farinha), que contam ainda com o benefício do crédito presumido, apesar das saídas da indústria serem desoneradas, crédito esse que pode ser utilizado para compensação de outros impostos ou resgate em moeda. Para o ano de 2022, o autor estimou, entre desonerações e crédito presumido, benefícios da ordem de R\$ 56,81 bilhões, quase o dobro da renúncia estimada para toda a cesta básica nacional, de R\$ 30 bilhões (Campos, 2023).

A estrutura tributária atual dialoga com a chamada Revolução Verde, implantada no país com o objetivo de “modernizar” o campo e ampliar as exportações, objetivos dominantes entre os anos 1970 e 1990. Este modelo tem grande repercussão sobre as definições a respeito da tributação dos alimentos no Brasil. Com isso, a política tributária atual contribuiu para a estruturação e viabilização dos sistemas hegemônicos de produção, beneficiamento e consumo de alimentos que predominam no país, os quais, por sua vez, estão

integrados aos sistemas alimentares hegemônicos no nível global (Campos, 2023, pg 8).

Além da questão tributária, outra importante fonte de incentivos por parte do Estado à manutenção e aprofundamento do modelo de produção atual refere-se à concessão de crédito. Como principal instrumento de fomento à produção agropecuária, o crédito rural teve sua origem como política pública a partir da criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), em 1965, por meio da Lei nº 4.829, regulamentada pelo Decreto-Lei nº 167, de 1967.

Ramos e Martha Jr destacam que o objetivo do SNCR era proporcionar o acesso a insumos modernos, elevando a produtividade agrícola e alavancando a indústria de fertilizantes, defensivos e máquinas agrícolas. O crédito de investimento funcionava como mecanismo de estímulo à adoção de tecnologias, o crédito de custeio vinculava-se à compra de insumos modernos, e crédito de comercialização permitia evitar a concentração de oferta em períodos de safra (Ramos e Martha Jr, 2010).

Santos (1988) aponta que o processo de modernização foi moldado à estrutura agrária existente, buscando a intensificação das técnicas modernas, através de fortes subsídios, que beneficiaram, em especial, grandes e médios produtores, o que conduziu os empreendimentos agrícolas na direção dos produtos mais amplamente comercializados. “O próprio direcionamento do processo de modernização para os grandes e médios produtores já traz, embutidos, alguns vieses que orientarão o tipo de tecnologia a ser utilizada” (pg. 401). E mesmo nos empréstimos destinados aos pequenos produtores, era obrigatório constar nos projetos a utilização de insumos modernos, principalmente fertilizantes. Para o autor, a modernização significava o uso de insumos industriais, cujo financiamento através de taxas subsidiadas pelo crédito rural teve papel fundamental (Santos, 1988).

Explorando o contexto da consolidação da região Centro-Oeste como principal área de produção de grãos no país, Farias e Zamberlan (2013) destacam que dentro da concepção dos polos de crescimento vinculados aos programas de desenvolvimento do governo federal, na década de 1970, merecem especial atenção a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 1973 e a disponibilização de crédito rural subsidiado. A EMBRAPA foi responsável pela adaptação e criação de tecnologias específicas para as características do Cerrado; já o crédito rural representou a maior fonte de suporte do Programa de Desenvolvimento da Região Centro-Oeste (POLOCENTRO), que consistia no incentivo à pesquisa e extensão,

desenvolvimento de infraestrutura e comercialização de insumos. Como importante conclusão os autores destacam:

Pode-se afirmar, portanto, que a década de 1970 foi marcada basicamente pela modernização da produção agrícola, largamente favorecida por programas e incentivos públicos. A região Centro-Oeste passou então a desempenhar papel mais relevante na economia nacional. Entretanto, o caráter produtivista do POLOCENTRO, concentrado na produção de produtos agrícolas exportáveis, destaca a ausência de preocupação com os aspectos sociais, como a concentração de renda, o êxodo rural e o desemprego (Farias e Zamberlan, 2013, pg. 67).

No mesmo sentido, Coelho (2001) menciona que a revolução do agronegócio brasileiro teve início na fase de introdução da soja no país, a partir de 1965, como resultado da nova política de estímulo à produção de grãos, que até 1985 baseou-se em ganhos de produtividade da ordem de 27,8%, e no aumento de 75% da área plantada (Coelho, 2001).

Desde então, é consenso entre os autores e, conforme apontam Santana e Gasques (2020), que a política agrícola brasileira sofreu transformações, como resultado de mudanças econômicas, políticas, sociais, internacionais e ambientais, tornando-se fundamental a discussão em torno de seus fundamentos, com vistas a orientar mudanças e aperfeiçoamentos.

No mesmo sentido, Santos e Silva (2022) salientam que:

O tema é relevante porque, por um lado a continuidade da inserção competitiva da agricultura brasileira exige compreender semelhanças e diferenças diante das políticas dos diferentes países ou blocos deles; por outro lado, coexistem distintas realidades dos agricultores, de seus estabelecimentos, regiões e biomas brasileiros, que se traduzem em desafios ao desenvolvimento sustentável (Santos e Silva, 2022, p. 24).

Destaca-se aqui dois pontos constantes da Lei nº 8.171, de janeiro de 1991, que dispõe sobre a política agrícola, intrinsecamente relacionados à presente discussão:

“Art. 2º A política fundamenta-se nos seguintes pressupostos:

[...] IV – o adequado abastecimento alimentar é condição básica para garantir a tranquilidade social, a ordem pública e o processo de desenvolvimento econômico-social. [...]

Art. 3º São objetivos da política agrícola:

I - na forma como dispõe o art. 174 da Constituição, o Estado exercerá função de planejamento, que será determinante para o setor público e indicativo para o setor privado, destinado a promover, regular, fiscalizar, controlar, avaliar atividade e suprir necessidades, visando assegurar o incremento da produção e da produtividade agrícolas, a regularidade do abastecimento interno, especialmente alimentar, e a redução das disparidades regionais;

[...] IV – proteger o meio ambiente, garantir o seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais; [...]

[...] X – prestar apoio institucional ao produtor rural, com prioridade de atendimento ao pequeno produtor e sua família; [...]” (Brasil, 1991).

No contexto específico do crédito rural, Santana e Gasques apontam que, apesar de representar um dos principais instrumentos para a modernização da agricultura, os resultados entre os anos de 1960 e 1980 foram contraditórios. Por um lado, a política foi decisiva na promoção da expansão da produção e da produtividade, além da consolidação da indústria de insumos, máquinas e equipamentos. Por outro lado, destaca-se a baixa abrangência e a concentração de recursos em três níveis principais: geograficamente, na região centro-sul; nas culturas, essencialmente as comerciais; e no porte dos produtores, com foco nos grandes e médios. Essa situação provocou distorções sociais e econômicas, além de efeitos ambientais negativos (Pinto, 1980 [não publicado], apud Santana e Gasques, 2020).

Apesar da importância da política de crédito rural como mecanismo de suporte à atividade agropecuária, ofertando recursos com intuito de promover maior modernização e ampliação da capacidade produtiva do setor, apenas uma pequena parcela dos produtores rurais tem obtido acesso a tais recursos. De acordo com os dados do Censo Agropecuário 2017, dos 5,07 milhões de estabelecimentos analisados, apenas 784 mil (15,7%) declararam ter obtido financiamento. Quando considerado apenas o crédito voltado à produção familiar (Pronaf), apenas 319 mil estabelecimentos declararam ter tido acesso ao programa. Além disso, há evidências de que os estabelecimentos beneficiados geralmente têm maior capital e maior área, além de contarem com produtores com maiores níveis educacionais (Costa e Freitas, 2018). Estas questões levantam dúvida sobre a efetividade da política de crédito em segmentos específicos no meio rural, principalmente quanto à sua capacidade de atender aos produtores mais atrasados tecnologicamente e com menores níveis de renda, os quais são mais dependentes dos recursos provenientes da política nacional de crédito rural (Freitas et al, 2020, p. 281-282).

Bertrand et al (2005), no artigo O crédito: fator essencial à expansão da soja em Mato Grosso, aponta que a cadeia desse produto se caracteriza por um pequeno número de atores: produtores, geralmente vindos da região Sul; agroindústrias; e grandes grupos do agronegócio, que atuam desde a compra do grão, passando pela comercialização das sementes, fertilizantes e defensivos, chegando à transformação da soja, e o ciclo reinicia com o fornecimento de crédito aos produtores. Como um dos determinantes da intensificação da cultura da soja no estado, os autores citam as políticas públicas de estímulo, que “tiveram papel fundamental na exploração de novas fronteiras agrícolas, desenvolvendo infraestrutura, investindo na pesquisa e financiando a atividade agrícola” (Bertrand et al, 2005, pg. 114).

Nesse contexto, pode-se inferir que o crédito rural não vem auxiliando no alcance dos objetivos previstos na Lei nº 8.181, vem, ao contrário, reforçando distorções

ao não estabelecer um mecanismo de limitação da concessão de recursos a setores já altamente desenvolvidos e pujantes, que não deveriam contar com impulso público para seu pleno funcionamento.

Como forma de quantificar esse incentivo, a Tabela 1 apresenta os dados referentes ao custeio agrícola nas safras 2013/2014 e 2023/24 (julho a junho), com informações extraídas da Matriz de Dados do Crédito Rural, do Banco Central do Brasil, considerando somente as fontes que envolvem a utilização de recursos públicos, conforme detalhado na metodologia.

Tabela 1 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido no ano safra (R\$ milhões)

	2013/2014		2023/2024	
	Valor	Participação	Valor	Participação
Soja	17.805	27%	30.672	28%
Bovinos	14.064	22%	41.284	38%
Milho	7.585	12%	11.004	10%
Café	4.445	7%	7.386	7%
Cana-de-açúcar	3.860	6%	2.048	2%
Avicultura	2.932	4%	952	1%
Trigo	2.496	4%	3.453	3%
Suínos	2.400	4%	1.143	1%
Arroz	1.998	3%	1.611	1%
Algodão	1.082	2%	561	1%
Laranja	798	1%	644	1%
Demais produtos	5.695	9%	8.205	8%
Total	65.159		108.965	

Fonte: BCB – Matriz de dados do crédito rural. Elaboração própria.

Na safra 2013/2014 a soja representava o principal produto na tomada de crédito, com 27% do total, seguida de bovinos (22%) e milho (12%), totalizando 61% dos recursos recebidos. Já na safra 2023/2024, embora tenha havido uma inversão, com os bovinos ultrapassando a soja, nota-se a intensificação na predominância do crédito concedido aos mesmos produtos, todos itens vinculados fortemente à pauta de exportação nacional, e que somados, foram responsáveis por 76% da tomada de crédito na última safra.

Cabe também destacar que, na safra 2013/2014, outros nove produtos, com participação de pelos menos 1% cada, somados aos três principais alcançam 94% do crédito, enquanto os demais 160 produtos financiáveis ficaram restritos a 6% dos valores. Na safra 2023/2024, além dos mesmos produtos, outros três receberam pelo menos 1%

do total do crédito concedido: feijão, cebola e peixe. Esses, somados aos outros 174 produtos financiáveis, ficaram restritos a 8% dos valores concedidos.

Em relação à quantidade de contratos, merece destaque a situação da soja, cuja participação em ambas as safras foi significativamente inferior à participação no volume de recursos. Na safra 2013/2014, enquanto a participação no crédito recebido foi de 27%, a participação na quantidade de contratos foi de 16%. O mesmo ocorre na safra 2023/2024, na qual a participação no volume de recursos foi de 28%, enquanto na quantidade de contratos foi de 18%, indicando tratar-se predominantemente de contratos de valor elevado, atrelados a grandes áreas, o que aponta para a concentração de terra e do crédito, características do modelo brasileiro.

A Tabela 2 apresenta o detalhamento do crédito de custeio especificamente em relação às culturas vegetais, na safra 2023/24, considerando-se somente os produtos cuja participação atingiu pelo menos 1% dos recursos. A soja representou 47% dos recursos recebidos para custeio, seguida do milho, com 17%, enquanto outros 14 produtos somados alcançaram outros 31% e os demais 150 financiáveis ficaram restritos a 5% do crédito. No total, os produtos de origem vegetal, incluindo-se gastos com florestamento e reflorestamento (irrisórios 0,05%) foram responsáveis por R\$ 64 bilhões, dos quais os produtores de soja receberam R\$ 30 bilhões.

Tabela 2 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido na safra 2023/24 para espécies vegetais (R\$ milhões)

	Valor	Participação
Soja	30.118	47%
Milho	11.169	17%
Café	7.622	12%
Trigo	3.398	5%
Cana-de-açúcar	2.020	3%
Arroz	1.646	3%
Feijão	863	1%
Cebola	675	1%
Laranja	645	1%
Algodão	582	1%
Uva	446	1%
Batata-Inglesa	441	1%
Mandioca (Aipim, Macaxeira)	433	1%
Maçã	377	1%
Alho	344	1%
Tomate	323	1%
Demais 150 produtos	3.281	5%
Total	64.382	

Fonte: BCB – Matriz de dados do crédito rural. Elaboração própria.

No caso do custeio para espécies animais a situação é ainda mais concentrada, conforme demonstrado na Tabela 3. Dentre os 22 itens financiáveis, somente 4 deles tiveram participação mínima de 1%, sendo que a criação de bovinos foi responsável por 93% de todo o crédito de custeio concedido nessa categoria, ou R\$ 40 bilhões, na última safra.

Esses resultados verificados com base na análise geral do crédito rural concedido, novamente apontam a tendência à comoditização, especialização e concentração da pauta de produção agropecuária nacional, inclusive com forte incentivo público, cujo montante ultrapassa os R\$ 107 bilhões nesse último ano-safra.

Tabela 3 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido na safra 2023/24 para espécies animais (R\$ milhões)

	Valor	Participação
Bovinos	40.136	93%
Suínos	1.124	3%
Galináceos	697	2%
Peixe	616	1%
Demais 18 produtos	544	1%
Total	43.116	

Fonte: BCB – Matriz de dados do crédito rural. Elaboração própria.

Através dos dados disponibilizados pelo Banco Central do Brasil é possível ainda fazer o recorte por porte de produtores, evidenciando os beneficiários do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Brasil: Crédito Rural de custeio concedido no âmbito do Pronaf na Safra 2023/24 (R\$ milhões)

	Valor	Participação
Bovinos	13.392	42%
Soja	6.626	21%
Milho	3.871	12%
Café	2.090	7%
Trigo	1.743	5%
Cebola	549	2%
Feijão	397	1%
Arroz	306	1%
Uva	241	1%
Tomate	204	1%
Peixe	180	1%
Demais 168 produtos	2.096	7%
Total	31.695	

Fonte: BCB – Matriz de dados do crédito rural. Elaboração própria.

Utilizando-se o mesmo critério para escolha dos itens financiáveis, chega-se ao valor de R\$ 31,6 bilhões destinados ao custeio da safra dos agricultores enquadrados no Pronaf no ano safra de 2023/24, considerando-se exclusivamente as fontes de recursos público, detalhadas anteriormente. Esse volume representa apenas 29% dos 107 bilhões do total concedido entre todas as faixas de produtores, indicando a predominância da agricultura empresarial no recebimento do crédito, diferentemente do que prevê a Lei 4.829, que o institucionaliza o crédito rural e define como objetivos desse instrumento:

[...] III - possibilitar o fortalecimento econômico dos produtores rurais, notadamente pequenos e médios;
IV - Incentivar a introdução de métodos racionais de produção, visando ao aumento da produtividade e à melhoria do padrão de vida das populações rurais, e à adequada defesa do solo; [...]

O que se observa é o mesmo padrão constatado na agricultura empresarial, caracterizado pela maior participação de bovinos (42%), soja (21%) e milho (12%) na tomada do crédito, enquanto outros 8 produtos com pelo menos 1% de participação representam 18% e os demais 168 produtos financiáveis aparecem com apenas 7% do total dos valores recebidos. Essa situação contrasta com a reconhecida função da agricultura familiar, cuja produção de alimentos esteve historicamente atrelada ao suprimento do mercado interno, e demonstra o processo de inserção também desse setor no contexto de produção de itens exportáveis, contando com incentivo público para esse modelo produtivo.

4.2 A consolidação do atual perfil da produção de grãos no Brasil

O Brasil vem despontando nas últimas décadas como um dos principais produtores e exportadores mundiais de grãos e carnes, baseado, conforme apontam Escher e Wilkinson (2019), no “complexo grão-oleaginosa-pecuária”, como desdobramento dos efeitos do chamado “boom das commodities”. Segundo eles:

O complexo industrial grãos-oleaginosas-pecuária envolve uma profunda reconfiguração dos imperativos de organização histórica da agricultura com base na diversidade funcional, na complementaridade e em ciclos de material relativamente fechados. A mecanização e a busca de economias de escala demoliram esses imperativos e substituíram [pela] simplificação biológica e [a] padronização. [...] Esta desarticulação e rearticulação é mediada por uma série de tecnologias, insumos, [mercados] e grandes corporações, e depende do uso insustentável de recursos não renováveis e da externalização de custos sociais e ambientais [...] (Escher e Wilkinson, 2019, p. 660. Grifos adicionados pelo autor).

Os autores detalham que o boom das commodities serviu como um dos pilares para a consolidação do padrão de acumulação de capital. Outro fator foi a valorização do preço da terra, como resultado do tripé formado pelas grandes propriedades, pelos complexos agroindustriais internacionalizados e pela política macroeconômica e de crédito por adotada pelo Estado. (Escher e Wilkinson, 2019).

Segundo Leite e Rodrigues (2024), o boom das commodities caracteriza-se pelo aumento expressivo do preço desses produtos, como reflexo de incrementos substanciais na demanda internacional. No caso específico do Brasil, o boom iniciado em 2002 foi marcado pela alta intensidade na elevação dos preços e pela longa duração dessa situação. Os autores ressaltam, no entanto, que o mercado de commodities apresenta tendência a um comportamento volátil e cíclico, que pode levar à deterioração dos termos de troca, motivo pelo qual representa um risco para os países dependentes da exportação desses produtos (Leite e Rodrigues, 2024).

Em estudo utilizando a matriz insumo-produto, Almeida, Pires e Leite (2022) analisaram as relações intersetoriais entre Brasil e China, principal importador das commodities nacionais, e concluíram que a relação comercial entre os dois países entre 2000 e 2014 contribuiu para o processo de desindustrialização nacional, aumentando a vulnerabilidade externa. Como consequência, os autores apontam que, em uma eventual retomada da atividade industrial, parte dos benefícios sofrerão um vazamento para o lado chinês, haja vista a dependência brasileira das importações de meios de produção vindos da China. (Almeida, Pires e Leite, 2022).

Nesse contexto da expansão da relação comercial entre Brasil e China, Cunha e outros (2022) salientam que a experiência recente do país asiático demonstra a importância de se estabelecer estratégias de desenvolvimento de longo prazo, o que se constrói na esfera pública, mediante a participação do Estado. Entretanto, destaca o autor, que as lideranças brasileiras, no setor público e privado sofrem de falta de capacidade para acompanhar as transformações resultantes dessa relação, e convertê-las em estratégias de longo prazo (Cunha et al, 2022).

No mesmo sentido, Silvestre (2022), citando o relatório denominado Escapando da Armadilha da Dependência de Commodities Através da Tecnologia e Inovação (tradução livre), da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD), aponta que a alta dependência de commodities leva à pobreza e vulnerabilidade da maioria da população nos países agroexportadores. “E, em alguns países, como é o caso do Brasil, tal “armadilha econômica” do modelo

agroexportador parece ser um “destino” secular - ou seja, que acompanha o país e o seu desenvolvimento econômico desde a sua origem no século XV” (Silvestre, 2022, pg. 11). Santos e Silva (2022) também destacam essa forte dependência dos produtos primários no contexto histórico do país:

Historicamente, o país foi exportador de produtos primários agrícolas e minerais, com a pauta de exportação agrícola concentrada em poucos produtos, o que dá sentido à própria nomeação dos chamados ciclo da cana-de-açúcar, ciclo da borracha e ciclo do café. [...] após a década de 1960, vários gêneros agropecuários ganharam importância na pauta exportadora brasileira, como soja, laranja, cana (açúcar), frango e carne bovina (Santos e Silva, 2022, p. 32).

Conforme abordado anteriormente, a chamada Revolução Verde teve como um dos seus resultados, em níveis globais, o aumento da produção de grãos de algumas culturas especificamente selecionadas, sob a alegação do enfrentamento do problema da fome mundial. No caso do Brasil, essa mesma realidade torna-se também muito evidente, favorecida fortemente pela política de crédito, especialmente a partir da década de 1970. A Tabela 5 foi elaborada utilizando-se dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, cujo detalhamento consta da metodologia, e demonstra a evolução das principais variáveis relacionados à produção de grãos no país.

Tabela 5 - Brasil: área, produtividade e produção de grãos

	Área (milhões de hectares)			Produtividade (tonelada/hectare)			Produção (milhões de toneladas)		
	1976/77	2022/23	Variação	1976/77	2022/23	Variação	1976/77	2022/23	Variação
Algodão	4,1	1,7	-59%	0,3	2,7	848%	1,2	4,5	285%
Arroz	6,0	1,5	-75%	1,5	6,8	352%	9,0	10,0	12%
Feijão Total	4,5	2,7	-41%	0,5	1,1	130%	2,2	3,0	37%
Milho Total	11,8	22,3	89%	1,6	5,9	263%	19,3	131,9	585%
Soja	6,9	44,1	534%	1,7	3,5	101%	12,1	154,6	1.173%
Trigo	3,2	3,5	10%	0,7	2,3	256%	2,1	8,1	292%
Graos-total	37,3	78,5	111%	1,3	4,1	224%	46,9	319,8	581%

Fonte: CONAB – Séries Históricas. Elaboração própria.

Tendo como base o primeiro ano disponível na série histórica, verifica-se que a produção de grãos no país aumentou de 46,9 milhões de toneladas na safra 1976/77 para 319,8 milhões de toneladas na safra 2022/23, um acréscimo de 581% em menos de 50 anos. Com base nos mesmos dados pode-se perceber que a elevação nos níveis de produção se deu em função de duas diferentes direções.

Uma primeira questão está relacionada ao aumento de produtividade média, em razão principalmente de ganhos advindos da tecnologia e de práticas culturais, como a possibilidade de colheita em duas safras anuais, por exemplo. Essa condição elevou a produtividade média de 1,2 toneladas por hectare para 4 toneladas por hectare, o que representa um aumento de 224%. Outra, refere-se à expansão da área de plantio, que saltou de 37,3 milhões de hectares para 78,5 milhões de hectares no mesmo período, o que representa um aumento de 111%. Mais adiante esse tema será abordado em mais detalhes sob a perspectiva da mudança de uso da terra.

Essas informações se tornam mais relevantes ao analisar separadamente os principais produtos componentes da cesta de grãos produzidos no país, pois, embora a produtividade média no período analisado tenha apresentado um crescimento superior à expansão da área de plantio, cabe uma análise mais detalhada sobre alguns pontos, com foco nos produtos cuja área de plantio encontra-se na escala dos milhões de hectares.

O primeiro ponto a se destacar refere-se aos grãos fundamentais componentes da nossa dieta. Tanto arroz quanto feijão apresentaram ganhos de produtividade significativos no período, de 352% e 130%, porém compensados negativamente pela redução de área destinada ao plantio, de -75% e -41%, respectivamente. Essa configuração fez com que a elevação na produção ficasse restrita a 12% e 37%, muito abaixo da média dos grãos em geral.

O segundo ponto a se destacar refere-se ao trigo, também importante componente da dieta nacional. Apesar de um acréscimo modesto em termos de área plantada (10%), os ganhos de produtividade da ordem de 256% promoveram um incremento de produção da ordem de 292% no período.

O mesmo ocorreu em relação ao algodão, em escala ainda maior. Os ganhos de produtividade de 848% permitiram a redução da área de plantio em 59% e mesmo assim garantiram elevação de produção da ordem de 285%.

Por fim, merece atenção a análise detalhada sobre o caso do milho e da soja, considerados como commodities agrícolas. Pode-se verificar que no período analisado, ambos os grãos apresentaram significativo aumento no volume produzido, de 585% e 1.173%, respectivamente, porém sobre bases diferentes.

No caso do milho, embora relevante expansão da área de plantio (89%), o aumento de produção se deu muito mais sobre ganhos de produtividade (263%), muito em função da viabilização de até 3 safras por ano na mesma área.

Já no caso da soja, o incremento da produção se deu no sentido contrário. Enquanto a produtividade foi elevada em 101%, a expansão da área destinada ao seu cultivo foi de 534%, passando de 7 milhões de hectares para 44 milhões de hectares no período. Essa extensão representa hoje 56% de toda área destinada a produção de grãos no país, e se considerada em conjunto com aquela destinada ao plantio de milho, chega-se a 84% daquele total.

Diante desses dados, já se observa que, embora a Revolução Verde tenha proporcionado significativo incremento de produção e produtividade dos grãos de uma forma geral, isso se deu sobre uma intensificação e especialização sobre duas culturas principais, destinadas na maior parte à exportação e em detrimento de culturas importantes na dieta alimentar nacional.

Ao incluir a cana-de-açúcar na análise, reforça-se a hipótese de que os ganhos de produtividade não foram suficientes para elevação da produção sem a expansão da área agrícola. Ainda utilizando as séries históricas de produção da CONAB, observa-se que, no caso da cana-de-açúcar entre a safra 2005/06 e a safra 2022/23, anos inicial e final disponíveis na base, a produção apresentou um incremento de 65%, baseada muito mais na expansão da área (43%), do que nos ganhos de produtividade (15%).

Não por acaso, os dois produtos que menos apresentaram ganhos de produtividade em relação à expansão da área, soja e cana-de-açúcar, são as culturas que, junto com o milho, mais dependem da aplicação de fertilizantes. Segundo dados do Plano Nacional de Fertilizantes¹⁶ (Brasil, 2023b), esses três produtos respondem por mais de 73% de toda quantidade desses insumos que são consumidos no país. Em relação ao uso geral, o Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial, respondendo por 8% do consumo global de fertilizantes, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos, sendo que 80% de tudo que se utiliza internamente tem origem nas importações.

Campangolla e Macêdo (2022) destacam que as cultivares geneticamente melhoradas, para poder expressar seu potencial produtivo, dependem altamente de fertilizantes que fornecem os principais macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Os fertilizantes nitrogenados apresentam eficiência que varia entre 25% e 40% e uma parte significativa é convertida em nitrato, que tem alto potencial de contaminação das águas. Já os fosfatados estão relacionados à erosão dos solos e seu respectivo transporte às águas, causando a eutrofização, que consiste no crescimento

¹⁶ Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos/pnf/pnf-v-07-21-11-23.pdf>

excessivo de algas e a consequente falta de oxigênio para outros organismos. Ainda segundo os autores, os fertilizantes químicos são responsáveis pela poluição do ar e da água e pela redução da matéria orgânica, e de organismos úteis, o que aumenta a ocorrência de pragas e reduz a fertilidade do solo.

“Além disso, os padrões dominantes de produção e consumo apoiam-se, sistematicamente, num processo acelerado de degradação ambiental muito mais vigoroso do que o poder da legislação voltada à sua contenção. Pior: o Brasil não está se aproximando da marca dominante da inovação tecnológica contemporânea, cada vez mais orientada a colocar a ciência a serviço de sistemas produtivos altamente poupadores de materiais, de energia, e capazes de contribuir para a regeneração da biodiversidade” (Abramovay, 2010, pg. 98).

A seguir parte-se para uma análise mais detalhada sobre alguns temas levantados até aqui, como o uso da terra e da água, consumo de fertilizantes e defensivos e a erosão da biodiversidade, reforçando-se, novamente, o contexto da abordagem das fronteiras planetárias e sua relação com a produção agropecuária nacional.

4.3 A Consolidação do modelo predatório de uso de recursos ambientais

Nesta seção, procura-se demonstrar como o modelo de agricultura capitalista, adotando os preceitos da Revolução Verde, estabelece os padrões de uso de recursos e insumos produtivos, de maneira ambientalmente contraditória. Indo desde as formas de uso da terra, passando pelo consumo excessivo de recursos hídricos e insumos químicos, o modelo atual foi se consolidando sem a incorporação dos seus custos ambientais à matriz produtiva.

4.3.1 Uso da terra e emissão de gases de efeito estufa (GEE)

Mais de 90% do desmatamento mundial, entre 2000 e 2018 é resultado do aumento das atividades agropecuárias e, especificamente nos países em desenvolvimento, essas atividades são a principal causa da destruição de florestas tropicais, mas também estão sujeitas às consequências da crise ambiental. Essas alterações no uso do solo contribuem diretamente para o aumento das emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE), a perda de ecossistemas e o declínio da biodiversidade (Sauer, 2024).

As emissões de GEE estão relacionadas com a remoção da cobertura vegetal nativa, que absorve gás carbônico (CO₂), estoca carbono (C) na biomassa vegetal e no solo e preserva a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos.

A derrubada da vegetação deixa o solo exposto e sua matéria orgânica e decomposta rapidamente, liberando CO₂ para a atmosfera. Quando a

vegetação e removida ocorre a erosão e lixiviação do solo e diminuição na recarga dos aquíferos. O fogo, muitas vezes usado para “limpar” a área recém desmatada para estabelecimento de pastagem ou agricultura, libera CO₂ além de outros GEEs. Consequentemente, a substituição da vegetação nativa por uma nova cobertura ou uso da terra, como os cultivos agrícolas, modifica o estoque de carbono na biomassa. A queima e a oxidação dos resíduos agrícolas no solo devolvem carbono para a atmosfera na forma de CO₂ e o uso de fertilizantes contribui para a emissão de [óxido nitroso] N₂O do solo (Quintão et al, 2021, pg. 18, grifo adicionado pelo autor).

Pinho (2022) aponta que, de maneira geral, em 2019, os sistemas alimentares foram responsáveis por 37% das emissões globais de GEE, e no caso específico do Brasil, em 2021, o setor agroalimentar foi responsável por 74% das emissões brutas do país (SEEG, 2023). O autor destaca que a conversão da vegetação original para áreas de plantio contribui de forma inequívoca para essa situação, colocando o país na 6ª posição do ranking mundial de maiores emissores.

Conforme Sauer (2024), o desmatamento é uma das ações mais visíveis da lógica do extrativismo agrário, que explicita processos destrutivos de exploração, expropriação e acumulação, até o ponto de não retorno, a partir do qual torna-se impossível qualquer restauração ou regeneração ambiental. Para o autor, esse modelo, sinônimo da agricultura monocultora, em larga escala, controlada por empresas de exportação e responsável pela expansão da fronteira agrícola, traz à tona a contradição entre capital e natureza.

De acordo com a legislação brasileira, os direitos de posse da terra são adquiridos com uma ocupação produtiva e sem conflitos e, desta forma, o desmatamento e a queimada garantem essa ocupação produtiva, pois abrem espaço para a pastagem e os monocultivos. Portanto, a própria legislação incentiva o desmatamento, já que na lógica da apropriação privada, a destruição da natureza é condição para a aquisição do direito de propriedade sobre terras públicas (Sauer, 2024).

No caso específico do Cerrado, com base em dados do Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real (DETER), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Sauer (2024) aponta que é possível inferir uma coincidência entre a expansão das lavouras de soja e os recordes de desmatamento, especialmente na região conhecida pelo acrônimo de Matopiba, composta por áreas de cerrados nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. O autor destaca que o bioma, apesar de sua reconhecida importância bio-ecológica, tem apenas 8,21% de sua área legalmente protegida, o que expressa a fragilidade da legislação florestal, que prevê somente 20% de reserva legal, transformando a região em uma zona de sacrifício para a expansão da

fronteira agrícola. Salienta, ainda, que, ao contrário das preocupações com as mudanças climáticas, o Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), criado em 2012, passou a servir como um instrumento de regularização da grilagem de terras, já que esse cadastro permite a comprovação da posse, e até titulação de áreas públicas ou comuns.

Também na contramão da urgência ambiental, em 2023 foi instituído o Complexo Geoeconômico e Social do Matopiba, e no mesmo ano, o Decreto 11.767, instituiu o comitê gestor para elaborar o Plano de Desenvolvimento Agropecuário da região. Em sintonia com o aumento da exploração do Matopiba, o Ministério da Agricultura e Pecuária estima um incremento de 11 milhões de hectares (17%) na área de cultivo de soja até a safra 2032/33 para aquela região e um incremento de 27,5% em nível nacional. “Essas previsões, apesar do discurso do aumento da produção com base na produtividade, explicitam a manutenção dos incentivos à expansão da fronteira no Cerrado” (Sauer, 2024, pg. 23).

Como forma de visualizar a evolução do uso do solo no Brasil, a Tabela 6 apresenta os dados referentes às classes de cobertura entre 1985 e 2023, disponibilizados pela Plataforma MapBiomas – Cobertura. A análise das informações permite verificar um dado preocupante referente à redução de 17% na área de floresta, passando de 604 milhões de hectares para 503 milhões de hectares. Paralelamente, a área destinada à agropecuária teve um incremento de 64%, passando de 169 milhões de hectares para 277 milhões de hectares.

Entretanto, seguramente o que mais chama a atenção é novamente a expansão das áreas de pastagem e de monocultivo, especialmente cana-de-açúcar e soja. Juntas, essas três práticas apresentaram aumento de 116% na sua área. Cabe também destacar a participação dessas práticas em relação à área total destinada à agropecuária, que passou de 58% para 77% no período. Por outro lado, as culturas integrantes das demais lavouras temporárias tiveram uma redução de 24% e sua participação na área agropecuária representou uma queda de 6% para 3%, indicando, mais uma vez, tratar-se de uma constante especialização e padronização na produção agroalimentar nacional. É possível ainda verificar que a área destinada à agropecuária em relação à área total do país, passou 20% para 33% e, em comparação somente à cobertura florestal, essa relação praticamente duplicou, passando de 28% para 55% no período.

Tabela 6 - Brasil: uso da terra por classe de cobertura (milhão de hectares)

	1985	2023	Variação
Floresta	604	503	-17%
Formação natural não florestal	53	46	-13%
Agropecuária	169	277	64%
Pastagem	92	165	79%
Soja	4	40	800%
Cana	2	9	331%
Arroz	0	1	125%
Outras lavouras temporárias	11	8	-24%
Lavoura perene	1	2	212%
Área não vegetada	5	7	45%
Corpo d'água	20	18	-8%

Fonte: MapBiomias – Cobertura. Elaboração própria.

Quando se analisa essa evolução no âmbito da transição entre classes, de 1985 a 2023, os números são ainda mais impactantes. A partir de dados da Plataforma MapBiomias – Transições, especificamente em relação à classe florestal, observa-se que, da área total de transição, de 119 milhões de hectares, 96% passou a ser destinada à agropecuária. E no recorte específico, dessa parcela, 72% deve-se à transição florestal para áreas de pastagem e 11% à transição florestal diretamente à área de plantio de soja. Isso demonstra a escolha do modelo de desenvolvimento que vem sendo adotada no país, que substitui a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos vinculados à vegetação nativa, pela homogeneização e degradação ambiental características das pastagens e monocultivos.

Oliveira e outros (2023) realizaram estudo, utilizando dados comerciais do Banco de Dados de Estatísticas do Comércio de Commodities das Nações Unidas e dados de cobertura florestal coletados da “Avaliação Global de Recursos Florestais” (FRA, em inglês), focando no comércio global de soja e óleo de palma, principais produtos de exportação de países tropicais com grande cobertura florestal. O estudo considerou o período de 1990 a 2020, que compreende a intensificação do desmatamento global e a liberalização das barreiras ao comércio internacional.

Os resultados sustentam uma relação significativa entre o comércio internacional de commodities agrícolas e a predominância de ganhos florestais nos países importadores de commodities e do desmatamento nos exportadores. Os resultados corroboram a proposição de que o comércio internacional representa um canal de alocação de impactos socioambientais entre as regiões. Portanto, o comércio internacional de commodities agrícolas intermedia o

leakage¹⁷ da produção agrícola e do desmatamento. É claro que o leakage não deve ser visto como único fator para os níveis atuais de desmatamento, mas desempenha um papel fundamental nas mudanças de uso da terra que refletem as transições na estrutura econômica de cada país (Oliveira et al, 2023, pg. 14).

As mudanças no uso da terra têm forte impacto sobre os níveis de emissão de GEE e vinculam-se de forma direta ao modelo agroalimentar. Segundo dados do Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), em 2022, essa classe foi responsável por 48% do total de emissões no Brasil e, acrescentando-se as emissões da agropecuária, a participação alcança 75%.

Tabela 7 - Brasil: Emissão de GEE por classe (bilhão de toneladas)

	Agropecuária	Energia	Mudança de Uso da Terra	Processos Industriais	Resíduos	Total
1990	0,39	0,19	1,39	0,05	0,03	2,05
1991	0,40	0,20	1,41	0,06	0,03	2,10
1992	0,41	0,20	1,66	0,05	0,03	2,36
1993	0,42	0,21	1,49	0,06	0,03	2,21
1994	0,43	0,21	1,70	0,06	0,04	2,43
1995	0,43	0,23	1,97	0,06	0,04	2,73
1996	0,40	0,25	1,72	0,06	0,04	2,46
1997	0,41	0,26	1,72	0,06	0,04	2,49
1998	0,42	0,27	1,61	0,06	0,04	2,41
1999	0,42	0,28	1,61	0,06	0,05	2,43
2000	0,44	0,29	1,52	0,06	0,05	2,36
2001	0,45	0,30	1,59	0,06	0,05	2,46
2002	0,47	0,30	1,72	0,06	0,05	2,61
2003	0,50	0,29	2,22	0,07	0,06	3,13
2004	0,52	0,31	2,08	0,07	0,06	3,03
2005	0,52	0,32	1,70	0,07	0,06	2,66
2006	0,52	0,32	1,31	0,07	0,06	2,28
2007	0,50	0,34	1,10	0,07	0,06	2,07
2008	0,51	0,35	1,06	0,07	0,07	2,06
2009	0,52	0,34	0,74	0,06	0,07	1,73
2010	0,53	0,37	0,68	0,08	0,07	1,74
2011	0,54	0,39	0,70	0,09	0,07	1,78
2012	0,54	0,42	0,78	0,09	0,07	1,90
2013	0,54	0,45	0,91	0,09	0,08	2,07
2014	0,55	0,48	0,80	0,08	0,08	1,99
2015	0,55	0,45	0,93	0,08	0,08	2,09
2016	0,56	0,42	0,93	0,07	0,08	2,07
2017	0,56	0,43	0,83	0,08	0,09	1,98
2018	0,56	0,41	0,88	0,08	0,09	2,01
2019	0,56	0,41	1,20	0,08	0,09	2,34
2020	0,58	0,39	1,06	0,08	0,09	2,20
2021	0,60	0,43	1,32	0,08	0,09	2,53
2022	0,62	0,41	1,12	0,08	0,09	2,32

Fonte: Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) - Observatório do Clima (OC), 2023/v11.1. Elaboração própria.

¹⁷ Vazamento, em inglês, relacionado a mudanças no uso do solo local, regional ou mesmo transnacional, que afetam o uso da terra em outras áreas, de acordo com as políticas ambientais comparativas (Oliveira et al, 2023).

A Tabela 7 apresenta os dados históricos de emissão por classe. Pode-se perceber que o maior nível alcançado pelo país ocorreu em 2003, puxado pela mudança no uso da terra, que também alcançou o maior patamar, vindo a reduzir significativamente em 2022. Já as emissões com origem na agropecuária apresentaram crescimento ao longo do todo o período, alcançando seu maior valor em 2022.

O relatório Sistemas Alimentares (SEEG, 2023), analisa a produção de alimentos na perspectiva ambiental, social e econômica, com o objetivo de compreender as emissões de GEE através da incorporação dos atores, atividades e etapas interligadas na produção, transporte, processamento, embalagem, armazenamento, varejo, consumo, perdas e desperdícios de alimentos.

O escopo das emissões provenientes dos Sistemas Alimentares considera as atividades desenvolvidas ao longo de todas as suas cadeias envolvendo as etapas associadas às mudanças de uso da terra que resultam nas emissões geradas pela conversão de uso da terra para usos agropecuários, pela etapa de produção (dentro das porteiras), assim como pela pré e pós-produção, em que processos e produtos são empregados, incluindo o transporte, processamento, insumos, fabricação, consumo e resíduos gerados pelo último elo que é o consumidor final (SEEG, 2023, pg. 11).

As quatro etapas citadas, dividem-se em mudança de uso da terra e florestas, agropecuária, energia, processos industriais e uso de produtos, e resíduos. Juntas, essas subdivisões contemplam as seguintes atividades emissoras: alterações no uso do solo, queima de vegetação nativa, carbono orgânico no solo, fermentação entérica, manejo de dejetos de animais, queima de resíduos agrícolas, cultivo de arroz irrigado, solos manejados, fertilizantes e agroquímicos, processamento industrial de alimentos, transporte e distribuição, comercialização, uso doméstico, embalagens, refrigeração doméstica e comercial nos transportes, tratamento de efluentes líquidos industriais, tratamento de efluentes líquidos domésticos, e disposição final de resíduos alimentares. Para o ano de 2021, o estudo apontou que, no contexto dos Sistemas Alimentares, as emissões de GEE se devem em 56,3% às mudanças no uso da terra e florestas, 35% à produção “dentro da porteira”, 8,4% à pós-produção e 0,2% à pré-produção. No recorte específico por atividade emissora, além das mudanças no uso da terra e florestas, sem subdivisões, 33,7% se deve à agropecuária, 5,6% à energia, 4,2% aos resíduos e 1% aos processos industriais (SEEG, 2023).

Apesar de pouco significativa, a pré-produção merece um destaque em função dos fertilizantes e agroquímicos, já que nessa etapa são contabilizados os gases de efeito estufa provenientes do uso de energia na produção desses insumos. “Essas são relevantes emissões, uma vez que, segundo Franco e Neto (2008), a produção de fertilizantes é

responsável por 1,2% de todo consumo mundial de energia. A produção de produtos nitrogenados é a mais intensiva em uso de energia, sendo responsável por 92,5% do consumo energético da indústria global de fertilizantes” (SEEG, 2023, pg. 25).

Outra importante conclusão do estudo é a identificação de que, em 2021, a carne bovina foi responsável por 77,6% das emissões de GEE dentro dos Sistemas Alimentares e 57,2% das emissões totais do país, principalmente relacionadas às mudanças no uso da terra e florestas. “Muitas áreas naturais convertidas com o objetivo de cultivo de soja passam por uma fase inicial de classe de pastagem, como forma de consolidar o uso da área recém aberta” (SEEG, 2023, pg. 17). Ou seja, a produção de soja pode significar um duplo impacto sobre as emissões de GEE, pois inclui, em muitos casos, de um estágio de uso da terra como pastagem para posterior plantio em monocultivo.

Tabela 8 - Brasil: produção e exportação de carne bovina (mil toneladas)

	Produção	Exportação	Participação
1997	3.335	158	5%
1998	3.398	212	6%
1999	3.807	323	8%
2000	3.900	356	9%
2001	4.330	540	12%
2002	4.700	634	14%
2003	4.977	852	17%
2004	5.906	1.172	20%
2005	6.346	1.352	21%
2006	6.887	1.517	22%
2007	7.049	1.606	23%
2008	6.621	1.375	21%
2009	6.662	1.243	19%
2010	6.977	1.227	18%
2011	6.784	1.094	16%
2012	7.351	1.238	17%
2013	8.167	1.501	18%
2014	8.063	1.533	19%
2015	7.493	1.353	18%
2016	7.359	1.349	18%
2017	7.682	1.477	19%
2018	7.990	1.641	21%
2019	8.219	1.865	23%
2020	7.825	2.011	26%
2021	7.456	1.845	25%
2022	8.012	2.263	28%
2023	8.962	2.290	26%

Fonte: IBGE – Pesquisa trimestral de abate de animais; MAPA – Agrostat. Elaboração própria.

A Tabela 8 apresenta os dados de produção e exportação de carne bovina, com base na Pesquisa Trimestral de Abate de Animais, do IBGE, e no Sistema Agrostat, do MAPA. Tal como a soja, a produção de carne bovina cresceu significativamente nas últimas décadas, apresentando um acréscimo de 169% no volume entre 1997 e 2023. E também tal qual a soja, grande parte destina-se à exportação, em uma participação que

creceu 1.348% no mesmo período, e já representa 26% do total produzido em 2023. Novamente reforça-se o entendimento em relação à escolha de modelo de desenvolvimento nacional, através do qual suprime-se áreas de vegetação nativa para introdução de gado, cuja produção será destinada em grande parte ao mercado externo e posterior a introdução de monocultivos, também destinados ao exterior.

No recorte específico por biomas, a Amazônia predomina nas emissões dos sistemas alimentares, com 92% do total de 2021. No entanto, deve-se ressaltar o aumento das emissões advindas da cadeia da carne em todos os biomas, especialmente no Cerrado, cuja variação foi de 532% entre 2020 e 2021, relacionada a novas áreas de pastagem (SEEG, 2023).

No contexto das medidas de promoção da expansão da fronteira no Cerrado, em outubro de 2023 o Senado aprovou o Projeto de lei nº 412/2022, regulamentando o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa, cujas regras, acordadas com a Bancada Ruralista, desconsideram a produção primária agropecuária como atividades ou fontes de emissões de gases, e excluem do Sistema as emissões decorrentes da produção de insumos ou de matérias-primas agropecuárias (Sauer, 2024).

Em síntese, o reconhecimento das emissões de gás de efeito estufa como "externalidades" do processo de expansão oriundo da mudança do uso da terra e da agropecuária não permite enfrentar o que pode ser considerada a contradição central da atual dinâmica no Brasil rural, causadora do *trade-off* entre produzir e preservar: para seguir na condição contingente de ser um *player* mundial de alimentos, a dinâmica do agronegócio deverá buscar novas áreas em que possa encontrar a remuneração do capital mais próxima do ideal, ao momento que vai consolidando a exploração em terras já ocupadas com progresso técnico, até exaurir tais áreas e abandoná-las (Guedes, 2020, pg. 34).

O autor aponta ainda que a Lei 12.652/12, conhecida como novo Código Florestal, ao prever medidas de regularização, estabeleceu legitimidade aos eventuais impactos das áreas a serem destinadas à agropecuária e à silvicultura, não sendo computadas, porém, as emissões de GEE resultantes das mudanças de uso da terra, como ônus aos produtores, mas consideradas simplesmente como externalidades. E destaca a necessidade de se verificar com mais atenção a expansão agropecuária sobre as novas fronteiras, onde a supressão de vegetação nativa é considerada como ganho de produtividade, e desconsidera as externalidades geradas, como emissão de carbono e perda de biodiversidade (Guedes, 2020).

4.3.2 Uso da água

A água é um recurso natural essencial à vida e um insumo indispensável a diversas atividades produtivas. Apesar de constituir cerca de 71% da superfície do planeta, somente 0,5% dessa área é composta de água doce disponível e o Brasil detém aproximadamente 12% dessas reservas. Conforme o Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019), as formas de utilização da água caracterizam-se pelo caráter consuntivo ou não consuntivo. O primeiro caso ocorre quando essa é retirada e consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina, não retornando à origem, podendo ocorrer por evaporação, transpiração, incorporação em produtos, consumo por seres vivos, dentre outros. O segundo caso ocorre quando as atividades, embora dependam da água, não afetam diretamente sua quantidade, como por exemplo na navegação, pesca, turismo e lazer.

Segundo o mesmo documento, dentre os usos consuntivos, a irrigação agrícola é, historicamente, responsável pelos maiores níveis de retirada e de consumo de água, cuja intensificação ocorreu a partir das décadas de 1970 e 1980, devido a alguns fatores principais: “a expansão da agricultura para regiões com clima desfavorável; estímulos governamentais de desenvolvimento regional; e benefícios observados na prática com boa disponibilidade de financiamentos” (ANA, 2019, pg. 43).

A irrigação é imprescindível em regiões áridas e semiáridas, a exemplo do Semiárido brasileiro, onde a segurança produtiva é bastante afetada pela escassez contínua de água, minimizada apenas no período mais úmido, entre dezembro e março, onde algumas culturas de sequeiro ainda podem ser desenvolvidas. **Já em regiões afetadas pela escassez de água em períodos específicos do ano, como na região Sudeste e, principalmente, Centro-Oeste, algumas culturas e safras só se viabilizam com a aplicação suplementar de água nestes períodos** (ANA, 2021, pg. 11, grifo adicionado pelo autor).

Interessante destacar a ideia de que a expansão do consumo de água para a irrigação se dá como forma de viabilizar a produção em regiões de clima desfavorável. Obviamente, quando se trata de regiões áridas e semiáridas, a irrigação é uma ferramenta necessária inclusive para a diversificação da produção alimentar e para permitir a resiliência das populações rurais.

Entretanto, quando se trata das demais regiões, cujos regimes de chuva não afetam severamente as culturas locais, pode-se concluir que a definição de clima desfavorável refere-se à produção de culturas específicas, sem identificação, ou estranhas a tais regiões e que só se materializa através de métodos artificiais, ao contrário do que ocorre naturalmente no caso das vegetações nativas.

Através dos dados disponibilizados pela ANA, na Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos de Água no Brasil, foi possível elaborar a Tabela 9 e o Gráfico 1. Observa-se que entre 1970 e 2020 houve um acréscimo de 295% nas retiradas de água no Brasil, puxado principalmente pelo incremento nos níveis de irrigação, que apresentou uma variação de 511% no mesmo período e sempre representou a modalidade de retirada mais significativa. Como dito anteriormente, a década 1970 marca o início da introdução dos preceitos da Revolução Verde no Brasil, que tem como uma das bases a utilização de métodos de irrigação para aumento de produtividade das lavouras, associada à introdução de cultivares padronizados e adaptados à cada tipo de solo e clima.

Tabela 9 - Brasil: retirada média anual de água (em metro cúbico por segundo)

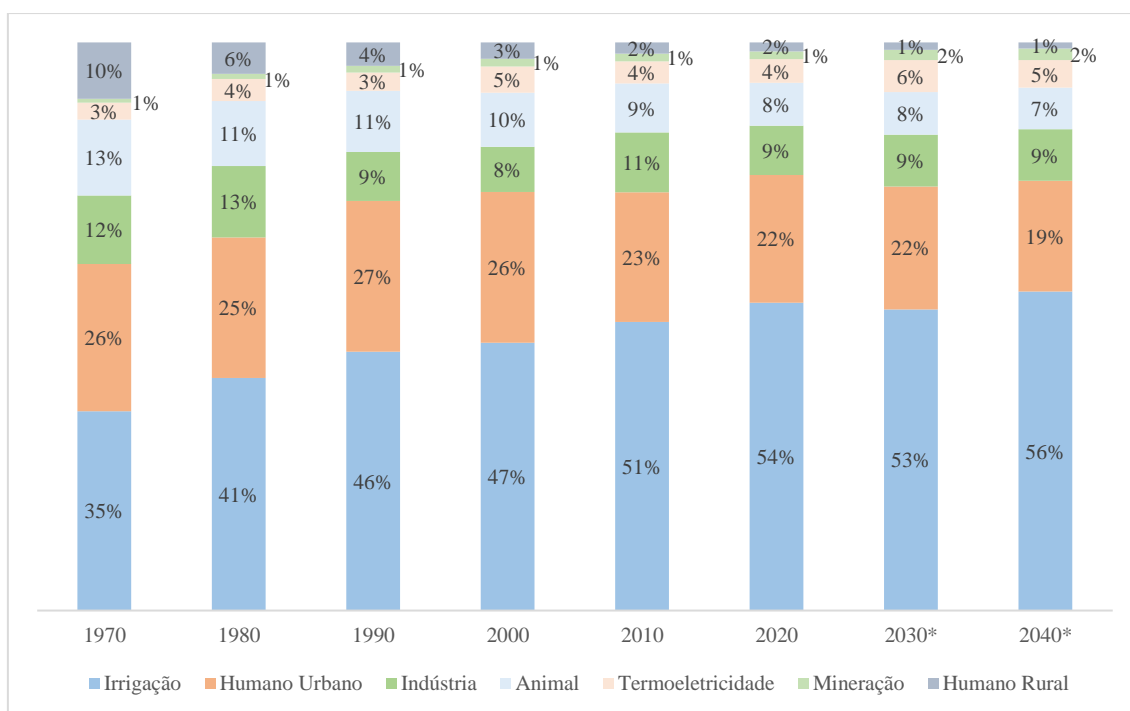
	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030*	2040*
Irrigação	189	347	482	633	936	1.153	1.266	1.554
Humano Urbano	139	210	281	356	420	478	516	539
Indústria	65	107	91	107	195	184	217	251
Animal	72	97	114	128	158	161	180	203
Termoeletricidade	16	33	34	62	72	88	134	134
Mineração	4	8	12	18	25	29	43	56
Humano Rural	53	47	44	38	36	33	31	30
Retirada média total	538	848	1.058	1.343	1.842	2.127	2.388	2.766

Fonte: ANA - Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos de Água no Brasil. Elaboração Própria.
*Projeção

Quando se leva em conta o consumo, que é a retirada de água, descontando-se o volume que retorna aos corpos d'água, a participação da irrigação é ainda maior, devido a sua baixa taxa de retorno. Em 2017, por exemplo, segundo o Manual de Usos Consuntivos, a irrigação respondia por 52% da retirada de total de água, porém sua participação no consumo total representou 68,4% do total utilizado no país.

Apesar de importante conclusão apontada no Manual de Usos Consuntivos, de que a “cultura da abundância hídrica tem sido progressivamente substituída pela ideia da água como bem finito e dotado de valor econômico” (ANA, 2019, pg. 7), estima-se para 2030 um acréscimo de 10% nas retiradas de água para irrigação em relação a 2020, e de 35% para 2040, também em relação a 2020. Conforme demonstrado no Gráfico 1, essa expansão na demanda por água para irrigação elevaria a participação dessa modalidade de retirada de 54% para 56%, o que equivale a quase três vezes o volume estimado para o consumo humano até 2040.

Gráfico 1 - Brasil: participação conforme tipologia em relação à retirada total anual



Fonte: ANA - Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos de Água no Brasil. Elaboração Própria.
*Projeção

Cabe destacar aqui o papel histórico do Estado nesse processo de intensificação do consumo de água para irrigação, através de diversas políticas: criação do Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola – GEIDA (1968); do Programa Plurianual de Irrigação (1969); do Programa de Integração Nacional (1970); do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados – PRODECER (1974); do Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis – PROVÁRZEAS (1981); do Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação – PROFIR (1982); do Programa Nacional de Irrigação – PRONI (1986); do Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE (1986). Mais recentemente, essa atuação estatal tem se concretizado através da concessão de investimentos nos Planos Agrícolas e Pecuários – PAPs, como parte do Programa de Incentivo à Irrigação e à Armazenagem (Moderinfra), que em 2019 contemplou 28.870 contratações de crédito para irrigação, num total de R\$ 806,6 milhões (ANA, 2021).

Como resultado dessas iniciativas, a área irrigada no Brasil cresceu de 801 mil hectares em 1985 para 3,3 milhões de hectares em 2020, uma variação de 313% no período. A Tabela 10 apresenta essa evolução por classe de irrigação.

Tabela 10 - Brasil: área irrigada (mil hectares)

	1985		2022		Variação
	Área (mil ha)	%	Área (mil ha)	%	
Pivô Central	67	8%	1.653	50%	2.376%
Outros Sistemas	48	6%	210	6%	341%
Inundação	687	86%	1.445	44%	110%
Total	801		3.308		313%

Fonte: MapBiomass – Irrigação. Elaboração própria.

Com base nos dados, fica evidente o crescimento da importância do sistema de irrigação com pivô central, cuja área abrangida passou de 67 mil hectares para 1,65 milhão de hectares, uma variação de quase 25 vezes em menos de 40 anos. É relevante também considerar a participação desse sistema em relação ao total da área irrigada, que passou de 8% para 50% no período, indicando uma concentração do consumo de água nos sistemas de monocultura, haja vista tratar-se de uma modalidade de irrigação associada às grandes extensões de terra, com produção homogênea. A Tabela 11 apresenta o detalhamento da cobertura das áreas identificadas com utilização de pivô central.

Tabela 11 - Brasil: área irrigada por pivô central (mil hectares)

	1985		2022		Variação
	Área (mil ha)	%	Área (mil ha)	%	
Lavoura Temporária	66	99%	1.611	97%	2.330%
Soja	6	9%	1.139	71%	19.653%
Cana	4	6%	67	4%	1.644%
Outras Lavouras Temporárias	57	86%	396	25%	599%
Algodão	-	0%	8	1%	
Lavoura Perene	0,5	1%	42	3%	8.969%
Total	67		1.653		2.376%

Fonte: MapBiomass – Irrigação. Elaboração própria.

Apesar de um aparente esforço para que a soja não seja citada explicitamente nos referidos documentos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, essa cultura é isoladamente a mais beneficiada com a irrigação mecanizada via pivô central, apresentando um salto de 6 mil hectares para 1,1 milhão de hectares no período. Importante destacar a redução relativa na participação da área irrigada das outras culturas de lavouras temporárias, que passaram de 85% para 24%, enquanto a participação da soja passou de 9% para 69%. Isso demonstra a fragilidade do argumento de que a irrigação visa à viabilização da produção de alimentos e a segurança alimentar da população,

quando na maioria esmagadora, o que se produz a partir do consumo da água são basicamente commodities agrícolas para exportação.

Como forma de quantificar a quantidade de água que se utiliza para produção de bens transacionados no mercado internacional, Bergmann e outros realizaram estudo relacionado à exportação e importação da chamada água virtual. Esse consumo no processo produtivo se dá forma direta, através do volume físico efetivo de água, ou indireta, relacionada ao volume embutido nos bens utilizados como insumo (Bergmann et al, 2022).

Os autores apontam que o Brasil, como grande exportador de produtos agrícolas, torna-se também exportador líquido de água virtual em relação aos seus parceiros comerciais. Porém, ainda mais relevante e preocupante, é o resultado verificado em relação ao valor adicionado. Enquanto os produtos exportados pelo Brasil geram em média US\$ 0,67 de valor adicionado para cada metro cúbico de água, os produtos importados, geram nos países de origem, em média, US\$ 22,29 de valor adicionado para a mesma quantidade de água consumida. Em outras palavras, o modelo agroexportador nacional, caracterizado pelo baixo valor adicionado aos produtos, e altamente intensivo em consumo de água, faz com que esse recurso no Brasil tenha um valor, mesmo que virtual, 33 vezes inferior ao valor da água utilizada nos países parceiros comerciais (Bergmann et al, 2022).

Em estudo específico sobre o complexo soja, Bassi (2016) concluiu que, em 2013, o Brasil exportou por meio de grão, farelo e óleo, cerca de 129,3 bilhões de metros cúbicos em água virtual, quantidade equivalente ao consumo anual de 1,76 bilhão de indivíduos (Bassi, 2016).

Pode-se assumir que, juntamente com as divisas geradas pela exportação destes produtos, existe um valor adicionado que não é contabilizado e que, visto desta maneira, pode representar muito mais do que apenas o equilíbrio da balança comercial de determinado país, mas, sobretudo, a sua sustentabilidade ambiental a médio e longo prazo (Carmo et al, 2005).

Até aqui tratou-se exclusivamente do impacto do modelo de produção agrícola nacional levando-se em conta o uso da água para irrigação. Porém, ainda há que se considerar uma abordagem referente à contaminação das águas resultado da adoção do pacote tecnológico padrão, que utiliza fertilizantes químicos e agrotóxicos como insumos fundamentais.

Conforme aponta o documento Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno (ANA, 2022), o crescente aumento dos níveis de fósforo

identificado nos corpos d'água tem entre as principais origens os fertilizantes utilizados na agricultura. Além disso, a erosão dos solos e o assoreamento dos rios, intensifica esse processo, principalmente em bacias com intensa atividade agrícola. Como resultado, ocorre o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, potenciais produtoras de toxinas nocivas à saúde humana e animal, e a respectiva redução do oxigênio dissolvido na água (eutrofização) (ANA, 2022).

A contaminação ocorre em águas superficiais, pelo processo de lixiviação, que consiste na lavagem do solo, que carrega nutrientes e elementos químicos para corpos hídricos; e em águas subterrâneas, pelo processo de percolação, movimento da passagem da água através do solo até reservatórios, também transportando contaminantes. “Esse envenenamento hídrico pode ser potencializado pela pulverização aérea, pelas derivas técnicas e acidentais pós aplicação ou pelo desmatamento das margens de cursos de água, particularmente aquele impulsionado pelo avanço dos grandes monocultivos” (Fundação Heinrich Böll, 2023, pg. 30). Existe ainda o processo de evapotranspiração, através do qual os agrotóxicos podem ser transportados por longas distâncias, com o deslocamento do vapor de água contaminada até a atmosfera, vindo a precipitar-se em diferentes locais, no fenômeno conhecido como rios voadores.

Uma revisão sistemática de análises da água realizadas no Brasil e publicadas entre 2012 e 2019 identificou a presença de 21 agrotóxicos e 77 contaminantes em geral. Isso se deve, em grande parte, porque a legislação brasileira permite níveis muito elevados de agrotóxicos e desconsidera a soma dos Valores Máximos Permitidos (VMP) dos resíduos de diferentes ingredientes ativos, em contraste com o que ocorre em países cuja legislação é mais protetiva à saúde e ao meio ambiente (Fundação Heinrich Böll, 2023).

Estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária concluíram que, mesmo seguindo todas as instruções relativas à calibração, temperatura e ventos ideais, apenas 32% dos agrotóxicos pulverizados chegarão às plantas, outros 49% vão para o solo e 19% se espalham pelo ar para áreas circunvizinhas da aplicação (Fundação Heinrich Böll, 2023, pg. 32).

Novamente fica evidente a fragilidade da legislação nacional, agora em termos da governança sobre recursos hídricos, seja no tocante ao uso, seja em relação à tolerância à contaminação.

4.3.3 Uso de fertilizantes químicos

O Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura, e define fertilizante mineral como “substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas”, podendo ser mineral ou orgânico (Brasil, 2004).

Os principais macronutrientes que compõem o rol de fertilizantes consumidos mundialmente são nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), cada um com uma função específica sobre as plantas e com um impacto específico sobre o solo e a água. No caso do Brasil, o principal produto consumido é o Potássio (38%), seguido pelo fósforo (33%) e por fim pelo nitrogênio (29%) (Brasil, 2023b).

De acordo com o Documento Estudos de Inteligência Estratégica em Inovação – Biofertilizantes¹⁸, desenvolvido pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI, 2023), baseando-se nas Tabelas de Recursos e Usos no âmbito do Sistemas de Contas Nacionais do Brasil, estima-se que a participação de adubos e fertilizantes na estrutura produtiva do setor agropecuário é extremamente relevante, da ordem de 25%. Esse volume coloca o país na quarta posição global, responsável por 8% das 190 milhões de toneladas desses produtos consumidas mundialmente a cada ano, sendo cerca de 85% importado.

O Gráfico 02 apresenta o histórico de importação desses insumos, a partir dos dados de comércio exterior disponibilizados pelo Ministério da Indústria, Comércio e Serviços (MDIC)¹⁹, e do padrão estabelecido pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) para classificação dos fertilizantes, conforme detalhado na metodologia.

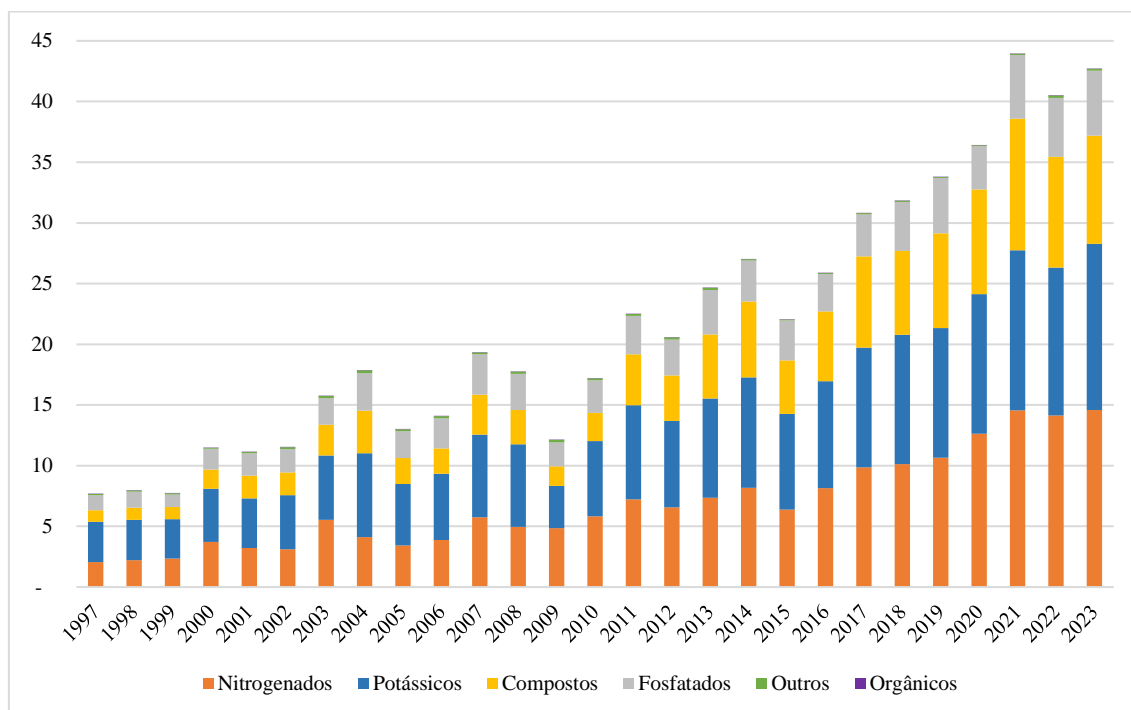
Observa-se que, no período compreendido entre 1997, primeiro ano disponível na série histórica, e 2023, a importação de fertilizantes no Brasil saltou de 7,68 milhões de toneladas para 42,7 milhões de toneladas, um acréscimo de 456% em 26 anos. Considerando-se separadamente os três principais macronutrientes, nitrogênio, fósforo e potássio, chama a atenção o acréscimo no volume de importação dos nitrogenados, que

¹⁸ Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/inpi-data/estudos/biofertilizantes>

¹⁹ Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>

passaram de 2,05 milhões de toneladas para 14,57, representando um aumento de 610% no período.

Gráfico 2 - Brasil: importação de fertilizantes (milhões de toneladas)



Fonte: MDIC - Comexstat. Elaboração própria.

Esse incremento na importação dos fertilizantes químicos se deve obviamente ao aumento nas áreas destinadas à produção agrícola, mas essa relação não se revela tão simples quanto aparenta. Segundo o relatório Contas Econômicas Ambientais da Terra, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE²⁰ em 2022, no período compreendido entre 2000 e 2020, a área destinada à produção agrícola no país teve um incremento de aproximadamente 23 milhões de hectares, o que representa uma expansão de 50,1%. No mesmo período, as classes de Vegetação Florestal e Vegetação Campestre apresentaram significativa redução, de 32 milhões de hectares (-7,9%) e 19,2 milhões de hectares (-10,6%), respectivamente (IBGE, 2022).

A Tabela 12 mostra o comparativo dos dados de importação de fertilizantes e os dados de área destinada à agricultura. Tomando-se como base o ano 2000, quando a área de produção agrícola era de 45,9 milhões de hectares e o volume importado de fertilizantes foi de aproximadamente 11,5 milhões de toneladas, a relação do volume importado por área foi de 250,3 kg/ha. Já em 2022, a área agrícola alcançou os 68,9

²⁰ Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/34822-contas-economicas-ambientais-da-terra.html>

milhões de hectares e o volume de fertilizantes importados foi de 36,4 milhões de toneladas, levando a uma relação de 528,4 kg/ha, ou seja, mais do que o dobro em 20 anos. Esse resultado pode apontar em duas direções: a primeira no sentido de indicar a intensificação dos cultivos na mesma área, visando ao aumento de produtividade; e a segunda no sentido da necessidade de maior aplicação para garantir a resposta do solo cada vez mais empobrecido devido às práticas predatórias associadas aos monocultivos.

Obviamente uma parcela da área destinada à produção agrícola não faz uso dos fertilizantes sintéticos, o que elevaria ainda mais a relação entre as variáveis, caso fosse possível considerar apenas a área que os utiliza. E cabe destacar que estão sendo considerados apenas os volumes de importação, que, como dito anteriormente, representam cerca de 80% do volume total utilizado, fato que também elevaria a relação de consumo por área. Apesar dessas limitações, pode-se considerar como uma aproximação significativa em termos de evolução nesses 20 anos.

Tabela 12 - Brasil: área agrícola e importação de fertilizantes

	2000	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Área Agrícola (mil hectares)	45.898	55.623	58.377	62.463	64.377	66.478	68.890
Importação (mil toneladas)	11.488	17.210	20.585	27.027	25.885	31.829	36.406
Relação (quilograma/hectare)	250	309	353	433	402	479	528

Fonte: IBGE; MDIC - Comextat. Elaboração própria.

Dados disponibilizados pela FAO, através do sistema Faostat corroboram com esta leitura. A Tabela 13 apresenta a evolução histórica da utilização específica de cada um dos macronutrientes por hectare, o que desconsidera, por exemplo, demais nutrientes e insumos intermediários para elaboração dos produtos finais. Apesar da série histórica ser disponibilizada ano a ano, desde 1961, optou-se por utilizar um recorte mais restrito, mas que contempla a evolução de maneira verossímil.

A partir dos dados é possível confirmar o significativo aumento do consumo de fertilizantes por hectare ao longo das últimas décadas. Entre 1970 e 2022 essa relação apresentou um salto de 1.039%, considerando-se os três macronutrientes em conjunto. Analisando-se separadamente, o consumo fósforo teve um aumento de 684%; nitrogênio, 1.288%; e potássio, 1.335%.

Tabela 13 - Consumo de fertilizantes por nutriente (quilograma por hectare)

	Nitrogênio (N)	Fósforo (P2O5)	Potássio (K2O)	Total
1970	7	12	8	27
1980	14	34	21	70
1990	13	21	20	54
2000	27	43	44	114
2010	45	54	62	161
2020	84	114	108	306
2021	95	104	123	322
2022	96	90	115	302

Fonte: FAO – Faostat. Elaboração própria.

A evolução tecnológica da produção nacional permite, atualmente, para alguns produtos, a viabilização de mais de uma safra por ano, na mesma área, ultrapassando a barreira natural da sazonalidade, como no caso do milho e do feijão, por exemplo. Essa característica poderia justificar o aumento no consumo de fertilizantes ao longo das últimas décadas, devido à intensificação da produção por área cultivada. Entretanto, ao analisar os volumes da produção agrícola em comparação com o consumo de fertilizantes, o resultado que se observa é também preocupante.

Tabela 14 - Brasil: produção agrícola e consumo de fertilizantes NPK (mil toneladas)

	Consumo de fertilizantes (N, P e K)	Lavouras temporárias	Lavouras permanentes	Produção total	Produção/ consumo
1990	3.208	350.431	115.488	465.919	145
1995	4.206	416.922	129.769	546.691	130
2000	6.568	442.177	145.910	588.088	90
2005	8.425	574.126	37.297	611.423	73
2010	10.425	906.214	40.794	947.008	91
2015	12.810	998.327	42.545	1.040.873	81
2020	20.367	1.046.048	46.454	1.092.502	54
2022	20.198	1.024.762	46.763	1.071.525	53

Fonte: FAO-Faostat; IBGE-PAM. Elaboração própria.

A Tabela 14 apresenta os dados de consumo dos três principais macronutrientes utilizados na formulação de fertilizantes, em comparação com a evolução da produção agrícola nacional, das lavouras temporárias e permanentes. Pode-se observar que, em 1990, cada tonelada consumida de fertilizantes vinculava-se a 145 toneladas de produção vegetal. Já em 2022, essa relação caiu para 53 toneladas de produto

a cada tonelada utilizada de fertilizantes. Esse resultado pode ser interpretado sob dois pontos de vista. O primeiro, indica uma redução de 63% na eficiência desses insumos ao longo do período. O segundo, aponta para o expressivo aumento da produção das lavouras temporárias em relação às lavouras permanentes, o que reflete a intensificação da produção de commodities e o respectivo incremento no consumo de insumos químicos.

Devido à grande relevância desses insumos para a viabilização dos sistemas de monocultivo e à constante pressão das representações do agronegócio junto ao poder público, foi lançado em 2022 o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF), como resultado do Grupo de Trabalho Interministerial, instituído pelo Decreto 10.605, de 22 de janeiro de 2021, e que teve como objetivos ordenar as ações públicas e privadas voltadas para a produção competitiva de fertilizantes, diminuição da dependência externa e ampliação da competitividade do agronegócio brasileiro.

Conforme detalhado no documento, a exploração dos fertilizantes minerais, inicialmente na Europa e América do Norte, teve como resultado a industrialização da agricultura e, a partir da introdução das práticas da Revolução Verde em outras regiões do mundo, desenvolveu-se um mercado bilionário de fertilizantes em nível global. Entretanto, no processo de transferência dessas práticas para os países tropicais, verificou-se uma inadequação tecnológica, fazendo com que a eficiência da aplicação no Brasil seja entre 50 a 70% para nitrogênio; de 15 a 50% para fósforo; e de 50 a 70% para potássio. Isso leva à perda permanente de grandes quantidades dos nutrientes aplicados. (Brasil, 2023b).

Entre os eixos de condução do PNF, constam as “Cadeias Emergentes”, que contemplam os fertilizantes orgânicos, obtidos a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal. Porém, fica claro que o foco principal é a atuação sobre os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos. O Plano tem como objetivo principal a redução da dependência externa, e não a redução da dependência dos fertilizantes químicos em si mesma. Isso se torna ainda mais preocupante quando se leva em conta que os fertilizantes representam um dos principais custos de produção, o que, atualmente, pode funcionar como uma espécie de limitador ao uso ainda mais excessivo. Com o eventual barateamento desses produtos, a partir do aumento da produção interna, certamente haverá uma elevação ainda maior no consumo. De acordo com o documento, do total de fertilizantes consumidos no Brasil, o potássio representa 38%, o fósforo 33% e o nitrogênio 29%, destinados na sua grande maioria às culturas de soja, milho e cana-de-

açúcar, que consumiram em conjunto 72% do total desses insumos no ano de 2020 (Brasil, 2023b).

Cabe destacar que consta ainda no texto a referência a um estudo elaborado em conjunto pelo Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa e Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI. Segundo esse levantamento, com base na demanda de fertilizantes no ano 2020, de 40,6 milhões de toneladas, a estimativa é que ocorram saltos para 49 milhões de toneladas em 2030, 57,2 milhões de toneladas em 2040 e 65,1 milhões de toneladas em 2050, ou seja, um acréscimo de 60% em 30 anos. Para suprir essa crescente demanda, o PNF aponta como fundamental a criação de uma política de longo prazo para reduzir a dependência externa e resolver questões de infraestrutura, armazenamento, tecnológicas, regulatórias, tributárias e ambientais, além do estímulo aos investimentos necessários à pesquisa mineral e descoberta de novas jazidas (Brasil, 2023b).

Em consonância com o PNF, outra política pública recente, o Programa Gás Para Empregar, se coloca na contramão das iniciativas de sustentabilidade ambiental e propõe, entre seus objetivos, aumentar a disponibilidade de gás natural para a produção nacional de fertilizantes nitrogenados (CNPE, 2023). Como dito anteriormente, o ciclo do nitrogênio representa uma das fronteiras planetárias, e a queima de combustíveis fósseis está diretamente relacionada a outra fronteira, das mudanças climáticas, conforme será discutido mais adiante.

Apesar de usar o verniz da sustentabilidade e do aumento de eficiência, as políticas, em sentido amplo, objetivam a manutenção e a intensificação do modelo atual. Seja como uma espécie de refém do poder crescente dos representantes do agronegócio, seja movida pela inércia de uma dependência estrutural da exportação de produtos primários, trata-se de novas iniciativas públicas que encontram como melhor opção o incentivo ao setor agroexportador convencional.

Cabe destacar que, antes do PNF, a partir do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – Planapo II, foi lançado pelo MAPA, o Programa Nacional de Bioinsumos (PNB), instituído pelo Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020, que define bioinsumo como:

o produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários, nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfiram positivamente no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos e de

substâncias derivadas e que interajam com os produtos e os processos físico-químicos e biológicos (Brasil, 2020).

Segundo Vidal e outros (2022), os bioinsumos representam uma ferramenta capaz de reconciliar interesses no contexto agropecuário, capaz de atender novas demandas de produtores e consumidores por alternativas ao uso dos insumos químicos. Inicialmente, utilizados principalmente na agricultura orgânica ou de base agroecológica, hoje também já alcançam a agricultura convencional, caracterizando a “terceira onda da agricultura brasileira, depois do plantio direto e dos sistemas integrados como lavoura-pecuária-floresta” (Vidal et al, 2020, pg 388). Ainda segundo os autores:

O Brasil tem enorme potencial no segmento de bioinsumos, tanto pela sua megabiodiversidade como fonte de matéria-prima e quanto pelo mercado com sua extensa área de agricultura, pecuária e floresta. Essa pujança requer um modelo econômico baseado no uso sustentável de recursos naturais, com aumento de investimentos em pesquisas e fomento para inovações no segmento [...] (Vidal et al, 2020, pg 388).

Entretanto, passados mais de quatro anos do lançamento do Programa, ainda não existe uma equalização dos normativos que abordam o tema, e atualmente está sendo discutida no Congresso Nacional a aprovação de uma lei para o uso de bioinsumos, através de dois Projetos de Lei de 2021. Além disso, outro grande problema para consolidação dos bioinsumos refere-se aos gargalos para pesquisa, desenvolvimento e patentes. Conforme Munhoz (2024), a tecnologia de bioinsumos carece de um processo específico junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial, como forma de aumentar a competitividade do Brasil em relação aos demais países. Toda essa situação gera uma insegurança jurídica em relação à produção, uso e comercialização desses produtos e aplicação dessas tecnologias (Munhoz, 2024), fazendo com o que Brasil perca a oportunidade de despontar como o principal ator nesse cenário.

No mesmo sentido, Bortoli e Sampaio (2024) apontam que o registro de produtos biológicos no Brasil se concentra ainda em poucos ingredientes ativos e há grande desconhecimento e desconfiança por boa parte dos produtores. Os autores apontam que para superar esses desafios, é necessário que haja um marco regulatório específico, além do fomento de atividades de pesquisa e transferência de conhecimento. Nesse sentido, fica claro que, apesar de constituir uma importante política pública, com enorme potencial de promover ganhos econômicos e ambientais no contexto da produção de alimentos, o PNB ainda necessita de maior atenção por parte dos gestores públicos para que se alcance sua plena execução.

4.3.4 Uso de agrotóxicos

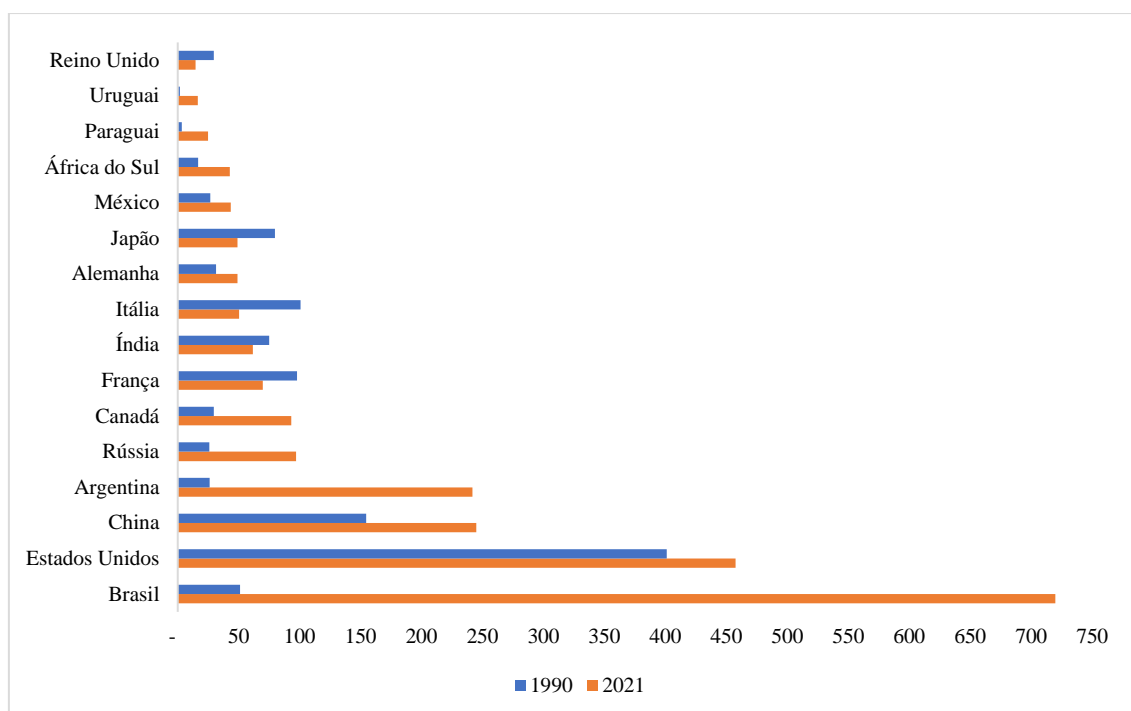
O movimento de uso crescente e intensivo, verificado nos fertilizantes, também se observa em relação aos defensivos químicos, objetos da recente Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023, chamada Nova Lei dos Agrotóxicos, ainda não regulamentada. Esses insumos são definidos como “produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens ou na proteção de florestas plantadas, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos” (Brasil, 2023c).

Conforme consta do Atlas dos Agrotóxicos (Fundação Heinrich Böll, 2023), apesar de possuírem uma função bem definida, esses produtos e seus resíduos não ficam restritos ao local onde são aplicados, gerando impactos negativos sobre o meio ambiente em geral. Pesquisas recentes têm demonstrado inclusive a relação entre agrotóxicos e poluição de microplásticos, quando ingredientes ativos são encapsulados intencionalmente para uma liberação mais lenta (Fundação Heinrich Böll, 2023).

O mercado mundial dos agrotóxicos é uma expressão bastante eloquente do funcionamento dos impérios agroalimentares discutidos anteriormente. De acordo com dados da Fundação Heinrich Böll, (2023), entre 1993 e 2018, as quatro principais empresas do ramo de agrotóxicos, Syngenta Group, Bayer, Corteva e BASF, em conjunto, aumentaram sua participação no mercado de 29% para 70%. No setor de sementes, a participação global das mesmas empresas passou de 21% para 57% no mesmo período. Essa crescente influência sobre o setor agroalimentar impacta na variedade de produtos agrícolas cultivados no mundo todo, na medida em que, como principais fornecedoras mundiais de semente, especializam-se na modificação genética de um pequeno número de culturas, as quais terão maior produtividade se utilizadas em conjunto com os agrotóxicos específicos, também fornecidos por essas empresas. A título de exemplo, soja e milho representam cerca de 75% das vendas de sementes da Bayer, 55% da Syngenta e 85% da Corteva (Fundação Heinrich Böll, 2023).

No Brasil, maior importador mundial de agrotóxicos, 54% desses produtos são destinados à produção de soja e, agregando-se a ela os monocultivos de cana-de-açúcar, milho e algodão, chega-se ao patamar de 83% do consumo total (Fundação Heinrich Böll, 2023). O Gráfico 03 apresenta o comparativo entre países selecionados, com base em dados extraídos do sistema Faostat, da FAO, entre os anos de 1990 e 2021.

Gráfico 3 - Uso de agrotóxicos (em mil toneladas)



Fonte: FAO – Faostat. Elaboração própria²¹.

Observa-se a liderança disparada do Brasil em relação aos demais países, inclusive como uma distância muito significativa em relação aos Estados Unidos e a China, segundo e terceiro colocados do ranking. Enquanto em 1990 o consumo brasileiro (51 mil toneladas) era três vezes inferior ao consumo chinês (155 mil toneladas) e oito vezes inferior ao consumo estadunidense (401 mil toneladas), já em 2021 a situação se inverteu, e o consumo do Brasil (720 mil toneladas) ultrapassou o dos Estados Unidos (457 mil toneladas) em quase 60% e da China (245 mil toneladas) em quase 200%. A variação do Brasil no período foi de significativos e preocupantes 1.307% do volume consumido de agrotóxicos, e representa hoje 20% do consumo global desses produtos.

Conforme informações disponibilizadas nos Boletins Anuais de Produção, Importação, Exportação e Vendas de Agrotóxicos no Brasil, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA, a Tabela 15 apresenta os dados de comercialização nacional dos agrotóxicos, distribuídos conforme grau de periculosidade ao meio ambiente, sendo: Classe I – produto altamente perigoso; Classe II – produto muito perigoso; Classe III – produto perigoso; e Classe IV produto pouco perigoso.

²¹ Dados disponíveis em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>

Tabela 15 - Brasil: comercialização de agrotóxicos (mil toneladas de ingrediente ativo)

	Classe I		Classe II		Classe III		Classe IV		Total
2009	3,7	2%	64,2	27%	139,3	58%	34,1	14%	241,3
2010	7,0	2%	88,3	26%	206,8	61%	37,6	11%	339,6
2011	5,3	1%	99,5	28%	209,1	59%	39,3	11%	353,2
2012	3,0	1%	111,9	26%	275,3	65%	35,5	8%	425,7
2013	3,1	1%	132,6	29%	289,4	64%	29,0	6%	454,1
2014	3,9	1%	140,3	30%	292,5	62%	32,1	7%	468,8
2015	3,8	1%	150,3	30%	307,3	62%	37,5	8%	498,9
2016	4,3	1%	154,7	30%	313,7	62%	35,5	7%	508,3
2017	4,6	1%	161,9	31%	314,9	61%	37,7	7%	519,0
2018	6,5	1%	169,2	33%	319,4	62%	18,2	4%	513,3
2019	9,7	2%	213,1	36%	346,6	59%	14,4	2%	583,9
2020	14,0	2%	239,9	38%	366,3	58%	14,2	2%	634,4
2021	19,0	3%	282,5	42%	362,3	54%	11,2	2%	675,0
2022	23,5	3%	311,9	43%	382,7	52%	11,0	2%	729,1

Fonte: IBAMA. Elaboração Própria.

Pode-se perceber que durante todo o período analisado, os produtos menos nocivos, da Classe IV, representam uma parcela muito pequena do total e são os únicos produtos que tiveram redução no volume comercializado e na participação total. Os produtos classificados como I a III, que representam maiores riscos à saúde e ao meio ambiente, muitos dos quais com utilização banida em diversos países, continuam sendo cada vez mais utilizados no Brasil.

Além do volume de agrotóxicos consumido no Brasil ter crescido nos últimos anos, é importante destacar que dentre os dez agrotóxicos mais vendidos no país em 2021, quatro são proibidos na União Europeia: Mancozebe, Clorotalonil, Atrazina e Acefato, ocupando, respectivamente, da 3ª a 6ª posição no ranking dos mais vendidos. Empresas sediadas na União Europeia têm vendido agrotóxicos proibidos em seus próprios territórios para outros países, dentre eles, os países que compõem o Mercosul (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai)” (Fundação Heinrich Böll, 2023, pg. 14).

Utilizando os dados totais de comercialização em comparação com a evolução da área agrícola medida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, nos anos disponíveis em ambas as bases, conforme a Tabela 16, observa-se entre 2010 e 2020 uma elevação no consumo de 6,1 quilogramas de agrotóxicos por hectare para 9,21 quilogramas por hectare, que representa um acréscimo de 51% em 10 anos.

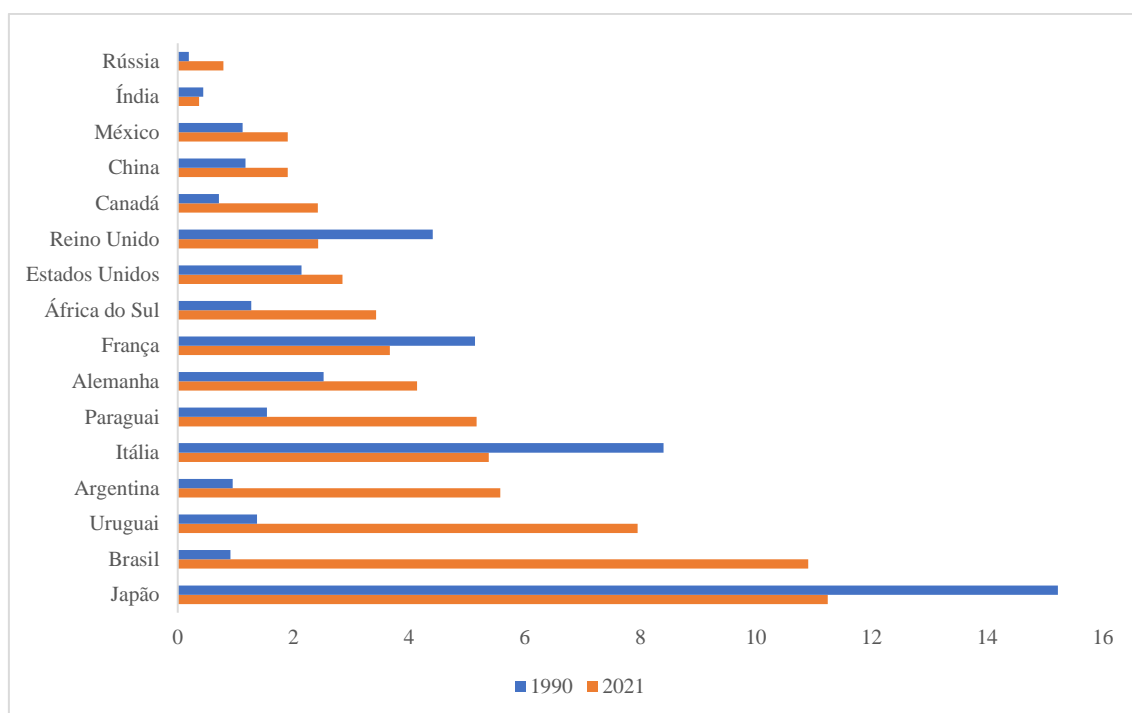
Tabela 16 - Brasil: área agrícola e comercialização de agrotóxicos

	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Área Agrícola (mil hectares)	55.623	58.377	62.463	64.377	66.478	68.890
Comercialização (mil ton. ingrediente ativo)	339,6	425,7	468,8	508,3	513,3	634,4
Relação (quilograma/hectare)	6,1	7,3	7,5	7,9	7,7	9,2

Fonte: IBGE; IBAMA. Elaboração própria.

Esses dados se aproximam das estimativas realizadas pela FAO em relação ao uso de agrotóxicos por área cultivada, no período compreendido entre 1990 e 2021. O Gráfico 4 apresenta o comparativo entre os mesmos países considerados anteriormente, conforme Moraes (2019).

Gráfico 4 - Consumo de agrotóxicos por área cultivada (quilograma por hectare)



Fonte: FAO – Faostat. Elaboração própria.

Percebe-se no gráfico que o Japão ocupa a primeira posição do ranking em termos de consumo por área, na faixa de 11 quilogramas de agrotóxicos por hectare. Entretanto, levando-se em consideração que a produção agrícola do Japão é bastante restrita e intensiva, focada principalmente na cultura do arroz, cabe uma ponderação em relação aos números. O Brasil, ao contrário, encontra-se há vários anos entre os três

maiores produtores agrícolas mundiais, motivo que o coloca de fato como maior consumidor mundial de agrotóxicos, inclusive em relação à área cultivada.

Tal como ocorre no caso dos fertilizantes, a relação entre consumo de agrotóxicos e volume de produção agrícola, ao longo das últimas décadas, apresenta também uma evolução preocupante. A Tabela 17 apresenta esse comparativo.

Tabela 17 - Brasil: produção agrícola e consumo de agrotóxicos (mil toneladas)

	Consumo de agrotóxicos	Lavouras temporárias	Lavouras permanentes	Produção total	Produção/consumo
1990	51	350.431	115.488	465.919	9.114
1995	93	416.922	129.769	546.691	5.850
2000	141	442.177	145.910	588.088	4.167
2005	233	574.126	37.297	611.423	2.620
2010	361	906.214	40.794	947.008	2.625
2015	498	998.327	42.545	1.040.873	2.092
2020	686	1.046.048	46.454	1.092.502	1.593
2022	801	1.024.762	46.763	1.071.525	1.338

Fonte: FAO-Faostat; IBGE-PAM. Elaboração própria.

Pode-se perceber que, em 1990, o consumo de uma tonelada de agrotóxicos se dava para uma produção agrícola de 9,1 mil toneladas. Já em 2022, essa relação caiu para uma tonelada de agrotóxicos a cada 1,3 mil toneladas de produtos agrícolas, o que representa uma queda de 85% da quantidade vegetal produzida por unidade de agrotóxico consumido. Ou, dito de outra forma, a variação representa, ao longo do período, o aumento de 581% no consumo daqueles insumos por unidade de peso de produção agrícola gerada. Novamente, o resultado aponta para a perda da eficiência na aplicação dos insumos; ou para o descolamento entre a produção das lavouras temporárias, intensivas em agrotóxicos, em relação à produção das lavouras permanentes; ou ainda, para uma combinação de ambos.

Essa situação torna-se mais relevante quando se considera que a Lei nº 14.785 de 2023, é ainda mais flexível que o instrumento anterior, o Decreto nº 4.074 de 2002, que regulamentou a Lei nº 7.802, de 1989. Merecem destaque alguns pontos cruciais que foram alterados, e que representam importante retrocesso em relação à saúde e à defesa do meio ambiente, em benefício da intensificação do uso desses insumos.

O primeiro ponto refere-se ao registro dos produtos, antes dependente de uma estrutura tripartite, envolvendo Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA,

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis – IBAMA e Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA. A partir da nova Lei, ANVISA e IBAMA devem priorizar as análises de registro conforme estabelecido pelo MAPA.

O segundo ponto refere-se às proibições, antes especificadas para aqueles produtos cujos impactos sobre a saúde eram detalhados e referenciados em estudos científicos. A nova Lei traz como proibição o registro de produtos que apresentem risco inaceitável para os seres humanos ou para o meio ambiente, sem, no entanto, apresentar a definição de parâmetros.

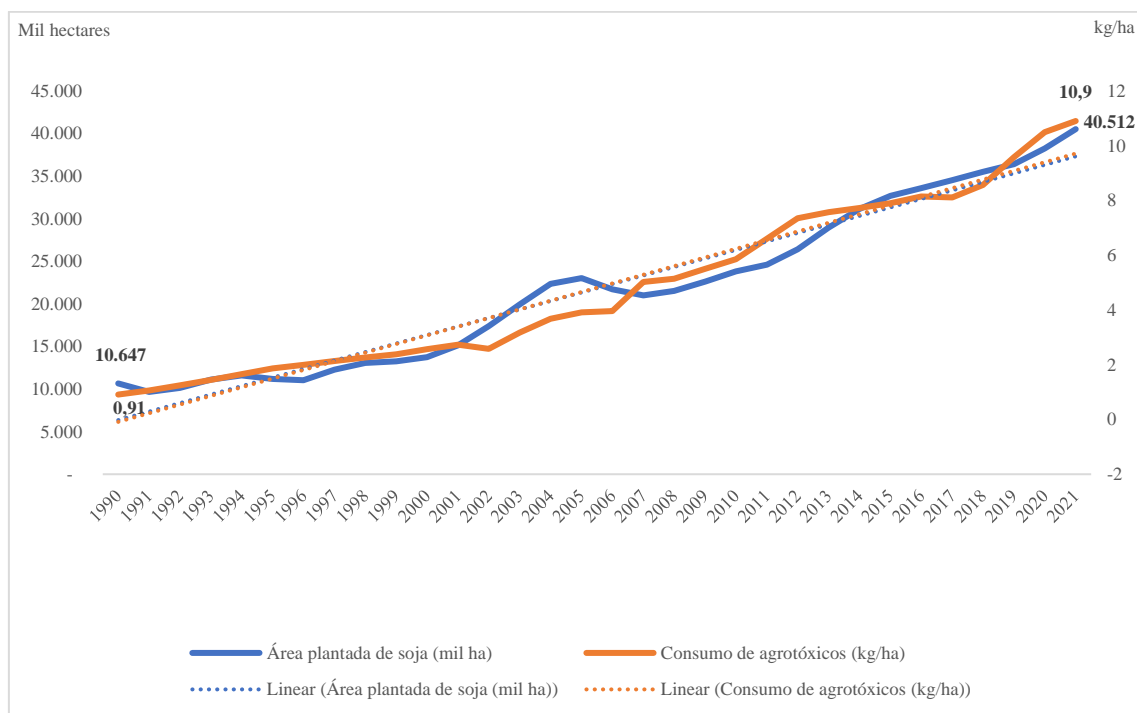
O terceiro ponto refere-se ao uso preventivo, para cuja venda deixa de ser dependente de prescrição de receituário de acordo com a praga e a cultura. Além disso, passa a haver a previsão de extensão da autorização de uso em culturas que não constam da bula do produto, sob alegação de suporte fitossanitário insuficiente.

Por fim, passa a ser permitida a produção em território nacional de agrotóxicos cuja comercialização é proibida internamente, com fins de exportação e para os quais não é necessário registro junto ao MAPA. Mesmo com uma legislação anterior menos flexível, o Brasil se tornou o maior consumidor mundial de agrotóxicos. Tendo como horizonte a aplicação de uma lei mais branda, não se pode esperar outro impacto, senão a sua intensificação, especialmente quando se leva em consideração à evolução da produção de soja ao longo das últimas décadas.

O Gráfico 5 apresenta a evolução desse parâmetro, que demonstra um aumento de 1.098% no período de 31 anos, em confronto com a evolução da área plantada de soja, que teve um aumento de 280% no mesmo período. Pode-se perceber que as linhas de tendências de ambos se sobrepõem, indicando inequivocadamente a dependência crescente dos agrotóxicos para a produção dessa commodity.

Essa variação corrobora com a visão de que o uso maciço de defensivos químicos em sistemas de monocultura leva ao surgimento de pragas cada vez mais resistentes, forçando um ciclo vicioso, tal qual ocorre com os fertilizantes, e a respectiva necessidade de aplicações cada vez mais intensivas de insumos para garantir a sanidade das lavouras (Weinke, 2018; Weinke e Bernardes, 2022).

Gráfico 5 - Brasil: consumo de agrotóxicos por área (quilograma por hectare) e área de cultivo de soja (mil hectares)



Fonte: FAO – Faostat, CONAB – Séries Históricas. Elaboração própria.

Basso et al (2021) analisaram 35 artigos que relacionavam o uso de agrotóxicos e o impacto sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente. Os autores identificaram que em regiões produtivas do agronegócio, mesmo considerando-se o manejo dentro dos parâmetros legais, o uso intensivo de agrotóxicos leva à contaminação dos alimentos, da água e do ar, com impacto sobre os animais, trabalhadores, e população em geral. Nessas regiões, a poluição ambiental resultante do uso dessas substâncias se relaciona com o perfil de saúde ou doença da população (Basso et al, 2021).

Nesse mesmo sentido, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, através do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA²², no ciclo de 2022, ao analisar 1.772 amostras de 13 alimentos frequentes na dieta dos brasileiros, identificou inconformidade em 25% delas. Entre os problemas detectados estão: amostra contendo ingrediente ativo acima do limite máximo de resíduos permitido; amostra contendo ingrediente ativo não permitido para a cultura; amostra contendo ingrediente ativo não aprovado no Brasil (ANVISA, 2023).

Lopes e Albuquerque (2018) realizaram uma revisão da literatura referente ao tema dos agrotóxicos e seus impactos sobre a saúde humana e o meio ambiente, no

²² Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>

período compreendido entre 2011 e 2017, adotando uma metodologia descritivo-analítico-reflexiva sobre 116 trabalhos publicados. Como importante conclusão, os autores apontam que os agrotóxicos causam significativas interferências no equilíbrio dos ecossistemas, como a alteração da composição do solo, contaminação da água e do ar e alterações na morfologia e na função de seres vivos (Lopes, Albuquerque, 2018), todas com impacto direto também sobre a biodiversidade em cada ecossistema.

De início apontam que a utilização em massa desses produtos teve início na década de 1950 nos Estados Unidos a partir da Revolução Verde, tendo impulso estatal no Brasil duas décadas depois, através do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA), que vinculava a concessão de crédito agrícola à utilização dos agrotóxicos. (Lopes, Albuquerque, 2018). Além disso, Weinke (2020) salienta que os incentivos fiscais e tributários tiveram papel importante no estímulo ao desenvolvimento da indústria de pesticidas, cujas isenções tributárias não encontram paralelo em outros setores produtivos. A Fundação Heinrich Böll (2023) reforça que esses benefícios são vigentes até os dias atuais, e os agrotóxicos são parcial ou totalmente isentos dos seguintes tributos: Imposto sobre importação (II), Imposto sobre produtos industrializados (IPI), Contribuição de financiamento da seguridade social (Cofins), Programa de Integração Social (PIS), além do Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) (Fundação Heinrich Böll, 2023).

Em 2020, a Associação Brasileira de Saúde Coletiva (Abrasco) publicou uma estimativa da perda total de arrecadação para os estados e a União com os benefícios fiscais para agrotóxicos. Estima-se que este montante, considerando a comercialização de agrotóxicos em 2021, seja de R\$ 12,9 bilhões. Para se ter uma ideia, o valor representa 12,7 vezes o orçamento da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) em 2021, e mais de 7 vezes o orçamento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) no mesmo ano, órgãos responsáveis pelo registro de agrotóxicos, junto ao Ministério da Agricultura (Fundação Heinrich Böll, 2023, pg. 16).

Atualmente, além dos benefícios tributários, da frouxidão nas legislações sobre o tema, e da fragilidade na fiscalização e punição, a lógica de estímulo estatal ao uso desses insumos ainda persiste, a exemplo dos custos irrisórios de registro dos produtos na Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, ajudando a colocar o Brasil na primeira posição mundial em consumo de agrotóxicos desde 2008 (Lopes, Albuquerque, 2018).

Pelaez et al (2015), em estudo comparativo sobre a regulação dos agrotóxicos apontam que, nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental conta com cerca de 850 técnicos, enquanto no Brasil, são apenas 46 técnicos, distribuídos entre os três órgãos

envolvidos no processo. Outra diferença significativa refere-se aos custos. Naquele país o registro de um novo ingrediente ativo chega a cerca de US\$ 630 mil, com uma taxa de manutenção que varia de US\$ 100 a US\$ 425 e taxa de renovação após de quinze anos de US\$ 150 mil. No Brasil, a taxa de registro é de no máximo US\$ 1 mil, com prazo de validade indeterminado. Por fim, mas não menos importante, enquanto nos Estados Unidos as empresas têm o ônus de provar o atendimento aos parâmetros de toxicidade, no Brasil, ao contrário, essa obrigação recai sobre os órgãos reguladores (Pelaez et al, 2015).

Os autores destacam que a conformação desse padrão no Brasil se iniciou ainda antes do PNDA, de 1975, com a Lei nº 3.244, de 1957, a partir da qual o Conselho de Política Aduaneira passou a conceder isenção total das alíquotas de importação para os agrotóxicos. Posteriormente, o Ministério da Fazenda concedeu isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados, em 1959, e do Imposto sobre Circulação de Mercadorias, em 1969. Já no início dos anos 1970, o complemento veio através benefícios fiscais e financeiros para a instalação de fábricas nacionais desses produtos. Paralelamente, com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural, em 1965, o custeio desses insumos chegou a financiar 85% das vendas registradas pela Associação Nacional de Defensivos Agrícolas, em 1976 (Pelaez et al, 2015).

4.3.5 Erosão da biodiversidade e monotonia alimentar

Pinho (2022) descreve que a biodiversidade representa uma construção social e cultural, resultado da interação do homem com a natureza e sua respectiva coevolução, e que deixa seus registros nas paisagens, de forma mais evidente quando se considera a atividade agrícola. Ao longo da história, essa relação se transformou, especialmente após a Revolução Verde, e as práticas tradicionais que mantêm e ampliam a diversidade agrícola deram espaço ao um modelo dominado por corporações internacionalizadas, concentrador de terras e uniformizador de espécies altamente dependentes de insumos químicos e que se estende a todo o sistema alimentar, incluindo produção, processamento, transporte e consumo. Como resultado, essa dinâmica tem impactado diretamente sobre a erosão da biodiversidade agrícola e sobre a cultura alimentar, além de não responder pelas questões relacionadas à segurança e soberania alimentar e nutricional (Pinho, 2022).

É gigantesco o contraste entre a variedade de plantas já utilizadas pela espécie humana na produção de alimentos, energia, fibras, medicamentos e diversos

materiais e a escassez das que atualmente compõem os sistemas agropecuários predominantes (Abramovay, 2021, pg. 53).

Nos últimos cem anos, foram perdidos entre 90% e 95% das variedades agrícolas no mundo, principalmente devido à substituição das variedades locais e tradicionais por variedades homogêneas de alto rendimento (Pinho 2022) e, atualmente, dentre as mais de seis mil espécies alimentares, apenas nove são responsáveis por 66% de toda a produção agrícola global (FAO, 2019) e 60% da população mundial depende de apenas quatro culturas: soja, trigo, milho e arroz (Abramovay, 2022).

Tabela 18 - Brasil: área destinada aos dez principais produtos e participação no total da área das lavouras temporárias e permanentes (milhão de hectares)

	1988		2022		Variação
Milho	13,5	24%	21,28	23%	58%
Soja	10,6	19%	41,14	45%	288%
Cana-de-açúcar	4,2	7%	9,89	11%	136%
Arroz	6,1	11%	1,66	2%	-73%
Feijão	6,1	11%	2,71	3%	-55%
Trigo	3,6	6%	3,17	3%	-12%
Café	3,0	5%	1,87	2%	-37%
Algodão herbáceo	1,9	3%	1,65	2%	-11%
Mandioca	1,8	3%	1,20	1%	-35%
Laranja	0,8	1%	0,57	1%	-30%

Fonte: IBGE - PAM. Elaboração própria.

No caso do Brasil, esse empobrecimento da pauta alimentar pode ser um dos reflexos da mudança na área destinada ao plantio dos principais itens agrícolas produzidos nas últimas décadas. A Tabela 18 mostra essa evolução do período compreendido entre 1988 e 2022, com base nas informações da Produção Agrícola Municipal – PAM do IBGE.

A partir da análise dos dados percebe-se que somente a área destinada à soja, milho e cana-de-açúcar tiveram variação positiva no período, com destaque especial para a soja, cuja área foi elevada em 288%, passando de 10,6 milhões de hectares para 41,1 milhões de hectares em 34 anos. Todos os demais produtos tiveram significativa redução na área plantada, com destaque especial ao arroz (-73%), feijão (-55%) e mandioca (-35%), importantes produtos componentes da dieta alimentar nacional. Ainda com base nos dados da PAM-IBGE, a Tabela 19 apresenta a evolução da quantidade produzida também dos dez principais produtos no mesmo período.

Tabela 19 - Brasil: quantidade produzida das dez principais culturas e participação no total da produção das lavouras temporárias e permanentes (milhão de toneladas)

	1988		2022		Variação
Cana-de-açúcar	258,4	57,0%	724,4	68,3%	180%
Laranja	75,6	16,7%	16,9	1,6%	-78%
Milho	24,7	5,5%	109,4	10,3%	342%
Mandioca	21,7	4,8%	17,6	1,7%	-19%
Soja	18,0	4,0%	120,7	11,4%	570%
Arroz	11,8	2,6%	10,8	1,0%	-9%
Limão	6,3	1,4%	1,6	0,2%	-74%
Trigo	5,7	1,3%	10,3	1,0%	80%
Tangerina	4,3	0,9%	1,1	0,1%	-75%
Feijão	2,8	0,6%	2,8	0,3%	1%

Fonte: IBGE - PAM. Elaboração própria

Novamente percebe-se o significativo crescimento dos volumes referentes à soja (570%), milho (342%) e cana-de-açúcar (180%), agora incluindo-se também o trigo (80%). Todos os demais produtos, com exceção do feijão, apesar de pouco significativo, apresentaram redução nas quantidades produzidas. Cabe destacar que, segundo dados extraídos do sistema COMEXSTAT, do Ministério da Indústria, Comércio e Serviços - MDIC, em 2022 o país exportou 43,2 milhões de toneladas de milho e 99 milhões de toneladas de soja, ou seja, 39% da produção de milho e 82% da produção de soja foram destinados ao mercado externo, evidenciando o processo de “comoditização” e especialização da produção agrícola nacional.

É cada vez mais evidente, por exemplo, o contraste entre as reais necessidades alimentares das pessoas e aquilo que o sistema agroalimentar lhes oferece, mesmo nas sociedades mais ricas do planeta. Os guias alimentares, que vêm sendo publicados em todo o mundo (tema em que a pesquisa brasileira exerce forte liderança global), sinalizam a urgência de que se aumente o consumo de verduras, hortaliças e folhas, reduzindo-se a quase nada a entrada de ultraprocessados na dieta e diminuindo também de forma importante o consumo de carnes (Abramovay, 2022).

Como demonstrado, no Brasil, o modelo vigente de produção de alimentos teve início a partir da década de 1970, se consolidou nos anos 2000 e vem se intensificando nas últimas duas décadas. Ao longo desse período, são inegáveis os aumentos de produtividade em algumas culturas especificamente selecionadas, em grande parte voltadas a atender o mercado externo. Também são inegáveis os incrementos no uso insumos químicos, como fertilizantes e defensivos, e na apropriação predatória de recursos naturais, como terra, água e biodiversidade. Essas características são intrínsecas

à produção das commodities agrícolas, cuja viabilização só é possível através da adoção do pacote tecnológico clássico da Revolução Verde, que contempla ainda os organismos geneticamente modificados, adaptados a regiões onde esse cultivo não seria possível de maneira natural, ou espontânea. Dessa forma, sob o pretexto de garantir a segurança alimentar global, o país vem substituindo sua vegetação nativa e resiliente, por monocultivos, por vezes estranhos aos biomas nacionais, que prosperam somente através de métodos artificiais, trazendo efeitos negativos sobre as pessoas e sobre a natureza.

Pinho (2022) destaca que, para que haja um contraponto a esse modelo, é necessário compreender os novos caminhos a serem trilhados para a conservação da biodiversidade, que pode ocorrer *in situ* (ou *on farm*), nos próprios habitats naturais, ou *ex situ*, como por exemplo em bancos de germoplasma. Objetivando investigar o papel do Estado brasileiro na promoção dos direitos socioambientais ligados à salvaguarda da biodiversidade e aos sistemas agrícolas tradicionais, a autora realizou uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório, na qual analisou 17 políticas públicas nacionais relacionadas à conservação da biodiversidade agrícola.

A partir da análise, a autora destaca algumas políticas que demonstram maior potencial de contribuir para o fortalecimento dos sistemas agrícolas tradicionais: Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP), que prevê a implementação de iniciativas de conservação e melhoramento de sistemas vinculados aos povos e comunidades tradicionais; Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO), estruturada sobre uma visão integrativa das funções econômica, social e ambiental da agricultura, além da valorização da agrobiodiversidade e dos produtos da sociobiodiversidade, além do estímulo ao uso e manejo de raças e variedades locais, tradicionais ou crioulas; Programa Nacional de Patrimônio Imaterial (PNPI), através do qual se reconhece como patrimônio cultural imaterial alguns dos sistemas agrícolas tradicionais brasileiros (Pinho, 2022).

A autora salienta ainda que, embora o país não disponha de uma política voltada especificamente para o tema, de forma a integrar todos os elementos essenciais, já existem importantes estruturas de políticas públicas capazes de contribuir com esse propósito e o fortalecimento e a integração dessas iniciativas e das respectivas instituições, tem papel estratégico para a conservação da biodiversidade e dos sistemas agrícolas tradicionais. De forma mais ampla, destaca a importância central das políticas voltadas para a agricultura familiar, no contexto de uma produção diversificada e que responde por uma grande parcela da produção de alimentos no país (Pinho, 2022).

Esse novo olhar sobre o desenvolvimento agrícola, que integra as dimensões da sustentabilidade e enfatiza a importância da agricultura familiar, do conhecimento dos povos e comunidades tradicionais e da agroecologia, está se ampliando e alcançando todo o sistema agroalimentar, da produção ao consumo. O crescimento desse movimento global, protagonizado por diversas Organizações Não Governamentais e atualmente incorporado no Sistema ONU, e as inúmeras evidências de que modelos alternativos podem ser mais eficientes e produtivos se analisados os seus impactos de longo prazo, reacendem uma esperança sobre a viabilidade de uma mudança de paradigma (Pinho, 2022, pg. 54-55).

Diante da lógica atualmente estabelecida e consolidada, e dos consequentes impactos sobre a biodiversidade, o incentivo concreto às formas tradicionais de produção parece ser a alternativa mais viável para mudança nos rumos do modelo de produção alimentar. Nesse sentido, torna-se fundamental, no curto prazo, fortalecer as políticas públicas e estruturas já existentes, cuja atuação esteja amparada de forma justa nas questões econômica, social e ambiental. Por outro lado, é necessário que o tema permaneça na agenda pública, também em uma visão de longo prazo, para que se estabeleçam iniciativas que tenham o horizonte temporal mais amplo, e que de fato possam promover uma produção alimentar condizente com o tamanho da biodiversidade do país.

4.4 Plano Nacional para a Transformação Ecológica: contradições em curso

Em dezembro de 2023, durante a 28ª sessão da Conferência das Partes (COP28) Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), ocorrida em Dubai, O Brasil anunciou o Plano Nacional para a Transformação Ecológica, composto por três objetivos, dentre eles a sustentabilidade ambiental, tendo como eixo principal Bioeconomia e Sistema Agroalimentar.

Apesar de não dispor de um documento formal sobre o Plano, uma apresentação disponibilizada pelo Ministério da Fazenda (MF, 2023), sob o título “Plano para a Transformação Ecológica - Desenvolvimento inclusivo e sustentável para lidar com a crise climática”²³, informa que o eixo de Bioeconomia e Sistema Agroalimentar tem como principais instrumentos: a) Biotecnologia para exploração sustentável dos biomas a partir de investimentos em P&D; b) Integração do Plano Safra com o Plano ABC, com assistência técnica e crédito para tecnologias de baixo impacto ambiental; c) Programa de exportação de produtos florestais não-madeireiros; d) Programa Nacional

²³ <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/apresentacoes/pte-06-05-2024.pdf>

de Conversão de Pastagens Degradadas em Sistemas de Produção Agropecuários e Florestais Sustentáveis; e) Programa de concessão florestal e de unidades de conservação federal e apoio técnico para as estaduais e municipais; f) Pagamento por Serviços Ambientais em áreas florestais mais vulneráveis à pressão pelo desmatamento. Tropical Forests Forever Fund para viabilizar captação de recursos internacionais; g) Arco da Restauração – Programa de financiamento para projetos de restauração florestal (Fundo Amazônia e Fundo Clima) (MF, 2023, pg 31).

Na página da internet do Ministério da Fazenda ²⁴ consta um breve detalhamento sobre o citado eixo, destacando a necessidade de preservação dos biomas e ecossistemas nacionais, fundamentais para o equilíbrio ecológico e o bem-estar a nível global, haja vista o Brasil possuir a maior biodiversidade do mundo e a segunda maior área de florestas do planeta. Consta ainda o destaque quanto à necessidade de se avançar no sentido da agropecuária sustentável, através do fornecimento de assistência técnica e concessão de crédito vinculado às práticas de baixo impacto ambiental, bem como a ampliação de sistemas agroflorestais.

Recentemente, o Ministério da Agricultura, em conjunto com a Embrapa, apresentou o documento intitulado Projeções do Agronegócio Brasil 2023-2033 (MAPA, 2023) e, apesar das intenções apresentadas por meio do Plano Nacional para a Transformação Ecológica, os números parecem contraditórios com a expectativa de evolução no sentido da proteção ambiental e da recuperação da biodiversidade. A Tabela 20 traz os dados.

As projeções apontam uma variação de 19,1% sobre área de plantio de grãos no decênio considerado, sobretudo na área do Matopiba (17%,1). Ao contrário do que se poderia esperar em um contexto de direcionamento público para a transformação ecológica, a tendência é novamente de redução área destinada aos produtos componentes da dieta alimentar nacional, arroz (-67%), feijão (-36%), mandioca (-18%), e batata (-18%) e incremento da área destinada aos produtos de exportação, especialmente soja (27%), milho (17%), algodão (13%), além da cana-de-açúcar (16%).

Percebe-se que o incremento estimado na área destinada à soja alcança 12 milhões de hectares, o que representa o dobro da área a ser incorporada pelas demais culturas somadas. Por outro lado, estima-se a redução das áreas de culturas tradicionais em 2,6 milhões de hectares. No recorte entre lavouras temporárias e permanentes, as

²⁴ <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/transformacao-ecologica/bioeconomia-e-sistemas-agroalimentares>

projeções são de acréscimo de 19% para as primeiras e decréscimo de 8% para as demais. O documento ainda destaca a expectativa de aumento das exportações de milho em 37,2%, de soja em 27,7% e de carne bovina em 29,7% no decênio.

Tabela 20 - Brasil: projeção da área plantada (mil hectares)

	2022/23	2032/33	Variação	
Soja	43.834	55.881	12.047	27%
Milho	21.957	25.732	3.775	17%
Cana-de-açúcar	8.289	9.626	1.337	16%
Trigo	3.303	3.943	640	19%
Sorgo	1.237	1.608	371	30%
Algodão pluma	1.636	1.848	212	13%
Melão	24	29	5	21%
Batata inglesa	120	98	-22	-18%
Fumo	329	237	-92	-28%
Mandioca	1.254	1.034	-220	-18%
Arroz	1.469	489	-980	-67%
Feijão	2.742	1.749	-993	-36%
Lavouras temporárias	86.194	102.274	16.080	19%
Uva	75	80	5	7%
Manga	78	81	3	4%
Maçã	34	35	1	3%
Mamão	29	28	-1	-3%
Banana	473	457	-16	-3%
Cacau	600	554	-46	-8%
Laranja	656	572	-84	-13%
Café	1.873	1.706	-167	-9%
Lavouras permanentes	3.818	3.513	-305	-8%
Total	90.012	105.787	15.775	18%

Fonte: MAPA – Projeções do Agronegócio Brasil 2023-2033. Elaboração própria.

Cabe resgatar aqui as projeções apresentadas anteriormente em relação aos níveis de retirada de água para irrigação agrícola, na sua esmagadora maioria destinados justamente à viabilização dos monocultivos de exportação, para os quais se estima um incremento de 35% entre 2020 e 2040 (ANA, 2019). Além disso, é importante destacar os estudos apresentados no PNF, cujas estimativas contemplam o aumento no consumo de fertilizantes nitrogenados, entre 2020 e 2050, de 5,2 milhões de toneladas para 8,5 milhões de toneladas (63%), baseado sobretudo no aumento na extração do gás natural, conforme objetivos do Programa Gás para Empregar. Em relação aos fertilizantes fosfatados, o PNF estima um aumento da extração de rocha fosfática de 5,3 milhões de toneladas/ano em 2019 para 27 milhões de toneladas/ano em 2050 (409%). Por fim, em relação aos fertilizantes potássicos, estima-se a produção de 1 milhão de toneladas/ano

em 2025, através da exploração de novas jazidas, passando para 14,6 milhões de toneladas/ano em 2050 (1.360%) (Brasil, 2023b).

Os acordos da Agenda 2030 reforçam a lógica (neo)malthusiana, baseando soluções exclusivamente no aumento da produção e da produtividade, sem modificar a insustentabilidade agrícola e pecuária, característica fundante da Revolução Verde nos anos 1950/1960 no Brasil (Sauer, 2024, pg. 7).

Diante dessas perspectivas, torne-se difícil superar o ceticismo em relação a eventuais políticas públicas que tenham como objetivo viabilizar uma transformação ecológica de fato, pois o que se verifica é uma tendência de intensificação do atual modelo de produção agropecuária, concentrador, excludente e predatório.

Não é suficiente a mera consideração de que a agricultura está na base de um sistema de produção que reproduz um dinamismo de mercado, uma vez que sua natureza excludente e distante de equilíbrios se expressa fortemente, como mostra a Agenda ONU 2030 e os seus ODS. Nessa perspectiva, as políticas públicas são vetores de mudanças, devendo ser desenhadas com instrumentos capazes de induzir e direcionar comportamentos de instituições e da economia para um desenvolvimento convergente com a sustentabilidade em todas as suas dimensões e com redução de danos ambientais (Santos e Silva, 2022, p. 56).

Cabe destacar que o Plano Nacional para a Transformação Ecológica representa a retomada do interesse do Governo Federal pelos temas ambientais, e a demonstração pública de que a urgência climática é um fato incontestável, que exige ações por parte do Estado. Embora o Plano apresente propostas ainda tímidas, frente às reais necessidades de intervenção, trata-se de uma política importante no sentido de recolocar o país no centro das discussões ambientais. Essa iniciativa se mostra ainda mais relevante após um período de omissão do Governo Federal, caracterizado por uma gestão que desrespeitou acordos internacionais e retirou da pauta o tema ambiental. As políticas públicas ainda carecem de uma abordagem ambiental mais incisiva, mas o Plano Nacional para Transformação Ecológica já traz uma sinalização positiva quanto às novas intenções da agenda pública.

Para que o Plano possa representar de fato um instrumento de mudança, ou de transformação, é necessário que seus objetivos estejam vinculados de forma concreta às políticas públicas já existentes, que atuam como um contraponto ao modelo convencional de produção alimentos. Nesse sentido, é fundamental consolidar, fortalecer e reconhecer essas políticas como ferramentas fundamentais para o desenvolvimento sustentável de longo prazo.

5. Considerações finais

Este estudo buscou apontar, com base em literatura pertinente, algumas das raízes do atual modelo de desenvolvimento da produção agropecuária nacional bem como desdobramentos da adoção ou conformação desse modelo sobre os recursos naturais e o meio ambiente.

Tendo como base os princípios da chamada Revolução Verde, o Brasil, a partir da década de 1970, passou a incorporar o pacote tecnológico padrão, baseado nas sementes geneticamente modificadas, agrotóxicos e fertilizantes químicos, irrigação e mecanização, com o objetivo de aumento de produtividade de poucas culturas específicas. A grande bandeira era de produzir mais alimentos por unidade de área, e de forma crescente, como forma de garantir o enfrentamento da fome mundial.

Entretanto, o que se observou ao longo das últimas décadas, inclusive no Brasil, foi que, além do obstáculo da fome não ter sido ultrapassado, outros problemas graves surgiram como resultado dessas iniciativas. Problemas esses cujos impactos ainda não são completamente estimados ou definidos, principalmente porque ainda estão em plena ascensão, e cujas soluções não parecem estar na pauta central das políticas públicas.

Com base na análise dos dados mobilizados, foi possível verificar que questões relevantes no contexto da urgência climática global, carecem ainda de um direcionamento efetivo e incisivo por parte do Estado, enquanto seguem na esteira da intensificação predatória do agroextrativismo. É o caso, por exemplo, do uso massivo e indiscriminado de agrotóxicos, que afetam a saúde do solo, das águas e das pessoas, e cuja legislação parece não avançar no sentido de maior controle; ou do uso crescente de fertilizantes sintéticos, e iniciativas recentes de incremento da sua produção e disponibilização, também responsáveis por sérios impactos ao meio ambiente, na tentativa de “corrigir” a qualidade do solo e viabilizar a produção de culturas estranhas às regiões onde vem sendo implantadas; ou ainda no caso do consumo excessivo de água, com o objetivo de garantir colheitas que não acrescentam à mesa dos brasileiros, mas ultrapassam a barreira da sazonalidade e da identificação natural com o clima regional, sem o respectivo pagamento por essa utilização; ou ainda mais dramática, a supressão de áreas nativas de floresta e sua substituição por monocultivos destinados ao mercado externo, em grande parte contando com apoio creditício e tributário do Estado.

O Brasil, como um dos maiores produtores mundiais de alimentos, representa importante fonte de pesquisa, podendo-se inferir que as questões abordadas neste

trabalho, se consideradas em nível global, relacionam-se com o funcionamento das chamadas Fronteiras Planetárias. Essas, por sua vez, estão conectadas ao entendimento de que estamos na era geológica em que a saúde do planeta e dos seres, está subordinada à atuação da própria humanidade. Entretanto, essa subordinação não vem se demonstrando mansa, e avançar sobre cada uma das fronteiras traz revezes, sejam eles crônicos, que vêm se manifestando continua e lentamente, ou agudos, como têm sido também cada vez mais frequente. O conceito de fronteira nesse caso incorpora a ideia de um ponto limite, para além do qual talvez não haja possibilidade de retorno ao estado anterior.

Apesar desse entendimento e até reconhecimento por parte dos governos nacionais, manifestados através de compromissos formais com a mudança, o modelo de produção agroalimentar convencional segue incorporando novas áreas, nas quais aplica o pacote tecnológico padrão e provoca a crescente erosão da biodiversidade, sob o olhar atento, mas permissivo (e até incentivador) do Estado.

No caso específico do Brasil, verificou-se que, ao longo das últimas décadas, a área de floresta nativa teve um decréscimo de 17%; a área destinada aos monocultivos de exportação aumentou em mais de 500%; a importação de fertilizantes químicos aumentou em mais de 500%; o consumo de agrotóxicos por unidade de área aumentou mais de 1.000%; o consumo de água para irrigação por pivô central aumentou mais 2.000%. Todas essas variáveis contam com dois pontos principais em comum. O primeiro, é que essas mudanças só foram possíveis a partir do incentivo direto do Estado. O segundo, é que todas elas têm a soja não como único, mas como principal vetor.

A soja ocupa hoje 45% de toda a área destinada às lavouras temporárias e permanentes no Brasil e recebe 47% dos valores de crédito rural para custeio de safra a partir das fontes de recursos públicos. Ou seja, esse grão exótico e sem identificação com os hábitos alimentares do Brasil, ocupa praticamente a mesma área de todos os demais produtos das lavouras nacionais e recebe praticamente metade dos recursos públicos anuais destinados ao custeio dessas lavouras. Também relevante é a constatação de que mais de 60% da soja produzida no Brasil é destinada ao exterior.

Ao longo do trabalho discutiu-se sobre a produção agroalimentar de maneira geral, com destaque também à criação bovina e seus diversos impactos, especialmente sobre a emissão de GEE. Entretanto, o enfoque aqui direcionado à soja se justifica como uma forma de consolidar e sintetizar os argumentos.

Como foi visto, os sistemas alimentares respondem por aproximadamente 40% das emissões de GEE globais, vinculados em grande parte às mudanças no uso da terra e florestas e, no caso do Brasil, esse número alcançou 73,7% em 2021. O país dispõe de 12% das reservas de água doce do planeta, possui a maior biodiversidade e a maior área de floresta tropical do planeta e ainda assim é o 6º maior emissor de GEE no ranking mundial, basicamente em função do seu modelo de produção de alimentos.

As políticas públicas, sem dúvida, tiveram papel central no desenvolvimento e na conformação desse modelo de desenvolvimento, cujos incentivos em grande parte ainda permanecem vigentes. Além disso, novas políticas, já pensadas e estruturadas no atual contexto de urgência ambiental, caminham na contramão das iniciativas de sustentabilidade, e visam garantir a continuidade e a intensificação do agroextrativismo predatório, concentrador e excludente.

Paralelamente, o Estado anuncia o Plano para a Transformação Ecológica, reforçando seu comprometimento junto aos acordos internacionais sobre mudanças do clima, ao mesmo tempo em que são preocupantes as previsões de incremento de área e produção de commodities agrícolas e do consumo de seus respectivos insumos, artificiais ou naturais. Ainda mais espantosas são as sinalizações e garantias que o setor agropecuário permanece recebendo, por parte do Estado, de que nada precisa ser modificado, seja na questão tributária e creditícia, seja na questão de responsabilização por danos ambientais ou emissões de GEE.

É fato que o Brasil tem capacidade e, até em certa medida, obrigação de ser um grande fornecedor mundial de alimentos. A questão que se coloca, no entanto, é em relação a quais alimentos, e qual a forma que são produzidos. Essas escolhas deveriam ser dadas com base em planejamento e definições internas, visando ao alcance de benefícios econômicos, sociais e ambientais para o próprio país e sua população e não submetidas ao interesse externo e de poucos atores. Dadas as vantagens naturais que o Brasil possui em relação à maioria dos demais países, seus ganhos deveriam ser superiores aos seus prejuízos.

O processo de mudança no padrão agropecuário nacional, iniciado a partir da Revolução Verde, representou uma modernização conservadora, pois teve como objetivo o crescimento da produção, sem envolver mudanças na estrutura agrária do país. Da mesma forma, uma proposta de transformação que não busca o rompimento com um sistema altamente predatório e insustentável, e que se mantém ancorado na dependência

do mercado externo e na internalização de prejuízos ambientais e sociais, não passa também de uma transformação conservadora, mesmo que leve a alcunha ecológica.

O economista inglês John Maynard Keynes, ao defender que o Estado deveria promover intervenções de curto prazo na economia, enunciou uma das mais célebres frases da história econômica: “No longo prazo todos estaremos mortos”. Por outro lado, Maria da Conceição Tavares, ao propor a discussão de um projeto democrático de desenvolvimento, sugeriu a inversão da parábola de keynesiana: “A curto prazo estaremos todos mortos; é hora de pensar e lutar pelo longo prazo” (Tavares, 1999, pg. 2). Colocando ambos os pensamentos na perspectiva deste trabalho, a opção pela segunda alternativa parece muito mais coerente. Enquanto o horizonte de desenvolvimento se baseia no imediatismo do retorno financeiro resultante de uma estrutura nociva sob todos os aspectos, nossa biodiversidade, nossas águas, solos e florestas já caminham para a morte no curto prazo.

O crescimento econômico que beneficia poucos, não pode se dar sobre a depredação do bem público maior, que é propriedade de todos. Sem a incorporação de uma visão de longo prazo para o desenvolvimento sustentável, o agronegócio seguirá seu crescimento pujante, a passos largos, com o apoio de políticas e recursos públicos, alcançando cada vez mais os mercados externos e aproximando o país do título de “celeiro do mundo”. Deixará para trás, no entanto, a conta social e ambiental, até o momento em que talvez não seja mais possível quitá-la.

6. Referências bibliográficas

ABRAMOVAY, R.. Paradigmas do Capitalismo agrário em questão. 2. ed. São Paulo: Hucitec/Edunicamp, 1992

_____. O antropoceno e os limites da Terra. Valor Econômico. São Paulo, 2013

_____. Desafios para o sistema alimentar global. CIÊNCIA E CULTURA, 2021, v. 73, p. 53-57

_____. Colocar a democracia no coração das decisões econômicas: impactos das decisões econômicas sobre a natureza e a sociedade devem ser repensados para se atingir uma sociedade mais justa. Ciência e Cultura, 2022, v. 74, p. 01

ALMEIDA, L. M. L.; PIRES, P. H. A. F. ; LEITE, A. C. C. . Relações comerciais com a China e a desindustrialização brasileira entre 2000 e 2014: um estudo baseado na análise inter-regional do insumo-produto. Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política, v. 63, p. 94-126, 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília, 2019

_____. Atlas da Irrigação. Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2ª Ed. Brasília, 2021

_____. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília, 2022

_____. Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água no Brasil.

ANDRADE, D. C.; Romeiro, A.R. . Degradação Ambiental e Teoria Econômica: algumas reflexões sobre uma “Economia dos Ecossistemas”. Economia (Brasília), v. 12, p. 3-26, 2011

ANVISA. Agência nacional de vigilância sanitária. Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. Relatório dos resultados das análises de amostras monitoradas nos ciclos 2018-2019 e 2022. Brasília, 2023

ARAÚJO, L. G.. Fronteiras Planetárias no Antropoceno. In: Ana Paula Fracalanza; André Felipe Simões; Carla Morsello; Cristina Adams; Luciana Gomes de Araujo; Marcos Bernardino de Carvalho; Pedro Henrique Campello Torres; Silvia Helena Zanirato e Sylmara Lopes F. Gonçalves Dias. (Org.). Sociedade, Meio Ambiente e Cidadania em tempos de Pandemia. 1ed.São Paulo: Blücher, 2022, v. 1, p. 49-74

ARNAIZ, M. I. G. . Em direção a uma nova ordem alimentar?. Antropologia e Nutrição: um diálogo possível. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005, v. , p. 147-164

BASSO, CRISTIANA; SIQUEIRA, ANA CAROLINA FRAGA; RICHARDS, NEILA SILVIA PEREIRA DOS SANTOS. Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: Uma revisão integrativa. RESEARCH, SOCIETY AND DEVELOPMENT, v. 10, p. e43110817529, 2021

BASSI, C. M.. Água virtual e o complexo soja: contabilizando as exportações brasileiras em termos de recursos naturais. Texto para discussão 2180. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2016

BCB. Banco Central do Brasil. Matriz de Dados do Crédito Rural – MDCR

BERGMANN, A. C.; GONCALVES JUNIOR, C. A.; LOPES, R. L.. O papel do Brasil no comércio internacional de água virtual: uma análise de insumo-produto. Planejamento e Políticas Públicas, v. 61, p. 241-261, 2022

BERTRAND, J. P. ; CADIER, C. ; GASQUES, J. G. . O crédito: fator essencial à expansão da soja em Mato Grosso. Cadernos de Ciência e Tecnologia. Vol 22, n.1, 2005

BORTOLOTI, G.; SAMPAIO, R.M. . Desafios e estratégias no desenvolvimento dos bioinsumos para controle biológico no Brasil. Revista Tecnologia e Sociedade (Online), v. 20, p. 291-307, 2024.

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Brasília, 2004

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia alimentar para a população brasileira, 2. ed – Brasília, 2014

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política Nacional de Alimentação e Nutrição, 1. ed – Brasília, 2013

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Portaria nº 79, de 14 de dezembro de 2018. Torna pública a decisão de aprovar as Diretrizes Brasileiras para tratamento de intoxicações por agrotóxicos - Capítulo 2, no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS. Brasília, 2018

BRASIL. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2022

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. COMEXSTAT – Estatísticas de Comércio Exterior

BRASIL. Lei nº 3.244, de 14 de agosto de 1957. Dispõe sobre a reforma da tarifa das alfândegas, e dá outras providências. Brasil, 1957

BRASIL. Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1965. Institucionaliza o Crédito Rural. Brasília, 1965

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. Brasília, 1991

BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Brasília, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Documento Base – 6ª Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Brasília, 2023a

BRSIL. Plano Nacional de Fertilizantes. Uma estratégia para os fertilizantes no Brasil. Brasília, 2023b

BRSIL. Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem, a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, de produtos de controle ambiental, de seus produtos técnicos e afins. Brasília, 2023c

BRACK, Paulo; KÖHLER, Matias. Entre a monotonia e a emergência da agrobiodiversidade alimentar. Observatório Brasileiro de Hábitos Alimentares, 2020

BURIGO, André Campos.; PORTO, Marcelo Firpo. Agenda 2030, saúde e sistemas alimentares em tempos de sindemia: da vulnerabilização à transformação necessária. Ci. Saúde Coletiva, v.26, n.10, p.4411-4424, 2021

CAMPAGNOLLA, C.; MACÊDO, M.M.C.. Revolução Verde: passado e desafios atuais. Cadernos de Ciência e Tecnologia, v. 39, n 1. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 2022

CARMO, R.L.; OJIMA, A. L. R. O. ; OJIMA, R. ; NASCIMENTO, T. T. . Água Virtual: o Brasil como grande exportador de Recursos Hídricos. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa - PB: ABRH, 2005. v. 1. p. 277

CNPE. Conselho Nacional de Política Energética. Resolução nº 1, de 20 de março de 2023. Institui o Grupo de Trabalho do Programa Gás para Empregar para elaboração de estudos visando à promoção do melhor aproveitamento do gás natural produzido no Brasil. Brasília, 2023

COELHO, C. N. 70 anos de política agrícola no Brasil (1931-2001). Revista de Política Agrícola. Edição Especial. Secretaria de Política Agrícola. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2001

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Séries Históricas das Safras. Brasília, 2024

CUNHA, A. M.; BICHARA, Julimar da Silva ; Monsueto, Sandro Eduardo. ; LÉLIS, Marcos Tadeu Caputi . Impactos da Ascensão da China Sobre a Economia Brasileira: comércio e convergência cíclica. Revista de Economia Contemporânea (Impresso), v. 15, p. 406-440, 2011.

DAROLT, Moacir Roberto. Redes alimentares alternativas, circuitos curtos, agroecologia e produção orgânica no Brasil. Cadernos OBHA – Vol 1, Número 2, P16-22. Observatório Brasileiro de Hábitos Alimentares, 2020

DE GUEDES, C. M. G. Fazer escolhas ainda é possível? : como a intensidade das mudanças no domínio e uso da terra podem influenciar nos compromissos determinados pelo Brasil sobre mudanças climáticas. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2020

DURIGON, Jaqueline; SEIFERT JR., C. A.. Caminhos para diversificação e soberania alimentar a contribuição das plantas alimentícias não convencionais (PANC). Revista de Arqueologia Pública, v. 17, p. 1-16, 2022

ESCHER, F.; John Wilkinson . A Economia Política do complexo Soja- Carne, Brasil China. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 57, p. 656-678, 2019

FAO; IFAD. United Nations Decade of Family Farming 2019-2028. The future of family farming in the context of the 2030 Agenda. Rome, 2019

FARIAS, G. M. ; ZAMBERLAN, Carlos Otávio . Expansão da fronteira agrícola: impacto das políticas de desenvolvimento regional no centro-oeste brasileiro. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, v. 2, p. 58-68, 2013

FERNANDES, BERNARDO M. Regimes Alimentares, Impérios Alimentares, Soberanias Alimentares e Movimentos Alimentares. Revista Latinoamericana de Estudios Rurales, v. 4, p. 2-22, 2019

FREITAS, C. O. et al. Crédito rural e desempenho produtivo na agropecuária brasileira. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. e GASQUES, J. G. Uma jornada pelos contrastes do Brasil. Cem anos do Censo Agropecuário. Brasília; IPEA, 2020, p. 281-292

FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL. Atlas dos Agrotóxicos. Fatos e dados do uso dessas substâncias na agricultura. Rio de Janeiro, 2023

FURTADO, Celso. Formação Econômica do Brasil. 33ª Ed. Companhia Editora Nacional: São Paulo, 2004.

GIL, A. C.. Métodos e Técnicas e Pesquisa Social. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 1989. v. 1. 206p .

GIL, A. C.. Como elaborar projetos de pesquisa. 4a.. ed. São Paulo: Atlas, 2002. v. 1. 171p

GOMES JUNIOR, N. N.; Aly Junior, O . Soberania Alimentar e Agronegócio: notas além da porteira. Retratos de Assentamentos, v. 18, p. 305, 2015

IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Quantidade de agrotóxico comercializado por classe de periculosidade ambiental 2009 a 2022

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas Econômicas Ambientais da Terra. Contabilidade Física Brasil 2000/2020. Rio de Janeiro, 2022

_____. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro, 2023

____ Pesquisa Trimestral do Abate de Animais. Séries Históricas. Rio de Janeiro, 2024

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Estudos de Inteligência Estratégica em Inovação – Biofertilizantes. Rio de Janeiro, 2023

LEITE, ALEXANDRE CESAR CUNHA; RODRIGUES, BERNARDO SALGADO . Novo boom das commodities e a crescente participação chinesa na estrutura de comércio exterior do Brasil. Economia e Sociedade (UNICAMP), v. 33, p. 1-22, 2024.

LEITE, P. F. D.. Desempenho de gestão ambiental e as fronteiras planetárias no setor de óleo e gás. Dissertação de Mestrado em Administração da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária. Universidade de São Paulo. Ano de obtenção: 2022

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. de. . Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. Saúde em Debate, v. 42, p. 518-534, 2018

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. Agrostat – Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Brasília, 2024

MORAES, R. F.. Agrotóxicos no Brasil: Padrões de Uso, Política da Regulação e Prevenção da Captura Regulatória. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, v. 2506, p. 1-76, 2019

MOREIRA, R. J.. Críticas ambientalistas à revolução verde.. Estudos Sociedade e Agricultura (UFRJ), Rio de Janeiro, v. 15, n.Out., p. 39-52, 2000

MUNHOZ, L. G. S.. Bioinsumos no Brasil e insegurança jurídica. Agroanalysis (FGV), v. 44, p. 37-38, 2024.

OLIVEIRA, C. E. ; TAMBOSI, L. R. ; CALABONI, A. ; SINISGALLI, P.A.A. ; UENO, H. M. ; IGARI, A. T. . Estão as transições florestais associadas ao comércio internacional de commodities agrícolas?. AMBIENTE & SOCIEDADE (ONLINE), v. 26, p. 1, 2023

PIRES, M. J. S.; SANTOS, G. R. . Modelo agroexportador, política macroeconômica e a supremacia do mercado: uma visão do modelo brasileiro de exportação de commodities. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, v. 1817, p. 1-29. Brasília, 2013

_____. O termo modernização conservadora: sua origem e utilização no Brasil. *Revista Econômica Do Nordeste*, 40(3), 411–424

PELAEZ, V; SILVA, L. ; GUIMARAES, T. A. ; DALRI, F. ; TEODOROVICZ, T. . A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 14, p. 153-178, 2015

PESSÔA, V. L. S.. O paradoxo da Revolução Verde. *Élisée: Revista de Geografia da UEG*, v. 9, p. 1-20-20, 2020.

PINHO, M. J. A.. Agrobiodiversidade: políticas públicas de salvaguarda e conservação dinâmica de sistemas agrícolas tradicionais no Brasil. Dissertação de Mestrado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ano de Obtenção: 2022

PORTO, MARCELO FIRPO DE SOUZA. O trágico Pacote do Veneno: lições para a sociedade e a Saúde Coletiva. *CADERNOS DE SAÚDE PÚBLICA*, v. 34, 2018

QUINTAO, J. M. B. ; CANTINHO, R. Z. ; ALBUQUERQUE, E. R. G. M. ; L. Maracahipes ; BUSTAMANTE, MERCEDES . Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. *CIÊNCIA E CULTURA*, v. 73, p. 18-24, 2021

RAMOS, S. Y.; MARTHA Jr, G.B. . Evolução da política de crédito rural brasileira. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2010

RICHARDSON, J., Steffen W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., et.al. 2023. Earth beyond six of nine Planetary Boundaries. *Science Advances*, 9, 37

ROCKSTRÖM, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., et.al. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472-475

RODRIGUES, Arlindo. Crise socioecológica, o desafio do século XXI. *PESQUISA & DEBATE* (SÃO PAULO. 1985. ONLINE), v. 36, p. 44, 2024

SANTANA, C. A. M. e GASQUES, J. G. O Estado e a agricultura brasileira. Seis décadas de evolução. In: Navarro, Z. (org). *A economia agropecuária brasileira. A grande transformação*. São Paulo: Editora Baraúna, 2020, p. 183-224

SANTOS. [Robério Ferreira dos] O crédito rural na modernização da agricultura brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 26, n.4, p. 393-404, 1988

SANTOS, G. R. ; SANT'ANNA, A. C. . Diversidades na agricultura e políticas públicas: características no Brasil e nos Estados Unidos. In: Gesmar Rosa dos Santos; Rodrigo Peixoto da Silva. (Org.). *Agricultura e diversidades : trajetórias, desafios regionais e políticas públicas no Brasil*. 1ed.Brasília: IPEA, 2022, v. 1, p. 103-143

SANTOS, G. R. ; SILVA, R. P. Diversidade na agricultura e no meio rural como base de políticas públicas. In: Gesmar Rosa dos Santos; Rodrigo Peixoto da Silva. (Org.). *Agricultura e diversidades : trajetórias, desafios regionais e políticas públicas no Brasil*. 1ed.Brasília: IPEA, 2022, v. 1, p. 23-62

SANTOS, R. P. ; ARAÚJO, J. S. B. . Configuração econômica e territorial brasileira: o papel do modelo agroexportador. In: Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco. (Org.) *Ambiente & sociedade: concepções, fundamentos, diálogos e práticas para conservação da natureza*. 1ed.Guarujá: Científica Digital, 2021, v. , p. 310-318.

SAUER, Sérgio. Questão eco-agrária: extrativismo agrário, mudanças climáticas e desmatamento no Brasil. *Revista NERA*, v. 27, n. 2, e10185, abr.-jun., 2024

SEEG. Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) - Observatório do Clima (OC), 2023/v11.1

SEEG. Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa dos Sistemas Alimentares no Brasil - Observatório do Clima (OC), 2023

SHIKI, S.. Política agrária e conservação da biodiversidade no Brasil. Estudos Sociedade e Agricultura (UFRJ), 2010, v. 18, p. 288-316

SILVA, J. F. G.. A modernização dolorosa. Rio de Janeiro/RJ: Zahar Editora, 1982. 192p

_____. A nova dinâmica da agricultura brasileira. 2. ed. rev. - Campinas/SP: Unicamp, 1998.

SILVESTRE, J. G. H. . O modelo agroexportador brasileiro: a experiência do descobrimento ao século XXI. Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas do Instituto de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2022

STEFFEN, W., Richardson, K., Rockström, J. & Cornell, S.E., et.al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science 347: 736, 1259855

TAVARES, M. C. Acerto de Contas. Folha de São Paulo. Lições Contemporâneas. 7 de março de 1999

TOLENTINO, MICHELL. Da revolução verde ao discurso do PRONAF: a representação do desenvolvimento nas políticas públicas de desenvolvimento rural no Brasil. Revista Cerrados (UNIMONTES), v. 14, p. 93-124, 2016

VALADARES, A. A. . Agricultura Familiar (AF) no Brasil: Um panorama da produção, do perfil. E dos sinais de mudanças entre os censos agropecuários de 2006 e 2017. In: Gesmar Rosa dos Santos; Rodrigo Peixoto da Silva. (Org.). Agricultura e diversidades: trajetórias, desafios regionais e políticas públicas no Brasil. 1ed.Brasília: IPEA, 2022, v. 1, p. 149-178

VALÉRIO, V. J. O. Produção do espaço, agricultura e alimentação: da revolução agrícola aos impérios alimentares. Formação (Online), v. 28, n. 53, p. 829-849, 2021

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R. ; VERISSIMO, M. A. A. . Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: Diego Medeiros Gindri, Patrícia Almeida Barroso Moreira, Mario Alvaro Aloisio Verissimo. (Org.). Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável. 1ed.: , 2020, v. , p. 382-409.

VIOLA, EDUARDO; FRANCHINI, MATÍAS . Sistema internacional de hegemonia conservadora: o fracasso da Rio + 20 na governança dos limites planetários. *Ambiente & Sociedade (Online)*, v. 15, p. 01-18, 2012

WIENKE, Felipe Franz. Em busca de caminhos para a transição agroecológica: as estratégias de pagamento por serviços ambientais como mecanismo político jurídico para a produção agrícola sustentável no direito brasileiro e comparado. In: FERREIRA, Heline Sivini; LEITE, José Rubens Morato (Org.). *Direito e sustentabilidade na era do antropoceno: retrocesso ambiental, balanço e perspectivas*. São Paulo: Inst. O direito por um planeta verde, 2018, p. 220-253

WIENKE, FELIPE FRANZ; BERNARDES, I. P. G. . A flexibilização do registro de agrotóxicos no Brasil: da revolução verde ao registro técnico estabelecido pela Portaria nº 43/2020 do MAPA. *REVISTA DIREITO E DESENVOLVIMENTO*, v. 13, p. 197-211, 2022