

# Mudanças climáticas, emissão de gases do efeito estufa e a contribuição do Brasil no período de 2000-2020<sup>1</sup>

Climate change, greenhouse gas emissions and Brazil's contribution in the period 2000-2020<sup>1</sup>

Kalinka Martins da Silva<sup>1</sup>, José Luis Oreiro<sup>II</sup>,  
Daniel Moura da Costa Teixeira<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Instituto Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

<sup>II</sup> Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

## RESUMO

O aumento da temperatura global desencadeado por atividades humanas que emitem GEE (Gases do Efeito Estufa) é um desafio para humanidade no século XXI. A comunidade internacional por meio do Acordo de Paris (2015) tenta colocar limites para emissão de GEE para limitar o aquecimento global em até 2° C até o ano de 2030. Nesse contexto o artigo tem como objetivo mensurar e estudar as emissões de GEE no Brasil no período de 2000 até 2020. A hipótese investigada é que o aumento desmatamento e da agropecuária exportadora contribuíram para o aumento das emissões no Brasil, de maneira que a doença holandesa se torna a causa principal desse fenômeno. Assim a proposta de política pública a partir dessa pesquisa é que o Brasil deve investir em tecnologias limpas e em setores produtivos “verdes” para compatibilizar os objetivos de crescimento econômico e a redução das emissões do GEE. Além disso, deve-se adotar um imposto de exportação sobre produtos primários como a soja e a carne, para desestimular a conversão de florestas em pastagens e áreas de cultivo de soja, a qual é a principal fonte de emissão de GEE no Brasil.

**Palavras-chave:** Crescimento econômico; Gases do efeito estufa; Inovação; Doença holandesa

## ABSTRACT

The increase in global temperature triggered by human activities that emit GHGs (Greenhouse Gases) is a challenge for humanity in the twenty-first century. The international community, through the Paris Agreement (2015), tries to set limits on GHG emissions to limit global warming to 2° C by the year 2030. In this context, the article aims to measure and study GHG emissions in Brazil in the period from 2000

<sup>1</sup>Artigo apresentado no IV workshop internacional do Grupo de Pesquisa Macroeconomia Estruturalista do Desenvolvimento realizado na FACE/UnB no período de 12 a 14 de junho de 2024.

to 2020. The hypothesis investigated is that the increase in deforestation and exports from agriculture and grazing activities contributed to the increase in emissions in Brazil, which means that Dutch Disease is the main cause of this phenomenon. Thus, the public policy proposal based on this research is that Brazil should invest in clean technologies and “green” productive sectors to reconcile the objectives of economic growth and the reduction of GHG emissions. In addition, an export tax should be adopted on primary products such as soybeans and meat to discourage the conversion of forests into pastures and soybean cultivation areas, which is the main source of GHG emissions in Brazil.

**Keywords:** Economic growth; Greenhouse gases; Innovation; Dutch disease

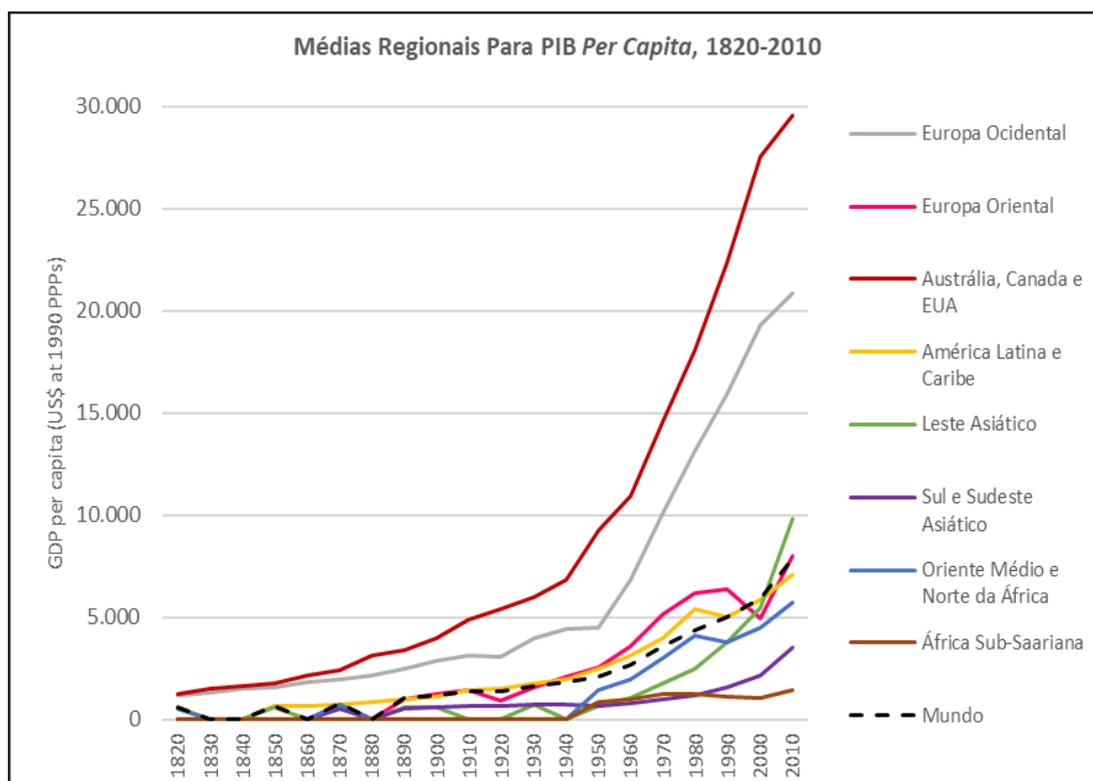
## 1 CRESCIMENTO ECONÔMICO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O funcionamento do sistema econômico envolve a extração de recursos naturais do meio ambiente, na forma de energia de alta qualidade e matéria, que são transformados pelo processo produtivo em bens e serviços que, direta ou indiretamente, serão consumidos pelos integrantes da sociedade. Ao longo das etapas de produção e consumos, são gerados diversos tipos de resíduos e emanações (poluição), que serão devolvidos ao meio ambiente que, por sua vez, os dissipará (Mueller, 2012). A capacidade de suporte do meio ambiente às atividades econômicas, que abrange o fornecimento de recursos naturais e o funcionamento dos ecossistemas como estruturas de processamento e dissipação de rejeitos, não ocorre de forma rápida e simples, mas possui um ritmo determinado por diversos processos naturais, como os ciclos biogeoquímicos (Arrow et al., 1995; Mueller, 2012). Dessa forma, a intensidade do fluxo de retirada de materiais e energia da base de recursos naturais, juntamente com a emissão de rejeitos, pode alterar a capacidade de funcionamento do sistema econômico (Arrow et al., 1995). Em outras palavras, o sistema econômico influencia e é influenciado pelo estado geral do meio ambiente.

Na maior parte da história, o sistema econômico operou dentro dos limites da capacidade de suporte do meio ambiente. Entretanto, essa relação mudou radicalmente a partir da *Revolução Industrial*, quando um conjunto de inovações tecnológicas, como a eletricidade e o motor a combustão, combinado com a crescente integração comercial entre os países e o avanço do processo de expansão e urbanização das

idades, propiciou um crescimento econômico e populacional sem precedentes até o momento (Gordon, 2012, 2016; Mueller, 2012), conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Médias Regionais de PIB *per capita*, 1820-2010



Fonte: Teixeira et al. (2023)

Progressivamente, o sistema econômico atingiu escala e escopo suficientemente altos para fazer com que os fluxos de recursos naturais e energia, bem como de emissões de rejeitos, rivalizassem com a capacidade de suporte do meio ambiente (Colby, 1991; Mueller, 2012; Sterner; Coria, 2012), causando diversas formas de degradação ambiental, que por sua vez, ameaçam o bem-estar da presente e futuras gerações (Gramkow, 2019). Essa questão é especialmente sensível no que diz respeito à produção e consumo de energia, pois se trata de um insumo básico utilizado em todo e qualquer processo produtivo, seja na forma de eletricidade para alimentar computadores, máquinas e equipamentos produtivos, iluminação pública e privada, a internet; ou na forma de energia obtida por combustão interna para abastecer uma

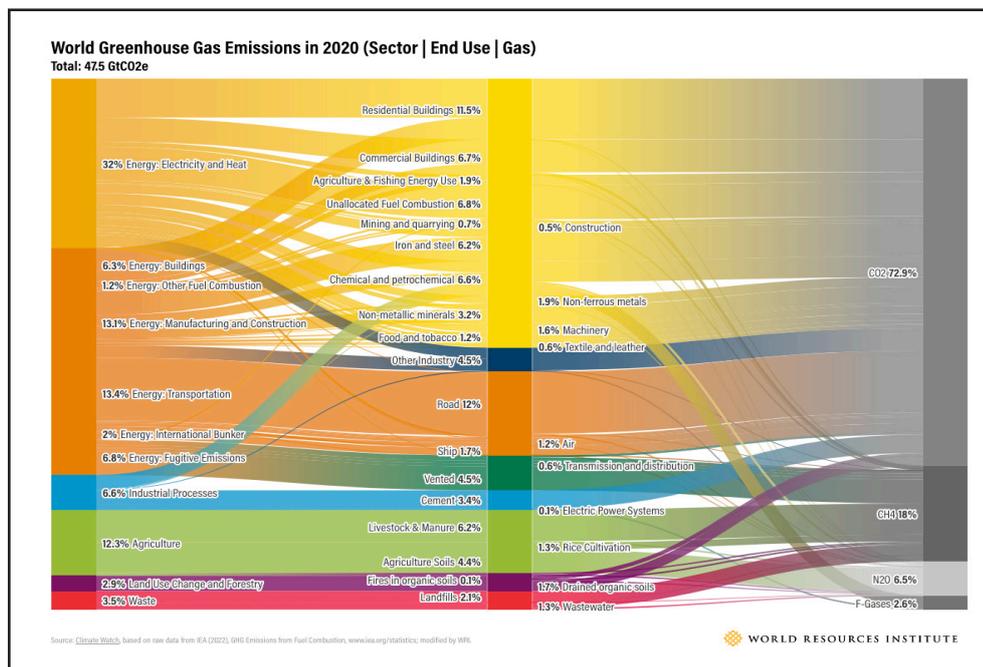
enorme e crescente frota de automóveis particulares, ônibus, caminhões, trens, navios e aeroportos; bem como as usinas de eletricidade que se utilizam de combustíveis fósseis.

Nesse contexto, a demanda global por energia cresceu em torno de 1,3% em 2022, apesar das grandes flutuações dos preços e outros indicadores causados pela pandemia da Covid-19 seguida pela guerra na Ucrânia. Esse crescimento tem ocorrido em um ritmo relativamente constante, sugerindo a dinâmica inevitável do setor: a expansão da população e da economia irão sempre requerer mais serviços energéticos (IEA, 2023). Assim, torna-se evidente que a civilização moderna é altamente dependente de energia e não existiria sem ela.

A energia necessária para o funcionamento do sistema econômico é majoritariamente obtida a partir da queima de combustíveis fósseis, a qual é responsável pela emissão de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), principal GEE (Gases do Efeito Estufa) que leva ao aumento do aquecimento global, devido ao *efeito estufa aumentado pelas atividades humanas*. Estima-se que a participação global desse tipo de combustível tem permanecido estável e acima de 80% nas últimas décadas, apesar dos investimentos em fontes renováveis (IEA, 2018). Outro aspecto a se destacar é que 70% do crescimento da demanda global por energia é atendido por combustíveis fósseis, fazendo com o setor energético tenha a maior participação balanço global de emissões (Climate Watch, 2024), conforme apresentado na Figura 2.

A Terra recebe radiação eletromagnética do Sol, uma parte da qual é refletida de volta ao espaço devido a atmosfera do planeta. A parcela que não é refletida pela atmosfera alcança a superfície do planeta, sendo uma parte absorvida na forma de calor e outra refletida para o espaço. A atmosfera da Terra funciona, então, como uma estufa, fazendo com que parte da radiação refletida pela superfície do planeta seja refletida de volta a superfície, aumentando assim a temperatura média do planeta. Este é o *efeito estufa natural*. Segundo Marciano (2024), na ausência do *efeito estufa natural*, a temperatura média da Terra seria de -18°C.

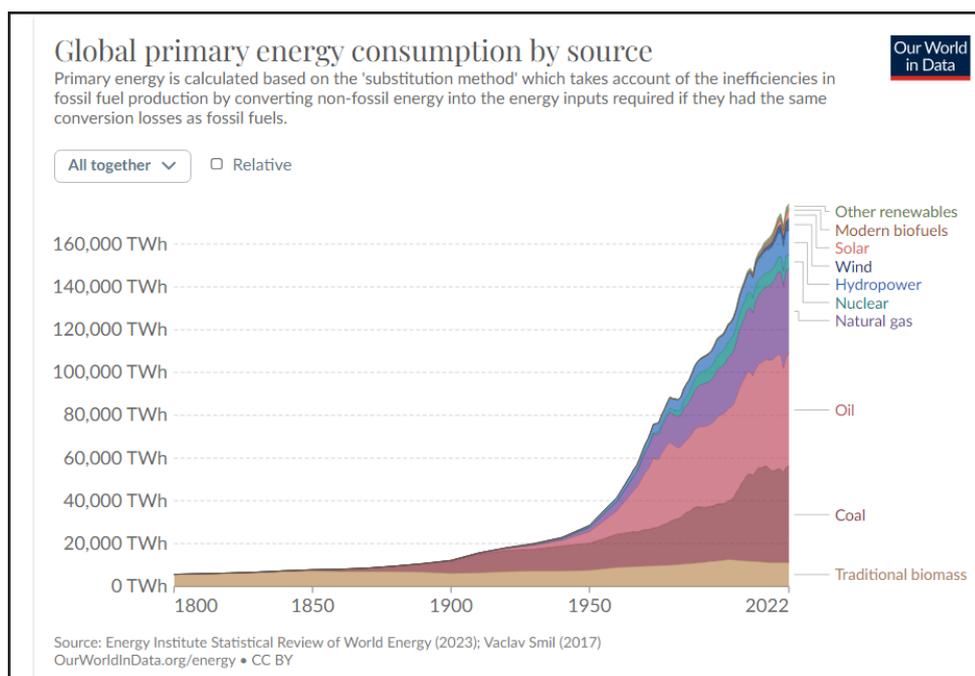
Figura 2 – Emissões Globais de Gases do Efeito Estufa em 2020, por Setor, Uso Final e gás



Fonte: Climate Watch (2024)

A Figura 3, a seguir, mostra a evolução mundial do consumo de energia por fonte da mesma desde 1800.

Figura 3 – Evolução mundial do consumo de energia (1800-2022)



Fonte: Energy Institute Statistical Review of World Energy (2023)

O *efeito estufa aumentado pelas atividades humanas* é resultado da emissão de GEE que aumentam a “espessura” da atmosfera da Terra, fazendo com que uma parcela menor da radiação refletida pela superfície do planeta consiga escapar para o espaço. O resultado é, portanto, um aumento da temperatura média da superfície do planeta e do desvio padrão em torno da média, o que aumenta a frequência relativa de extremos climáticos (frio e calor) com impactos sobre a natureza e os sistemas humanos. Em particular, o aumento do risco de extinção de espécies de animais terrestres e marítimos, redução da produção de alimentos, queda da população mundial de peixes, aumento da taxa de mortalidade devido a ondas de calor, aumento da incidência de doenças infecciosas tropicais como dengue, malária, Zika, Chikungunya, entre outras, redução do acesso a água potável, aumento da desnutrição etc.

Segundo os dados do IPCC (2021) o aumento da temperatura da terra em consequência de atividades humanas foi de 1,07°C no período de 1850 -2021. As consequências do aumento da temperatura global são as seguintes:

Long-term changes in climate can directly or indirectly affect many aspects of society in potentially disruptive ways. For example, warmer average temperatures could increase air conditioning costs and affect the spread of diseases like Lyme disease but could also improve conditions for growing some crops. More extreme variations in weather are also a threat to society. More frequent and intense extreme heat events can increase illnesses and deaths, especially among vulnerable populations, and damage some crops. While increased precipitation can replenish water supplies and support agriculture, intense storms can damage property, cause loss of life and population displacement, and temporarily disrupt essential services such as transportation, telecommunications, energy, and water supplies. Climate Change Indicators: Weather and Climate, (EPA, 2022)

A preocupação mundial quanto os impactos que o crescimento econômico causa ao meio ambiente, no entanto, é anterior as preocupações atuais com o

aquecimento global, tendo se iniciado na década de 1970, depois do estudo do Clube de Roma. A partir desse estudo surgiu uma preocupação crescente a respeito da viabilidade do crescimento econômico contínuo no longo-prazo. O argumento básico é que sendo os estoques de recursos naturais básicos finitos, e que a produção material implica necessariamente a emissão de dejetos e poluição, uma expansão contínua da produção não é sustentável devido a existência de dois limites naturais intransponíveis, a saber: (i) o limite da disponibilidade fixa de recursos naturais; (ii) o limite dado pela capacidade do meio ambiente de absorver emanações de resíduos e dejetos do sistema econômico.

Em 1987 surgiu o conceito de *desenvolvimento sustentável*. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED ou Comissão de Brundtland) apresentou o relatório “Our Common Future”, desenvolvido pela Organização das Nações Unidas (ONU). O relatório se centrou nas necessidades e interesses da humanidade, na segurança do patrimônio global para as gerações futuras e na redistribuição dos recursos às nações mais pobres (Feil; Schreiber, 2017).

O conceito de desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que garante o atendimento das necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atender suas necessidades (CMMD, 1987). A questão fundamental, nesse contexto, é saber se é possível compatibilizar o desenvolvimento econômico com a redução da emissão de GEE de forma a limitar o aquecimento do planeta a um patamar que minimize os impactos das mudanças climáticas sobre a natureza e os sistemas humanos.

Para Romeiro (2012), a resposta a essa pergunta seria negativa pois a redução rápida do nível de emissão dos GEE não parece ser possível de ser obtida sem sacrificar o crescimento econômico.

Guarini e Oreiro (2023) apresentam uma visão mais otimista. A compatibilização entre crescimento econômico e redução das emissões de GEE é possível por intermédio de um aumento da *eficiência ambiental do processo econômico*, entendida

como a quantidade de GEE emitida por unidade de PIB. Mudanças na tecnologia de produção (progresso tecnológico verde ou ecológico) e na estrutura das atividades de produção e consumo (aumento da participação das atividades verdes no PIB), denominada de mudança estrutural ecológica, poderiam permitir um aumento do nível de produção e de consumo ao mesmo tempo em que se obtém uma redução expressiva na emissão de GEE. Está claro que tanto a mudança estrutural ecológica como o progresso técnico verde implicam na realização de vultosos investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em infraestrutura de transportes e geração de energia limpa ou renovável, investimentos esses que estão sujeitos a uma enorme dose de incerteza. Nessas condições, o Estado deverá assumir o papel de indutor do desenvolvimento sustentável, chamando para si a responsabilidade de coordenar e agrupar os recursos financeiros necessários para a realização desses investimentos. Em outras palavras, será necessário a ocorrência de um *"green big push"*.

Nesse contexto, o presente artigo tem por objetivo analisar a evolução das emissões de GEE no Brasil no período 2000-2020 e as políticas que o país vem implementando para cumprir as metas de emissão de GEE previstas pelo acordo de Paris. Iremos argumentar que no Brasil a fonte principal de emissão de GEE são as atividades agropecuárias e a mudança no uso da terra, em particular, a conversão de florestas em pastagens e áreas de cultivo de soja. Essas atividades, por seu turno, estão intimamente vinculadas a *doença holandesa*, ou seja, a sobrevalorização da taxa de câmbio que resulta da abundância de recursos naturais num determinado país (Bresser-Pereira; Oreiro; Marconi, 2015), a qual é uma das principais causas da *desindustrialização prematura* da economia brasileira (Oreiro; D'Agostini; Gala, 2020).

Dado o impacto negativo que a desindustrialização tem sobre o potencial de crescimento de economias de renda média (Gabriel et al, 2020), segue-se que no Brasil parece existir uma relação inversa entre emissão de GEE e crescimento econômico, ou seja, o aumento da emissão de GEE está associado com uma redução do potencial de crescimento econômico. Daqui se segue, portanto, que as políticas públicas que visem

reduzir a emissão de GEE no Brasil devem atuar no sentido de neutralizar a doença holandesa, não só desestimulando a conversão de florestas em pastagens e áreas de cultivo de soja; mas também estimulando a conversão de áreas degradadas em florestas.

## **2 ACORDOS E COMPROMISSOS INTERNACIONAL PARA LIMITAR O AUMENTO DA TEMPERATURA GLOBAL**

No ano de 1997, foi assinado por vários países o Protocolo de Kyoto. O escopo do acordo definiu que a redução de CO<sub>2</sub> seria tratada de forma diferenciada, ou seja, os países industrializados foram os que mais contribuíram no decorrer da história para as mudanças no clima atualmente observadas. Suas emissões per capita são mais elevadas do que as da maioria dos países em desenvolvimento. Outro ponto relevante diz respeito ao fato de que os países desenvolvidos contam com maior capacidade financeira e institucional para tratar do problema de redução dos GEE na atmosfera do que os países em desenvolvimento (Marques de Godoy; Pamplona, 2007).

O Protocolo definiu que os países industrializados reduzissem em pelo menos 5,2% suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em relação aos níveis de 1990. A União Europeia assumiu o compromisso de reduzir em 8%; os Estados Unidos se comprometeram com uma redução de 7%; e o Japão concordou em reduzir 6%. Alguns países, como a Rússia e a Ucrânia, não assumiram compromisso de redução, enquanto outros, como Islândia, Austrália e Noruega, ainda teriam permissão para aumentar suas emissões (Cenamo, 2004).

Nesse contexto o Brasil foi signatário voluntário do Protocolo de Kyoto e, apesar dos desafios sociais e econômicos do país, os resultados alcançados no período de vigência do protocolo representam um dos maiores esforços realizados por um único país. O Brasil reduziu suas emissões em mais de 41% em 2012 em relação aos níveis de 2005 (Euler, 2016).

No ano de 2015 devido a expiração do Protocolo de Kyoto, foi firmado um novo acordo climático global, conhecido como Acordo de Paris, que englobou 189 países (incluindo o Brasil), representando aproximadamente 96% das emissões globais de gases do efeito estufa (Christofoli, 2017; Aguiar, 2018; Margulis, 2020; Teixeira et al, 2023).

A meta perseguida pelo Acordo de Paris é limitar em 1,5° C o aumento da temperatura global até o ano de 2030. No ano de 2015 o Brasil entra no Acordo de Paris. Diferente do Protocolo de Kyoto o Acordo de Paris definiu metas de redução de emissão de GEE para os países desenvolvidos e em desenvolvimento.

A adoção do Acordo de Paris representa um marco histórico para a resposta global à ameaça das alterações do clima no tempo presente, sendo responsável por posicionar a humanidade em um novo cenário político e jurídico de reação mundial às mudanças climáticas (Warrick; Mooney, 2015).

No seu artigo 2º os compromissos firmados são:

“(a) Manter o aumento da temperatura média global bem abaixo dos 2°C relativamente aos níveis pré-industriais e buscar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e impactos das mudanças climáticas; (b) Aumentar a capacidade de adaptar-se aos impactos adversos das mudanças climáticas e fomentar a resiliência ao clima e o desenvolvimento de emissões de gases de efeito estufa, de uma forma que não ameace a produção de alimentos; (c) Promover fluxos financeiros consistentes, com um caminho de baixas emissões de gases de efeito estufa e de desenvolvimento resiliente ao clima (ONU, 2015)”.

A comunidade científica prevê elevação das temperaturas da terra entre 2°C e 5°C caso prossigam as emissões atuais de GEE. O aumento da temperatura no planeta que gera eventos climáticos extremos expõe milhares de pessoas a insegurança alimentar e a redução do consumo de energia, com maiores impactos observados

em comunidades na África, Ásia, América do Sul e Central, pequenas ilhas e o Ártico e pequenos produtores de alimentos de baixa renda e povos indígenas (IPCC, 2021).

Pelo exposto podemos concluir que é necessário que as metas sejam cumpridas no sentido de evitar o aumento da temperatura global acima de 1,5° C até 2030, pois os efeitos deletérios serão graves, como crise climáticas, redução da produção de alimentos e aumento do nível do mar.

### 3 O BRASIL E SEUS COMPROMISSOS DE REDUÇÃO DE GEE

O Brasil é um importante *player* internacional no que se refere ao meio ambiente devido a sua floresta tropical (importante fonte de sumidouro), sua biodiversidade e ser um país que produz parte importante de grãos para abastecer o mundo.

Em setembro de 2016, o país depositou o instrumento de ratificação do Acordo de Paris, no qual comprometeu-se a adotar medidas para redução das emissões de GEE por meio de sua Contribuição Nacionalmente Determinada (BRASIL, 2016). As medidas que o Brasil estava adotando iniciou-se em 2009, com a Política Nacional sobre a Mudança do Clima.

A iNDC (*intended Nationally Determined Contribution*) tem escopo amplo, que inclui mitigação, adaptação e meios de implementação, de maneira consistente com o propósito das contribuições alcançar o objetivo último da Convenção, nos termos da decisão 1/20, parágrafo 9. (BRASIL, 2016)

Quanto as medidas de mitigação: o Brasil pretende, nesse quesito, reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) **em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025**; e como meta indicativa subsequente reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030 (Brasil, 2016).

Quanto as medidas de adaptação: o Brasil considera adaptação um elemento fundamental do esforço global para enfrentar a mudança do clima e seus efeitos. A implementação de políticas e medidas de adaptação à mudança do clima contribui para

a construção de resiliência de populações, ecossistemas, infraestrutura e sistemas de produção, ao reduzir vulnerabilidades ou prover serviços ecossistêmicos (Brasil, 2016).

Historicamente os ciclos de prosperidade econômica estão ligados a utilização de recursos naturais, extração de madeira, ciclo do açúcar, ciclo do ouro, ciclo da borracha e ciclo do café. A inserção do comércio internacional do Brasil acontece por meio da produção de produtos primários. Nesse sentido, o Brasil emite GEE por meio de suas exportações, sendo o mais importante pelo uso da terra, como será demonstrado mais adiante.

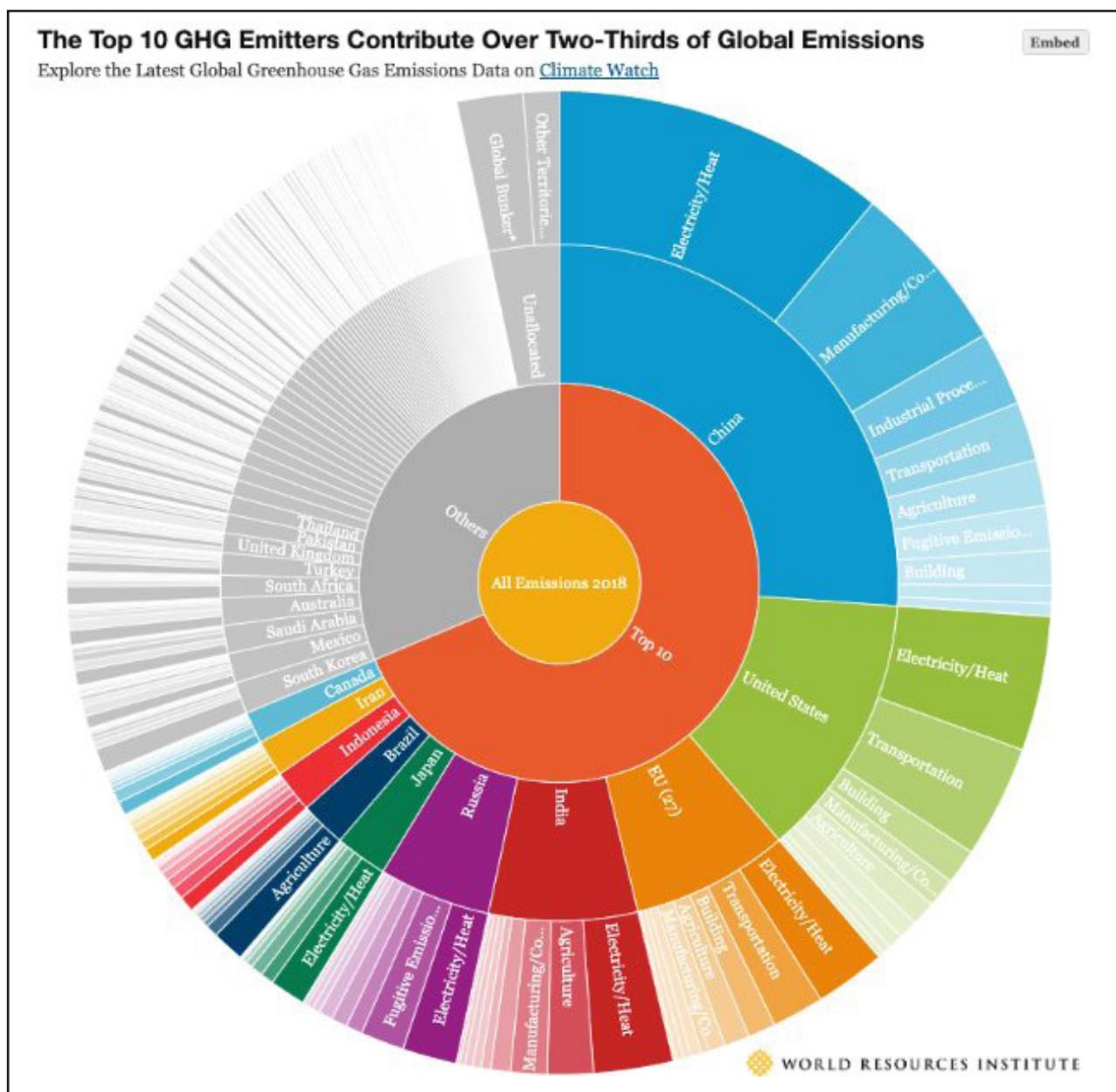
### **3.1 A Emissão de GEE no Brasil**

No contexto mundial, o Brasil é atualmente o sétimo país com a maior quantidade de emissões do efeito estufa, em torno de 3% de todas as emissões globais (Climate Watch, 2024), conforme pode ser observado na Figura 4. Contudo, vale considerar que, por ser um país de industrialização retardatária (a partir da década de 1930), este setor não teve efeito cumulativo de emissão de GEE, além do fato da matriz energética nacional ter participação de hidrelétricas e como resposta ao I Choque do Petróleo o país desenvolveu combustível baseado na cana-de-açúcar, o etanol que é menos poluente que o combustível fóssil. Assim, o percentual de fontes renováveis na matriz energética do Brasil em 2019 foi de 46,1%, montante significativamente superior à média dos países que fazem parte da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 10,8% e da média mundial de 14,2%. Na matriz elétrica, as fontes renováveis representaram 83% dos energéticos para geração de energia elétrica em 2019, sendo que a média dos países da OCDE nesse mesmo ano foi de 28,5% e a média mundial foi de 26,7% (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações 2021).

Além disso, historicamente os ciclos de prosperidade econômica estão ligados a utilização de recursos naturais, extração de madeira, ciclo do açúcar, ciclo do ouro, ciclo da borracha e ciclo do café. A inserção do comércio internacional do Brasil acontece

por meio da produção de produtos primários. Nesse sentido, o Brasil emite GEE por meio de suas exportações, sendo o mais importante pelo uso da terra, como será demonstrado ao longo da próxima seção.

Figura 4 – Dez Maiores Emissores Globais de Gases do Efeito Estufa



Fonte: Climate Watch (2024)

### 3.1 O setor agropecuário no contexto das emissões de GEE

A soja e milho produzidos no Brasil passam a ter aceitação crescente no mercado internacional, e o Cerrado passa a ser importante bioma produtor de grãos. A transição do uso sob a cobertura da terra no Cerrado foi impulsionada pelas políticas e estratégias de ocupação do território nacional, criados no âmbito do II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), outro programa importante foi o POLOCENTRO (1974-1979) que visou a oferta de crédito e de infraestrutura por parte do Estado e a produção de commodities para a exportação.

O setor agropecuário compreende as emissões das atividades pecuárias e agrícolas, as principais fontes de emissão do setor estão relacionadas às emissões do processo de fermentação entérica animal, o manejo de solo agrícola, por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados, seguidos pelo manejo de dejetos animais, cultivo de arroz e a queima de resíduos agrícolas, como palha de cana-de-açúcar e algodão, bem como a calagem e a aplicação, de ureia no solo Brasil (2021). Os gases emitidos são  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ . O Brasil devido a agricultura e a pecuária se encontram entre os maiores emissores de GEE do mundo, assim as emissões de GEE são resultantes de atividades que atendem o mercado externo (SEEG,2021).

Entre 2000 e 2021, as emissões brutas de gases de efeito estufa (GEE) do Brasil passaram de 2,1 bilhão de toneladas de gás carbônico equivalente ( $\text{GtCO}_2\text{e}$ ) para 2,4  $\text{GtCO}_2\text{e}$  e um aumento de 17%. A trajetória das emissões, contudo, teve períodos distintos de crescimento e redução, superando 3  $\text{GtCO}_2$  e em 2003, quando o desmatamento bateu recordes na Amazônia e no Cerrado, e caindo para 1,69  $\text{GtCO}_2\text{e}$  em 2010. Após 2010 aumenta as emissões de GEE chegando em 2020 a 2,93  $\text{GtCO}_2$ . A partir de 2010 o Brasil passou por um período de políticas públicas que reduziram o processo de fiscalização do desmatamento com o desmonte dos órgãos de fiscalização.

Quanto as rubricas a principal emissora no Brasil é o setor de mudanças de uso da terra seguido pelo setor da agropecuária. As mudanças de uso da terra responderam

por 49% das emissões brutas de gases de efeito estufa do país em 2021, contra 46% em 2020. Em seguida vêm agropecuária, com 25%, energia e processos industriais, com 22%, e resíduos, com 4% (SEEG 2023).

Descontando as remoções de carbono por florestas secundárias e áreas protegidas, o Brasil teve uma emissão líquida de gases de efeito estufa de 1,76 GtCO<sub>2</sub> em 2021 contra 1,49 GtCO<sub>2</sub>e em 2020. A alta é de 17,2% e denota um aumento do desmatamento, inclusive em terras indígenas e unidades de conservação (SEEG 2023).

Tabela 1 – Estimativa de Emissões de GEE no Brasil Total de 2000-2021 (TCO<sub>2</sub>e – GWP)

<b>Ano</b>	<b>Brasil</b>
2000	2.198,713,883
2001	2.210,378,397
2002	2.584,075,480
2003	3.076,074,619
2004	2.783,251,620
2005	2.301,773,682
2006	2.024,862,173
2007	1.990,446,390
2008	1.725,692,426
2009	1.752.536.808
2010	1.697,349,667
2011	1.757,308,378
2012	1.801,686,775
2013	1.993,549,843
2014	1.972,175,712
2015	1.991,197,631
2016	2.081,794.570
2017	2,006,260,272
2018	1.985,815,814
2019	2.715,630,937
2020	2.973.000.000
2021	2.400.000.000

Fonte: SEEG, 2023

Tabela 2 – Estimativa de Emissões de GEE no Brasil setor da agropecuária e de uso da terra de 2000-2019 (TCO<sub>2</sub>e – GWP)

<b>Ano</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Mudança de uso da Terra e Floresta</b>
2000	451,584,978	1,324,959,45
2001	468,028,821	1,310,004,021
2002	481,831,136	1,665,507,370
2003	517,595,499	2,125,645,879
2004	537,367,338	1,790,875,236
2005	537,367,338	1,615,699.773
2006	535,939,244	1,291,409,512
2007	522,056,675	1,010,048,564
2008	532,350,382	945,171,062
2009	532,350,382	691,016,321
2010	559,029,312	591,119,455
2011	562,281,357	624,364,195
2012	562,281,357	637,372,400
2013	570,174,618	723,085,400
2014	574,496,949	727,703,224
2015	581,603,872	761,048,45
2016	594,250,914	876,836,200
2017	594,140,980	788,513,808
2018	592,356,319	788,173,542
2019	598,672,054	968,055,554

Fonte: SEEG, 2023

Em razão disso, é importante que seja ampliada a participação dos segmentos da economia que adotem tecnologias “limpas” na produção, ou seja, menos intensivas no uso de recursos naturais e na emissão de rejeitos e GEE. Isso permitirá que haja crescimento econômico a taxas constantes, ou até mesmo decrescentes, de degradação ambiental (Mueller, 2012).

A sofisticação do tecido produtivo é condição essencial para que sejam criadas e introduzidas tecnologias ambientalmente eficientes. Entretanto, os investimentos

necessários para essa transição não ocorrem espontaneamente devido ao alto risco envolvido e outros mecanismos que atuam como barreiras ao aumento da eficiência ambiental da economia (Guarini; Oreiro, 2022). Portanto, se torna evidente o papel das políticas públicas em viabilizar o desenvolvimento sustentável por meio da mudança estrutural em direção a uma economia eficiente no uso de recursos naturais e de baixo carbono, ao mesmo tempo que permita ganhos de produtividade para ser inclusiva socialmente

Dado o exposto, pode-se verificar a relevância do desenvolvimento de pesquisas no âmbito da complexidade econômica e da sustentabilidade ambiental necessárias para se alcançar o desenvolvimento no Brasil. Tal agenda é necessária para que o estado deixe de se basear em atividades pouco sofisticadas e possa aumentar a relevância de outros setores mais produtivos. Isto poderia auxiliar, também, na questão da eficiência energética, ou seja, na produção da mesma quantidade de bens com menor uso de energia ou de emissão de gases poluentes; ou no incremento da produção mantendo esses parâmetros ambientais constantes. Essa agenda pode ser feita paralelamente a outras medidas para aprimorar a questão ambiental, propiciando eventuais áreas de sinergia de investimentos.

## **4 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O LADO ESQUECIDO DA DOENÇA HOLANDESA**

Uma das principais proposições do novo-desenvolvimentismo<sup>2</sup> é que a existência de recursos naturais abundantes num determinado país gera uma *estrutura produtiva desequilibrada*, nos termos do economista Argentino Marcelo Diamand (1979), ou seja, uma estrutura produtiva na qual o custo unitário de produção de bens primários é não só inferior ao custo internacional de produção desses bens, como também menor do que o custo unitário de produção dos bens manufaturados. Dessa forma, o preço

---

<sup>2</sup> Ver Bresser-Pereira, Oreiro e Marconi (2015), Bresser-Pereira (2024).

de oferta dos bens primários (aquele que embute a taxa normal de lucro na economia doméstica) deve ser menor do que o preço de oferta dos bens manufaturados, isto é:

$$P_p < P_m \quad (1)$$

Onde:  $P_p$  é o preço de oferta dos bens primários na economia doméstica e  $P_m$  é o preço de oferta dos bens manufaturados na economia doméstica.

Em economias nas quais a *estrutura produtiva é equilibrada*, por seu turno, os custos unitários de produção de bens primários e dos bens manufaturados são aproximadamente iguais entre si, pois os níveis da produtividade do trabalho em ambos os setores de atividade econômica são similares. Nesse contexto, o preço de oferta dos bens primários produzidos em tais economias é aproximadamente igual ao preço de oferta dos bens manufaturados, ou seja:

$$P_p^* = P_m^* \quad (2)$$

Onde:  $P_p^*$  é o preço de oferta dos bens primários produzidos no exterior e  $P_m^*$  é o preço de oferta dos bens manufaturados produzidos no exterior.

Os bens primários são, geralmente, bens homogêneos transacionados em mercados internacionais competitivos de forma que deve prevalecer a lei do preço único: o preço dos bens primários produzidos domesticamente deve ser igual ao preço em moeda doméstica dos bens primários produzidos no resto do mundo medido, ou seja:

$$P_p = EP_p^* \quad (3)$$

Onde:  $E$  é a taxa nominal de câmbio.

Temos, então, as seguintes relações:

$$P_p < P_m \quad (1)$$

$$P_p^* = P_m^* \quad (2)$$

$$P_p = EP_p^* \quad (3)$$

Substituindo (2) em (3) e a resultante em (1) temos que

$$P_m > EP_M^*$$

Na expressão (4) observamos que ao nível de taxa de câmbio que equaliza os preços doméstico e internacional dos bens primários, o preço de oferta dos bens manufaturados domésticos será superior ao preço em moeda doméstica dos bens manufaturados produzidos no resto do mundo. Daqui se segue que enquanto os bens primários são competitivos nos mercados internacionais, os bens manufaturados não são. Para que os bens manufaturados pudessem ser competitivos nos mercados internacionais seria necessário que a taxa de câmbio fosse suficientemente alta (depreciada) para equalizar os preços doméstico e internacional dos bens manufaturados. A taxa de câmbio para a qual taxa equalização ocorre é a *taxa de câmbio de equilíbrio industrial* ( $E_i$ ).

Temos então que:

$$E_i = \frac{P_m}{P_M^*}$$

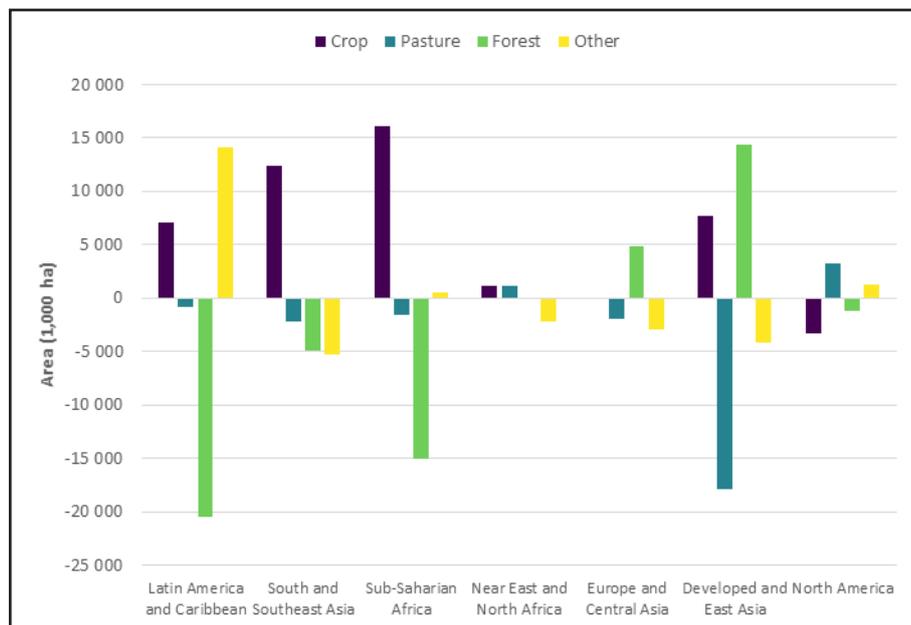
Deve-se ressaltar que num regime de câmbio livremente flutuante não há nenhuma razão para se esperar que a taxa de câmbio assuma o valor requerido para

tornar competitivas as exportações dos produtos manufaturados. A taxa de câmbio deverá flutuar em torno de um nível que equaliza os preços doméstico e internacional dos bens primários, a qual será um nível de taxa de câmbio sobrevalorizada do ponto de vista da produção e exportação da produtos manufaturados. Como resultado dessa sobrevalorização a participação dos produtos manufaturados na pauta de exportações irá se reduzir gradativamente, ao mesmo tempo em que a produção doméstica de produtos manufaturados será substituída por importações. A doença holandesa irá resultar, portanto, em reprimarização da pauta de exportações e desindustrialização prematura da economia doméstica.

Essa é a parte conhecida e amplamente difundida na literatura econômica e nos debates em torno da condução da política cambial em países como o Brasil. Mas essa é apenas a parte conhecida da doença holandesa. A parte desconhecida ou ignorada é o impacto da doença holandesa sobre o meio ambiente.

A produção de bens primários como, por exemplo, soja e carne, é intensiva em terras e extremamente rentável no Brasil porque a terra é abundante. De acordo com as projeções da OCDE e FAO (2023), a tendência em especialização nesse tipo de produção deve se manter na próxima década em países produtores *commodities* agrícolas devido ao aumento no consumo global de alimentos em calorias e insumos para a pecuária e aquicultura. Conseqüentemente, apesar dos ganhos de produtividade obtidos ao longo das últimas décadas, a produção primária deverá levar a uma maior conversão de áreas com vegetação nativa (e outros usos) para a agricultura (Figura 5). Assim, é esperado que as emissões globais de carbono proveniente da agricultura cresçam 7,6%, contribuindo para a gravidade dos riscos climáticos, bem como para a perda de importantes serviços ambientais para este setor, que incluem desde a reciclagem de nutrientes até a proteção de bacias hidrográficas, qualidade do solo, recursos hídricos, biodiversidade e estabilidade climática (Dauvergne; Lister, 2011; Sterner; Coria, 2012; Teixeira et al., 2023).

Figura 5 – Projeção de Mudança Absoluta de Uso da Terra (em mil ha) entre 2020-22 a 2032



Fonte: Teixeira et al. (2023)

Ressalta-se, ainda, que esse processo de conversão está ligado a diversas peculiaridades da dinâmica regional de uso e ocupação da terra que podem atuar como facilitadores ou inibidores (Barbier et al., 2010), tais como regularização fundiária, disponibilidade de terras públicas sem destinação, disponibilidade de infraestrutura, nível de implementação e qualidade da governança da política ambiental. Contudo, o desequilíbrio econômico trazido pela doença holandesa é um fator comum que viabiliza o início do processo de conversão todos os casos particulares (FAO, 2022).

Portanto, o que fazer para eliminar a doença holandesa? A solução simplista, que é aparentemente a única considerada pelos críticos do novo-desenvolvimentismo, seria a adoção de um regime de câmbio administrado no qual a autoridade monetária esteja disposta a utilizar os instrumentos necessários (redução da taxa de juros, introdução de controles a entrada de capitais etc.) para produzir uma desvalorização da taxa de câmbio até o nível compatível com o equilíbrio industrial. Mas a desvalorização cambial, por si mesma, não elimina o problema da doença holandesa, pois a rentabilidade da produção e exportação de bens primários será ainda maior a um nível da taxa de

câmbio que torna a produção e exportação de bens manufaturados competitivas a nível internacional. O resultado de médio e longo-prazo dessa política será redirecionar o investimento doméstico da produção de bens manufaturados para a produção de bens primários, agravando os problemas de reprimarização da pauta de exportações e desindustrialização prematura, como também o processo de destruição da floresta amazônica.

Para que a doença holandesa seja eliminada é necessário, portanto, a introdução de um imposto de exportações de bens primários. Nesse caso, o preço de oferta doméstico de bens primários será dado por:

$$P_p' = (1 + \tau) P_p \quad (6)$$

Nessas condições, a lei do preço único implica que:

$$P_p' = (1 + \tau) P_p = EP_p^* \quad (7)$$

A alíquota do imposto de exportação deve ser suficientemente alta para que: . Nesse caso, a aplicação da lei do preço único fará com que , ou seja, a produção e exportação de produtos manufaturados será competitiva ao nível de taxa de câmbio que equaliza os preços doméstico e internacional dos produtos primários. Nessas condições a lucratividade do investimento industrial será, ao menos, equivalente a lucratividade do investimento na ampliação da produção e exportação de bens primários, reduzindo assim o incentivo econômico para a degradação ambiental.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste artigo mostramos que as emissões dos GEE no Brasil apresentaram uma tendência nítida de queda no período 2004-2010, seguida por uma forte elevação entre 2011 e 2020, ano no qual as emissões totais retornaram ao

patamar de 2003. Parte significativa do aumento mais recente nas emissões de GEE deve-se a mudança de uso da terra e florestas, ou seja, ao desmatamento ocorrido após 2011. O recrudescimento do desmatamento no Brasil desde 2011 se explica, em parte, pela redução do financiamento aos órgãos de fiscalização e controle do meio ambiente, o que diminuiu a capacidade do Estado brasileiro de perseguir as metas de emissão de GEE acertadas no acordo de Paris. Mas esse é apenas uma parte do problema.

O Brasil é um país que sofre de doença holandesa, ou seja, da sobrevalorização da taxa de câmbio resultante de uma estrutura produtiva desequilibrada, na qual as atividades primárias são mais eficientes em termos relativos do que as atividades industriais. Isso gerou, de um lado, a reprimarização da pauta de exportações e, de outro, a desindustrialização prematura da economia brasileira. Nesse contexto, os incentivos econômicos privados se dão no sentido de expandir as atividades como o cultivo de soja e a pecuária de exportação, atividades essas que, por serem altamente intensivas no uso de terra, demandam a conversão de florestas em áreas de pastagem e cultivo de soja, o que resultou nos últimos anos em elevação das emissões de GEE.

Daqui se segue que o enfrentamento das mudanças climáticas no Brasil demanda a adoção de políticas públicas que visem neutralizar a doença holandesa e assim estimular a reindustrialização do Brasil, em bases que sejam ambientalmente sustentáveis. Uma política necessária será a introdução de um imposto de exportação sobre produtos primários como a soja e a carne para mudar os incentivos econômicos privados na direção de atividades que sejam menos intensivas no uso de terra. Só assim será possível adotar uma política ativa de reconversão de áreas degradadas em florestas e interromper o desmatamento (legal e ilegal), o qual é o principal responsável pelas emissões de GEE no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- Aguiar, M. C. (2018). *O mercado voluntário de carbono florestal: o caso do REDD+ no Brasil*. Brasília: Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado.
- Arrow, K. et al. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological Economics*, n. 15, p. 91–95.
- Brasil. (2016). *Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/arquivos/documentos/clima/brasil-indc-portugues.pdf>
- Bresser-Pereira, L.C. *New Developmentalism: introducing a new economics and political economy*. Edward Elgar: Cheltenham.
- Bresser-Pereira, L.C.; OREIRO, J.L.; MARCONI, N. (2015). *Developmental Macroeconomics: new developmentalism as a growth strategy*. Routledge: Londres.
- Cenamo, M. C. (2004). *Mudanças Climáticas, o Protocolo de Quioto e o Mercado de Carbono*. Disponível em: [www.cepea.esalq.usp.br](http://www.cepea.esalq.usp.br).
- Christofoli, B. A. (2017). *Direito das Mudanças Climáticas: Sistema de Comércio de Emissões No Brasil*. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris.
- Climate Watch. *Key Visualizations: World Greenhouse Gas Emissions in 2020 by Sector, End Use and Gases (static)*. Climate Watch Data. Disponível em: <https://www.climatewatchdata.org/> . Acesso em 2 de jul. de 2024.
- Cmmd, World Commission on Environment on Development. (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.
- Dauvergne, P.; LISTER, J. *Timber*. Cambridge, UK ; Malden, MA: (2011). Polity Press.
- Diamand, M. (1972). *La estructura productiva desequilibrada Argentina y el tipo de cambio*. *Desarrollo Económico*, vol. 12 n. 45, pp. 1-24.
- Euler, A. M. C. (2016). *O acordo de Paris e o futuro do REDD+ no Brasil*. *Cadernos Adenauer*, v. 2, n. 17, p. 85–104.
- Epa. (2022) Disponível em: <https://www.epa.gov/climate-indicators/weather-climate>.
- Fao (2022). *Global deforestation slowing but tropical rainforests remain under threat, key FAO report shows*. Disponível em: <https://www.fao.org/newsroom/detail/global-deforestation-slowing-but-rainforests-under-threat-fao-report-shows-030522/en>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- Feil, A. A.; Schreiber, D. *Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados*, *Cad. EBAPE.BR* 15 (3). Jul2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1679-395157473>. Acesso em 08 de nov. de 2023.

- Gabreil, L. F.; Ribeiro, L. C. S.; Jayme, F. G. Jr.; Oreiro, L. (2022). *"Manufacturing, economic growth, and real exchange rate: Empirical evidence in panel data and input-output multipliers"*. PSL Quarterly Review, 73(292), 51–75.
- Godoy, S. G. M.; Pamplona, J. B. (2007). *O protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento*. Pesquisa & Debate Revista do Programa de Pós-Graduação em Economia Política, v. 18, n. 2(32).
- Gordon, R. J. (2016). *The rise and fall of American growth: the U.S. standard of living since the civil war*. Princeton: Princeton University Press.
- Gordon, R. J. (2012). *Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Gramkow, C. O. (2019). *Big-Push Ambiental no Brasil: investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável*. Fundação Friedrich Ebert.
- Guarini, G.; Oreiro, J. L. C. (2023). *Ecological Transition and Structural Change: A New-Developmentalist Analysis*. Socio-Economic Planning Sciences, v. 90, p. 1-12.
- Guarini, J.; Oreiro, J. L. (2022). *Uma visão ecológica do Novo Desenvolvimentismo: uma proposta de integração*. Revista de Economia Política, v. 42, p. 244-255.
- IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023*, IEA, Paris. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- IEA. (2017). *Global Energy & CO2 Status Report 2017*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2017>
- IPCC . *Mudança do Clima de 2021: A Base Científica*. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.
- Marciano, T. (2024). *Climate Change Causes and Mitigations*. Disponível em: [strapi.s3.sa-east-1.amazonaws.com](https://strapi.s3.sa-east-1.amazonaws.com).
- Margulis, S. (2020). *Mudanças do clima: tudo que você queria e não queria saber*. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung.
- Ministério das ciências, tecnologias e inovações. (2021). *Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/comunicacoes-nacionais-do-brasil-a-unfccc>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- Mueller, C. C. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. 1ª reimpressão. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2012. 562 p. ISBN 85-230-0850.
- Ocde/Fao. (2023). *Oecd-Fao agricultural outlook 2023-2032*. Paris: OECD Publishing.

Onu – Organização das Nações Unidas. (2015). Convenção-Quadro das Nações Unidas para mudanças climáticas: Acordo de Paris 2015.

Oreiro J.L., Manarin D'Agostini L.L., Gala, P. (2020). *Deindustrialization, economic complexity and exchange rate overvaluation: the case of Brazil (1998-2017)*. PSL Quarterly Review, 73(295):313-341.

Romeiro. A. R. (2012). *Desenvolvimento Sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica*. Estudos Avançados (26) 74.

Seeg. (2020). *Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas do clima 1970-2019*. Observatório do Clima. Disponível em: <https://seeg.eco.br/> . Acesso 07 de jun. de 2023.

Seeg. (2023). *Análise das Emissões de Gases do Efeito Estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2021*. Observatório do Clima. Disponível em: <https://seeg.eco.br/> . Acesso 07 de jun. de 2023.

Sterner, T.; Coria, J. (2012). *Policy instruments for environmental and natural resource management*. New York: RFF Press.

Teixeira, D. M. DA C.; Ferreira Filho, H. L.; Oreiro, J. L. DA C. (2023). *Environmental Sustainability and the Economic Complexity: Policy Implications for a New Developmentalism Strategy*. PKES Working Paper, Post-Keynesian Economics Society. n. 2312, p. 1–26, set.

Warrick, J.; Mooney, C. (2015). *196 countries approve historic climate agreement*. The Washington Post, v. 12.

## Como citar este artigo

Silva, K. M. da, Oreiro, J. L., & Teixeira, D. M. da C. (2024). Mudanças climáticas, emissão de gases do efeito estufa e a contribuição do Brasil no período de 2000-2020. *Revista Práticas de Administração Pública*, Santa Maria, v.8, e88650. <https://doi.org/10.5902/2526629288650>