

EMISSÕES DE CARBONO DO COMÉRCIO DA SOJA ENTRE BRASIL E UNIÃO EUROPEIA: ABORDAGEM ATRAVÉS DO MODELO GRAVITACIONAL

Júlia Elisa Flach; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); juliaflach@yahoo.com.br
Paulo Ricardo Feistel; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); prfeistel@gmail.com
Angel Maitê Bobato; Universidade de São Paulo (ESALQ – USP); angelmaitebobato@gmail.com
Rogério Luis Reolon Anése; Instituto Federal Farroupilha (IFFar); rogerio.anese@iffarroupilha.edu.br

Resumo:

Esse estudo tem por objetivo analisar se o aumento dos fluxos comerciais da soja entre Brasil e UE tem contribuído para uma maior deterioração do meio ambiente, especialmente, no que se refere ao aumento das emissões de CO₂, no período de 1990 a 2017. Para isso, a metodologia escolhida no desenvolvimento do estudo foi o Modelo Gravitacional. O modelo aplicado, baseado na Equação de Bergstrand (1985), fez uso das variáveis tradicionais, como o tamanho das economias e distância geográfica. Além disso, considerando o estudo de Folfas et al. (2011), adicionou-se variáveis referentes às emissões de CO₂ da produção agrícola do Brasil e da UE, a taxa cambial e o índice de similaridade dos produtos das unidades econômicas. Empiricamente, após realização de testes estatísticos, o modelo foi estimado com dados em painel via *Pooled*, onde a variável dependente é a exportação da soja brasileira para o bloco europeu. As estimações encontradas indicam que, as emissões da produção da soja brasileira e o volume das exportações possui uma relação positiva. Ou seja, no Brasil a exploração agrícola na produção da soja ainda não chegou ao nível indicado pela Curva de Kuznets, no qual otimiza-se a produção e as emissões diminuem.

Palavras-chave: Exportação. Soja. Emissão de Carbono. Modelo Gravitacional.

CARBON EMISSIONS FROM THE SOYBEAN TRADE BETWEEN BRAZIL AND THE EUROPEAN UNION: APPROACH THROUGH THE GRAVITATIONAL MODEL

Abstract:

This study is intended to analyze if the increase in soybean trade flows between Brazil and the EU has contributed to a further deterioration of the environment, especially with regard to the increase in CO₂ emissions, in the period from 1990 to 2017. For this purpose, the methodology chosen in the development of the study was the Gravitational Model. The applied model, based on the Bergstrand Equation (1985), made use of traditional variables, such as the size of economies and geographic distance. In addition, considering the study by Folfas et al. (2011), variables related to the CO₂ emissions of agricultural production in Brazil and the EU, the exchange rate and the similarity index of the products of the economic units were added. Empirically, after performing statistical tests, the model was estimated using panel data via *Pooled*, where the dependent variable is the export of Brazilian soy to the European block. The estimates found indicate that the emissions from Brazilian soy production and the volume of exports have a positive relationship. In other words, in Brazil, agricultural exploitation in soy production has not yet reached the level indicated by the Kuznets Curve, in which production is optimized and emissions are reduced.

Keywords: Exportation. Soybean. Carbon emission. Gravitational model.

Classificação JEL: F - Economia internacional

1 INTRODUÇÃO

No final da década de 1960, dois fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial. O primeiro deles é que na época o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de verão, em sucessão ao trigo. Além disso, crescia a demanda por farelo de soja para nutrição animal. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica para o Brasil, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA,2020).

Em meados de 1970, devido à explosão do preço da *commodity* no mercado mundial, agricultores e o governo brasileiro despertaram ainda mais interesse por este cultivo. De acordo com a EMBRAPA (2020), o Brasil se favorece na produção do grão pois apresenta uma vantagem competitiva em relação aos outros países produtores: o escoamento da safra brasileira ocorre na entressafra americana, quando os preços atingem as maiores cotações.

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de soja, seguido dos Estados Unidos. Na safra 2016/2017, a cultura ocupou uma área de 33,89 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 113,92 milhões de toneladas. No ano de 2018, as exportações desta *commodity* representaram 17% do total de US\$ 239,5 bilhões obtidos com exportações brasileiras, ou seja, US\$ 40,9 bilhões só com óleo, farelo e grãos da oleaginosa.

O comércio internacional na literatura é tido como um forte motor do crescimento econômico e da geração de empregos e há décadas as nações buscam beneficiar-se através dele. Atualmente, uma das questões centrais a ser analisada quando se trata de comércio internacional é a sua capacidade de expansão. Nesta perspectiva, o potencial crescimento do comércio bilateral do Brasil com a União Europeia (UE), em virtude do eminente acordo econômico entre os blocos do Mercosul e UE, é ponto chave para a economia brasileira e suas relações comerciais exteriores.

Uma das características de principal importância para as exportações do Brasil para o bloco é o livre comércio entre os países membros da UE, que possui mais de 500 milhões de consumidores, compondo desta forma o maior mercado único do mundo (EUR-Lex, 2020). A UE também consiste no maior importador agrícola mundial e em 2018, o Brasil foi o seu segundo maior fornecedor de produtos agrícolas (ABIOVE, 2020). Por demais, são membros do bloco econômico quatro, dos dez maiores compradores de produtos brasileiros, em receita, são eles: Holanda, Alemanha, Espanha e Itália (MDIC, 2020). De acordo com MDIC (2020), do total das exportações brasileiras para o bloco europeu, farelos de soja e outros alimentos animais representam mais de 9%. Em 2019, o bloco europeu importou 16% do total das exportações brasileiras (MDIC, 2020), além disso, o Brasil findou o ano com uma balança comercial superavitária com a UE de US\$2.550 milhões (MDIC, 2020).

Em um mundo cada vez mais integrado, com fluxos de capitais livres, barreiras comerciais em declínio, a degradação ambiental pode ter um papel crucial na formação das vantagens comparativas dos países (KAHOULI, 2017). Desde o início dos anos 90 e, após a implementação de vários acordos multinacionais regulatórios, os debates sobre os impactos das políticas ambientais no comércio internacional têm crescido cada vez mais.

A literatura econômica aplicada fornece informações importantes sobre as interações da regulamentação ambiental e a localização internacional das atividades de produção (BALISTRERI, 2018). Contudo, as questões de poluição não podem ser avaliadas de uma única perspectiva (BU, 2016). Desde meados da década de 1980, a globalização tem sido associada a um crescimento notável no nível de preocupações populares por questões políticas, econômicas e socioculturais - incluindo poluição - em uma base global devido ao crescimento econômico acelerado, cooperação regional íntima e difusão cultural generalizada.

Nesse contexto, esse estudo proposto propõe a seguinte questão: o aumento do nível de comércio causa uma deterioração do meio ambiente nas regiões em análise, em particular, no Brasil? A fim de responder a esta questão central, o presente estudo tem como objetivo geral analisar se o aumento dos fluxos comerciais da soja entre Brasil e UE tem contribuído para aumentar a deterioração do meio ambiente no Brasil, especialmente, no que se refere ao aumento das emissões de CO₂, no período de 1990 a 2017. Ainda nesta perspectiva, através deste estudo, buscou-se especificamente: analisar a evolução recente da comercialização da soja do Brasil para a UE; examinar o papel da soja para a balança comercial brasileira e verificar as emissões de CO₂ pelo cultivo da soja no Brasil.

A contribuição deste estudo à literatura econômica se dá através do incremento na análise da *commodity* soja, em específico, analisando as exportações brasileiras para a UE, aplicando o MG aos efeitos climáticos. Entende-se que, esse estudo se justifica pelo consenso na literatura de que a possibilidade de maiores fluxos comerciais representarem uma maior deterioração ambiental, através das emissões de CO₂. Nos últimos anos, a produção e exportação de soja no Brasil vem crescendo e hoje, o país ocupa um lugar de destaque no ranking de emissões de poluentes pela atividade agrícola. De acordo com Padrão et al. (2015), em 2010, o Brasil emitiu cerca de 31 mil gigagramas de poluentes em CO₂, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que emitiram cerca de 110 mil gigagramas.

A exemplo disso, tem-se diversos autores os quais defendem a ideia da Curva Ambiental de Kuznets (CKA), o qual têm como hipótese fundamental que a degradação ambiental se expande com o crescimento econômico até que, ao atingir um dado nível renda per capita, a qualidade dos indicadores ambientais evolui, possibilitando que a relação entre a dimensão econômica e ambiental passe a exibir um formato de “U-invertido” (GROSSMAN E KRUEGER, 1991). Tendo em vista que são restritos os trabalhos que abordem especificamente este tema, enfocando especialmente na relação entre os fluxos comerciais de soja brasileira e emissões de CO₂ e considerando este período recente, a importância do estudo é reforçada.

Além desta seção introdutória, o artigo contempla mais cinco seções. A segunda seção contempla o referencial teórico. A apresentação do Modelo Gravitacional com suas teorias e aplicações está contida na seção três. A seção quatro destina-se à metodologia aplicada. Na sequência, na quinta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Por fim, a sexta seção abrange a conclusão.

2 COMÉRCIO, CRESCIMENTO ECONÔMICO E O MEIO AMBIENTE

No estudo de economia, a área do comércio internacional possui uma vasta literatura conceituada. A expansão do comércio entre nações, bem como a alocação da produção considerando as características dos países é uma temática bastante explorada e consolidada.

Desde a publicação dos Princípios de Economia Política e Tributação (1817), por David Ricardo, a teoria do comércio internacional tem sido fortemente fundamentada pelo princípio das vantagens comparativas. Já no século XX, surge uma teoria clássica centrada nas relações entre as dotações relativas de fatores de produção e padrões de comércio internacional. Teoria esta, originada a partir de um artigo do sueco Eli Heckscher (1919) e da tese de Bertil Ohlin (1933), que mais recentemente foi complementada por Helpman e Krugman (1985) mostram que parte comércio pode ser provocada pela existência das pelas economias de escala.

As características intrínsecas ao padrão de comércio baseado em recursos naturais obviamente trazem à tona as debilidades da natureza técnico-produtiva. Pelo menos, este é o ponto de vista da literatura que compreende os benefícios do desenvolvimento econômico não distribuídos de forma equitativa entre os países, deixando claro o desequilíbrio dos frutos do comércio internacional (SILVA, 2015).

Os trabalhos da CEPAL (Comissão Econômica para a América Latina), representados principalmente por Raul Prebisch, apresentam uma visão contrastante acerca das vantagens do comércio internacional. De acordo com estudos da CEPAL, as importações de produtos primários tendem a crescer menos que proporcionalmente que a renda real, ao passo que a elasticidade-renda de produtos industrializados é maior do que 1, à medida que a renda aumenta, aumenta a demanda por esses produtos (MOREIRA, 2012). Isto tem fortes implicações para os países emergentes, como os países da América Latina, que tem sua pauta de exportações baseada em produtos primários e sua pauta de importações baseada em produtos industrializados. Deste ponto, conclui-se que as exportações dos países periféricos se mostravam insuficientes para suprir as necessidades de importações, as quais vinham crescendo cada vez mais (PREBISCH, 1949).

Nos anos de 1990, surge o modelo centro-periferia, apresentado inicialmente por Krugman (FILHO, 2009). Um importante resultado que emerge desse modelo é a possibilidade de divergência entre regiões. Em outros termos, a possível emergência de uma estrutura regional caracterizada por um centro industrializado e, uma periferia puramente agrícola. Contudo, apesar da busca por explicações acerca da alocação das atividades econômicas, permanece uma mesma questão central de como explicar a aglomeração das atividades econômicas em pontos bem definidos do espaço. Mais precisamente, enfatiza-se claramente a necessidade de analisar a configuração espacial das atividades econômicas como o resultado de um equilíbrio de forças contrárias. Ou seja, entre forças centrípetas, que tendem a favorecer a aglomeração econômica e forças centrífugas, que favorecem a dispersão. Para Krugman (1991), o comércio não necessita ser resultado das diferenças das vantagens comparativas (KRUGMAN e OBSTFELD, 2001). Nesta perspectiva, o mercado não consiste em concorrência perfeita e a integração comercial permitiria a ampliação dos mercados, das escalas de produção e da divisão do trabalho, permitindo o aprofundamento complementar de especializações eficazes internacionalmente.

Dado o contexto, alguns autores passaram a investigar uma relação que passaria a ser chamada de Curva de Kuznets Ambiental (CKA), em que algumas medidas de degradação ambiental aumentariam nos momentos iniciais do crescimento econômico, porém, eventualmente, diminuiriam quando certo nível de renda fosse alcançado. O conceito da CKA surgiu no começo da década de 1990 para descrever a trajetória, no tempo, que a poluição de um país seguirá como resultado do desenvolvimento econômico.

Em 1995, Grossman e Krueger (1995), inspirados no trabalho de Kuznets, foram os precursores da apresentação da relação entre o crescimento econômico e os recursos naturais (CKA). Os autores demonstraram que a concentração de poluentes aumenta com o PIB per capita em estágios iniciais, com níveis de renda baixos, e reduz com níveis mais altos, salientando um formato de “U-invertido” entre emissão de poluentes e os níveis de riqueza dos países. Mesmo antes do surgimento do conceito da CKA, Grossman e Krueger (1991) já ressaltavam que o crescimento econômico afeta as condições ambientais.

Com outra perspectiva, Dinda (2005) afirma que há uma série empecilhos para que os países não industrializados alcancem o nível de renda per capita necessário para que se verifique a redução na poluição preconizada pela CKA. Para o autor, a degradação ambiental nos países em desenvolvimento e não desenvolvidos está relacionada ao aumento da produção de *commodities*, principalmente para a exportação. O autor conclui que com a intensificação da atividade primária países em desenvolvimento experimentam sucessivas reduções em seus estoques de capital natural, as quais tem um efeito duplo sobre as concepções básicas da CK, ou seja, ao reduzir seu capital natural potencial, os países não industrializados encontram maiores obstáculos para a industrialização, dada a menor disponibilidade de recursos para o avanço tecnológico; o menor estoque de natural disponível faz com que países não desenvolvidos encontrem maiores dificuldades em arcar com os custos da redução da poluição.

Nos estudos aqui referidos nesse trabalho, percebe-se que o debate acerca da relação entre padrão de comércio baseado em recursos naturais, bem como suas causas e implicações ainda permanece aberto e sem consenso. Para Silva (2015), mesmo que historicamente, se possam tirar algumas lições da relação entre o desempenho macroeconômico dos países e a estratégia de inserção na economia mundial, a superação deste debate está longe de acontecer.

A busca pelo crescimento econômico e sua distribuição entre países e setores tem um profundo impacto sobre a integridade do meio ambiente. O comércio internacional, os fluxos de capital e os padrões tecnológicos são elementos cruciais para o crescimento global e determinam a magnitude da escala do sistema econômico e seus impactos sobre o meio natural. Essa inter-relação, proporcionada pela globalização, leva a mudanças dramáticas nos estilos de

vida e nos padrões de consumo, afetando a capacidade de suporte dos sistemas naturais (ANDRADE, 2008).

Um estudo pioneiro na relação entre economia e fluxos de energia e materiais foi desenvolvido no final do século XIX pelo economista Patrick Geddes, que propunha ser relevante pensarmos de como ocorre entre os grandes centros econômicos e as periferias do mundo e a aplicação de uma nova teoria que permita ser possível superar as limitações da economia neoclássica e identificar práticas desiguais de comércio. Logo, o nível de desenvolvimento econômico, a geografia particular de cada país ou região, a densidade populacional, as relações comerciais exteriores, as tecnologias e as regras ambientais que mudam constantemente, são fatores que ajudam a explicar os diversos perfis metabólicos e as desigualdades de comércio entre os centro e periferia. (PORTO, 2007).

Atualmente, os métodos para o estudo do metabolismo social buscam identificar as tendências na economia do uso de materiais e energia. Entre estes métodos, tem-se os cálculos da “água virtual” na importação ou exportação (trigo, soja, carne, etanol, celulose, ...) em níveis regionais ou internacionais, a água “dissipada” no cultivo agrícola, em pastagens e em silvicultura (MARTINEZ-ALIER, 1996). Em 2007, Hoekstra e Chapagain (2007) calcularam as pegadas hídricas nacionais e, há pesquisa nas transferências hídricas não pagas incorporadas ao comércio de *commodities*. Contudo, Martinez-Alier (1996) destaca que não existem casos de crescimento rápido do PIB com decréscimo persistente de Fluxos Materiais.

Segundo o *Global Footprint Network* (2020), o Brasil possui reservatório de biocapacidade de 209%, ou seja, sua biocapacidade excede a pegada ecológica de sua população. Enquanto isso, países da UE apresentam um déficit de biocapacidade. Estudos do EUROSTAT (2020) também revelam que no período 1980-2000, o bloco econômico importou quatro vezes mais bens do que exportou. No mesmo período, a América Latina exportou seis vezes mais bens do que importou. Essa discrepância sugere como o consumo dos países centrais está se realizando tendo como contrapartida os danos ambientais para países periféricos.

Segundo Porto (2007), parte do comércio internacional permanece em padrões semelhantes ao do século XVI. Além disso, nem todos os países em desenvolvimento têm superávit de exportação: por exemplo, a Índia e a China provavelmente importam mais devido à importação de petróleo. Os insumos essenciais do metabolismo dos países importadores podem, de fato, causar danos à ecologia e à sociedade dos países exportadores. Dessa forma, de acordo com Porto (2007), os importadores se beneficiam por consumir produtos de baixos preços cujos impactos se realizam em outras regiões, embora alguns deles acabem revertendo em termos globais que afetam o planeta como um todo, como as mudanças climáticas.

No entendimento de Almeida et al. (2010), têm-se a existência de duas visões conflitantes no que tange à relação entre comércio e meio ambiente: os ambientalistas e os defensores do livre comércio. Na perspectiva dos ambientalistas, o grande crescimento econômico proporcionado pelo livre comércio é fonte de prejuízos ao meio ambiente, por haver maior necessidade de recursos naturais para aumentar a escala de produção.

Por outro lado, tem-se os defensores do livre comércio. Fundamentados na curva ambiental de Kuznets, afirmam que o crescimento econômico é capaz de promover o desenvolvimento sustentável, além de preservar o meio ambiente. De acordo com Queiroz (2009), os adeptos da teoria argumentam que o aumento das exportações promove o crescimento econômico, que, por sua vez, disponibiliza os recursos financeiros necessários aos investimentos públicos e privados para a preservação ambiental. Desta forma, as exportações estimulariam a preservação ambiental, através da geração de recursos.

Analisando a comercialização e seus impactos ambientais, Padrão et al. (2015) observam que a produção agrícola e, em especial a produção de grãos, é de grande importância para a economia brasileira. No entanto, além do importante papel no sequestro de carbono e na preservação da biodiversidade, a produção agrícola também acarreta inúmeros impactos

ambientais. Apesar da complexidade da regulação ambiental no Brasil, ela ainda é predominantemente formada por medidas de comando e controle e, a correta utilização dos recursos naturais ainda não ocorre em razão da fiscalização ineficiente e da interferência de grupos de interesse. Estes fatores associados levaram o Brasil a ocupar lugar de destaque no ranking mundial de emissões de poluentes pela atividade agrícola. Resultado este que se torna ainda mais alarmante quando são analisadas as origens dos poluentes: a maior parte das emissões tem origem nos fertilizantes sintéticos (60%) e nos resíduos de culturas (28%).

3 O MODELO GRAVITACIONAL NO COMÉRCIO INTERNACIONAL

Apesar de haver uma vasta literatura empírica acerca da economia internacional, cada qual voltada à compreensão de fatos específicos e de uma análise particular, os modelos gravitacionais são os mais comumente estimados para avaliar os determinantes dos fluxos comerciais. Surgidos em meados da década de 1960, estes modelos gravitacionais com base na “Lei de gravidade de Newton” evoluíram e tornaram-se instrumentos frequentemente utilizados para explicar o comércio entre duas unidades econômicas, usualmente, países ou blocos.

As aplicações do modelo gravitacional ao comércio internacional foram primeiramente propostas por Tinbergen (1962) que classificou os fatores que definem os tamanhos dos fluxos de comércio entre dois países em três conjuntos como: fatores relacionados ao total de oferta potencial dos países exportadores; em segundo o total de demanda potencial dos países importadores e o terceiro é um conjunto de fatores se relaciona aos fatores naturais e artificiais que impõe obstáculos para o comércio. Em 1966, Linnemann utilizou a equação da gravidade similar à de Tinbergen (1962), porém, incluindo no conjunto das variáveis explicativas, os tamanhos populacionais dos dois países envolvidos, de modo a refletir o papel das economias de escala.

Genericamente, a equação gravitacional assume que os fluxos de comércio entre dois países i e j depende de cinco fatores: o PIB dos países, a população dos países e a distância entre eles. Os aprimoramentos mais usuais relativos ao modelo, expõem o tratamento em relação às dificuldades do comércio, sejam elas naturais ou artificiais. As dificuldades naturais geralmente estão ligadas ao fator distância e aos custos de transação e transporte, enquanto as artificiais se relacionam, principalmente, às políticas de comércio e ao relacionamento histórico entre as nações.

Devido à constante mudança das circunstâncias nas quais o comércio global pode se encontrar, o modelo tem sofrido constantes alterações, a fim de aumentar seu poder explicativo. Vários são os fatores que influenciam os fluxos de comércio e, por este motivo, alguns autores têm incluído na equação básica outras variáveis com o intuito de melhorar os seus resultados, a exemplo dos estudos de Bergstrand (1985), Deardorff (1998) e Anderson e Van Wincoop (2003).

3.1 Abordagem empírica do Modelo Gravitacional e Meio Ambiente

Estudos empíricos de comércio internacional que contemplem o modelo gravitacional têm crescido de forma significativa desde a sua criação até o momento recente. Um dos motivos para tal, decorre de sua ampla aceitação entre profissionais da área econômica e de sua fácil aplicação para analisar as implicações de blocos econômicos sobre o comércio internacional de bens.

Dada a existência de uma vasta gama de estudos que abarcam esta temática, os estudos selecionados e aqui apresentados no Quadro 1 possuem o propósito de servir de parâmetros comparativos com os resultados a serem obtidos na presente pesquisa e apresenta aplicações do modelo gravitacional para análise de comércio considerando produtos agrícolas e emissões de poluentes.

Quadro 1 – Síntese do referencial teórico

Autores/Ano	Aplicação	Principais conclusões
Erdem e Nazlioglu (2008)	Determinantes das exportações agrícolas turcas para a União Europeia (UE), 1996-2004.	As exportações agrícolas turcas para a UE estão positivamente correlacionadas com o tamanho da economia, a população importadora, a população turca que vive nos países da UE, o ambiente climático não mediterrâneo e a adesão ao Acordo União Aduaneira UE-Turquia. E estão negativamente correlacionados com as terras aráveis agrícolas dos países da UE e a distância geográfica entre a Turquia e os países da UE.
Idsardi (2010)	Economia da África do Sul entre os anos de 2004 e 2008.	Constatou que vários fatores têm um impacto significativo nos fluxos comerciais, entre os quais: tamanho econômico do mercado, capacidade de oferta e tamanho físico do mercado.
Hatab et al. (2010)	Fatores que influenciam as exportações agrícolas do Egito para seus principais parceiros comerciais, 1994-2008.	Um aumento no PIB do Egito resulta em um aumento nos fluxos de exportação agrícola do Egito. Por outro lado, o aumento do PIB per capita do Egito faz com que as exportações diminuam. A volatilidade cambial tem um coeficiente positivo. Os custos de transporte têm uma influência negativa nas exportações agrícolas.
Kim e Koo (2011)	Políticas que regulam as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e os fluxos de comércio de gado. Diversos países, 1999- 2007.	A regulamentação das emissões de GEE tem um efeito negativo nos fluxos de comércio de animais provenientes de países que restringem as emissões de GEE para países sem restrição de GEE, de países restritos para países restritivos e países irrestritos para países restritivos.
Folfas et al. (2011)	Fluxos comerciais de cimento e aço e sua relação com a emissão de CO ₂ , 1995-2009.	O comércio de cimento e o aço tende a ser 2 e 1,5 vezes maior, respectivamente, nos países vizinhos do que naqueles que não têm uma fronteira comum. Além disso, o artigo observa fluxos de comércio 1,14 vezes maiores em cimento e aço dos países com maiores emissões de CO ₂ do que daqueles com menor.
Arouri et al. (2012)	Relação entre emissões de dióxido de carbono, consumo de energia e PIB real para 12 países do Oriente Médio e Norte da África (MENA), no período de 1981-2005.	No longo prazo, o consumo de energia tem um impacto significativo positivo nas emissões de CO ₂ .
Bu et al. (2016)	Relação entre o processo de globalização e seus efeitos sobre o meio-ambiente, 1990-2009.	Em média, as emissões globais de carbono aumentam em conjunto com níveis mais altos de globalização econômica, social e política. Este efeito varia entre o grupo de países da OCDE e os países não pertencentes à OCDE.
Balistreri et al. (2018)	Sensibilidade estrutural dos efeitos competitivos, os resultados ambientais e as implicações no bem-estar desencadeadas pela regulamentação das emissões sub-globais.	Aumentos substanciais de bem-estar nos países que não são da coalizão que exportam bens intensivos em energia.
Fonseca e Ribeiro (2004)	Degradação ambiental nos estados do Brasil entre 1985-2000.	Importância da renda per capita em polinômio e da escolaridade como determinantes na extensão da proteção ambiental. Presença de uma CKA para os estados brasileiros.
Pao e Tsai (2011) e Cunha e Scalco (2013)	Crescimento econômico e da degradação ambiental no Brasil, 1980-2007.	Não há evidências de uma CKA para o Brasil e o consumo de energia é mais importante para explicar as emissões de CO ₂ no país.
Castro et al. (2018)	Determinantes das emissões de CO ₂ no Brasil para o período 1971-2011.	A relação entre crescimento econômico e poluição ambiental no Brasil possui o formato de um “N”, ainda existem algumas limitações que são inerentes à teoria da CKA.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na revisão acima, destaca-se o artigo de Folfas et al. (2011) o qual utiliza o modelo gravitacional na relação entre os fluxos comerciais e a emissão de CO₂. Os autores, consideram que diferentes padrões de proteção ambiental podem ser vistos como um obstáculo para o comércio internacional, favorecendo produtores que não precisam arcar com custos de adaptação a padrões ambientais mais altos, incluindo normas mais rigorosas de emissões de gases do efeito estufa. O modelo proposto, buscou servir como uma ferramenta para projetar medidas eficazes para prevenir e combater os efeitos do vazamento de carbono. Um deles é o ajuste de impostos nas fronteiras promovido por alguns estados da UE.

O modelo estimado por Folfas et al. (2011) inclui duas variáveis *proxy* para vazamentos de carbono, a emissão de CO₂ per capita e impostos ambientais. Dada a presença de variáveis invariantes no tempo, além de que feitos individuais podem ser correlacionados com variáveis dependentes, os autores utilizaram um estimador de Hausman-Taylor. Os resultados do estudo de Folfas et al. (2011) sugerem que o comércio de cimento e o aço tende a ser 2 e 1,5 vezes maior, respectivamente, nos países vizinhos do que naqueles que não têm uma fronteira comum. Além disso, o artigo observa fluxos de comércio 1,14 vezes maiores em cimento e aço dos países com maiores emissões de CO₂ do que daqueles com menor.

A partir da apresentação da temática, referências e revisão bibliográfica acerca do Modelo Gravitacional, o capítulo seguinte apresenta a metodologia utilizada no estudo. A aplicação da metodologia se deu a partir da seleção de variáveis relacionadas ao tema e fundamentadas pela literatura, que foram empregadas ao método de estimação escolhido.

4 METODOLOGIA

A aplicação de dados em painel e das abordagens dos efeitos fixos e dos efeitos aleatórios no processo de estimação do Modelo Gravitacional cada vez mais recorrente na literatura econômica. Esta sessão destina-se a apresentar a estratégia empírica utilizada para avaliar o comércio da soja brasileira com a União Europeia e suas implicações climáticas, bem como os procedimentos econométricos e a base de dados utilizada no estudo.

Com um enfoque ambiental, analisado através do modelo gravitacional, Folfas et al. (2011) estimaram seu modelo em termos de logaritmos (*ln*). Além das variáveis tradicionais, os autores adicionaram à sua estimação variáveis relacionadas à poluição ambiental, mais precisamente, emissões de CO₂, além de demais variáveis econômicas e culturais.

A partir da literatura especializada (FOLFAS et al., 2011) e seguindo primordialmente a equação gravitacional de Bergstrand (1985), com algumas adaptações ao tema, para o presente estudo, objetiva-se estimar o seguinte modelo:

$$\ln exp = \alpha_0 + \alpha_1 \ln pib1 + \alpha_2 \ln pib2 + \alpha_3 \ln dist + \alpha_4 \ln camb + \alpha_5 \ln sim + \alpha_6 \ln CO_2 1 + \alpha_7 \ln CO_2 2 + u \quad (1)$$

Onde: *lnexp*: volume de exportações; *lnpib1*: PIB região 1; *lnpib2*: PIB região 2; *ln dist*: distância geográfica entre as regiões; *ln camb*: taxa de câmbio; *ln sim*: índice de similaridade; *lnCO₂ 1*: emissão de CO₂ pela produção agrícola da região 1; *lnCO₂ 2*: emissão de CO₂ pela produção agrícola da região 2.

Nesta perspectiva, como uma renda maior pode aumentar o fluxo de comércio, espera-se que α_1 e α_2 tenham sinais positivos (WANG e WINTERS, 1992; EICHENGREEN e IRWIN, 1998). Ou seja, quanto mais elevadas às rendas dos países exportadores e importadores, mais estes tendem a engajar-se no comércio internacional e, portanto, maior o fluxo de comércio bilateral entre as regiões. A distância representa fatores de resistência ao comércio, representando um vetor de custos de transporte (WANG e WINTERS, 1992; EICHENGREEN e IRWIN, 1998). Dessa forma, espera-se um sinal negativo do coeficiente α_3 .

A consideração dos vetores de preços é fundamental para a análise de comércio internacional, uma vez que segundo Bergstrand (1985), a omissão de variáveis de preços pode tornar a equação gravitacional mal especificado. Assim, considerando os preços relativos, quando α_4 a taxa de câmbio aumenta, se diz que há depreciação (apreciação) da moeda do país exportador *i* (importador *j*). Uma depreciação, portanto, sugere que o país *i* está aumentando suas exportações para o país *j*, *ceteris paribus*, de tal forma que se essa taxa tende ao infinito, implica que o volume de exportações de *i* está aumentando indefinidamente. Por outro lado, se a taxa de câmbio tende a zero, as exportações do país *i* para o país *j* são insignificantes.

O índice de similaridade de renda incluído no modelo consiste em uma *proxy* para similaridade de renda (Arelanes et. al, 2009). Com o intuito de mostrar o tamanho relativo de cada país em relação aos seus PIBs, espera-se que seu sinal seja positivo. Desse modo, verifica-se que as similaridades entre as rendas contribuem positivamente ao comércio.

Quanto aos coeficientes α_6 e α_7 , os sinais esperados podem ser ambíguos. Conforme a Curva Ambiental de Kuznets (CKA), a degradação ambiental se expande com o crescimento econômico até que, ao atingir um dado nível de renda per capita, a qualidade dos indicadores ambientais evolui, possibilitando que a relação entre a dimensão econômica e ambiental passe a exibir um formato de “U-invertido” (GROSSMAN E KRUEGER, 1991). Assim, uma vez que uma maior emissão no país i pode representar um maior fluxo de exportações e políticas ambientais mais flexíveis. Uma menor emissão pelo país j pode representar que o mesmo apresenta políticas ambientais mais rígidas, situação apresentada por nações desenvolvidas.

No presente estudo, foi estimado o modelo gravitacional com base nos dados em painel. Segundo Greene (2007), a principal vantagem de dados em painel é que eles permitem ao pesquisador grande flexibilidade em modelar diferenças no comportamento entre os indivíduos e fornecem um ambiente extremamente rico para o desenvolvimento de técnicas de estimação e de análise de resultados teóricos.

4.1 Dados em Painel

O método de dados em painel representa um estudo do movimento ao longo do tempo, tendo assim duas dimensões. Desse modo, os dados em painel representam combinação de unidades *cross-section* e de séries temporais (GREENE, 2007). A análise de dados em painel tem três técnicas mais utilizadas: abordagem de Efeitos Fixos (FE, *fixed effects*); abordagem de Efeitos Aleatórios (RE, *random effects*); método *Pooled*.

O modelo de efeitos-fixos constitui-se de uma generalização do modelo constante-intercepto-inclinação para dados de painel. O modelo introduz *dummies* para mensurar os efeitos das variáveis omitidas, que são específicas para unidades *cross-section* individuais, mas permanecem constantes ao longo do tempo e os efeitos que são específicos para cada período de tempo são iguais para todas as unidades *cross-section*.

A especificação do modelo de efeitos aleatórios pressupõe que o comportamento dos períodos de tempos é desconhecido, não podendo ser observado, nem medido. Assim, em amostras longitudinais de grande dimensão, pode-se sempre representar estes efeitos individuais ou temporais específicos sob a forma de uma variável aleatória normal.

O modelo *pooled* indica que as variáveis específicas do modelo são constantes ao longo do tempo e podem ser observadas, ou não. Pode-se chegar à regressão *pooled*, que assume que z_i da equação (13) contém apenas um termo constante, sem as variáveis de grupo observadas ou não observadas. De acordo com Cheng e Wall (2005), o modelo *pooled* impõe uma restrição adicional sobre o modelo geral. Segundo os autores, no modelo *pooled*, o vetor de parâmetros é o mesmo para todos os indivíduos ou grupos, embora normalmente, permita que os interceptos sejam diferentes ao longo do tempo.

4.2 Testes Econométricos

Com o intuito de verificar a consistência das estimativas obtidas através da aplicação econométrica, recorre-se aos testes estatísticos. Primeiramente empregou-se o teste de Hausman, a fim de comparar-se os modelos de efeitos fixos e efeitos aleatórios. O teste considera sob a hipótese nula que os efeitos aleatórios sejam melhores que os efeitos fixos (GREENE, 2007). Com o intuito de comparar o modelo *pooled* com o modelo de efeitos aleatórios, realizou-se o teste Breusch-Pagan. O teste de Breusch-Pagan é empregado para testar a hipótese nula de que as variâncias dos erros são iguais (homocedasticidade) versus a hipótese alternativa de que as variâncias dos erros são uma função multiplicativa de uma ou mais variáveis. Por fim, para comparar as estimações encontradas pelo modelo *pooled* e o modelo de efeitos fixos, analisa-se o teste Chow (WOOLDRIGE, 2002) A hipótese nula é de que há igualdade nos interceptos e nas inclinações para todos os indivíduos, caracterizando o modelo de dados agrupados (*pooled*).

Além dos testes de comparação dos métodos, existem demais informações que devem ser analisadas para a consistência da estimação. A autocorrelação serial e a heterocedasticidade são problemas estatísticos à serem investigados, pois podem causar ineficiência nos estimadores. Quanto à análise da heterocedasticidade, o teste de Wald foi aplicado, verificando assim, a heterocedasticidade no efeito fixo. A hipótese nula do teste é que os dados são homocedásticos e a hipótese alternativa que são heteroscedásticos. De acordo com a literatura, o teste mais indicado para analisar-se a autocorrelação serial, tratando-se de dados em painel, é o teste de Wooldridge (1991). Conforme este teste, tem-se na hipótese nula que as séries do modelo sejam não autocorrelacionadas de primeira ordem, enquanto a hipótese alternativa é de que há autocorrelação serial de primeira ordem no modelo.

Após a escolha do método mais apropriado para a análise dos dados, prossegue-se à realização de alguns testes econométricos subsequentes. Novamente, estima-se a regressão com o método escolhido e, na sequência, testa-se sua consistência. A heterocedasticidade foi testada a partir da utilização do teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisber e White, onde a hipótese nula é de homocedasticidade. Com o propósito de reforçar as estatísticas obtidas, fez-se uso de testes de multicolinearidade. A multicolinearidade é um problema no ajuste do modelo que pode causar impactos na estimativa dos parâmetros (HAIR et al., 2005). Foram aplicados os testes VIF (*Variance Inflation Factor*) e TOL (*Tolerance*).

A fim de estimar-se o modelo proposto na equação (1), foram coletadas oito variáveis. Os dados referentes a estas variáveis foram coletados em fontes, como: o valor das exportações de soja brasileira no site da COMEXSTAT (MDIC); o Produto Interno do Brasil e Produto Interno dos países da União Europeia no World Bank; a variável distância no CEPII; a taxa de câmbio no Instituto de Pesquisa e Econômica Aplicada (IPEA), as emissões líquidas de CO₂ da área plantada de soja no Brasil e as Emissões de CO₂ pela produção agrícola da EU foram obtidos na *Food and Agriculture Organization* (FAO)

Como *proxy* da exportação de soja brasileira para a UE, foram analisados dados dos cinco maiores destinos da produção brasileira na UE. No ano de 2017, Holanda (36%), Espanha (18%), Alemanha (10%), Reino Unido (6%) e Itália (4%) foram responsáveis por importarem cerca de 74% do valor gerado pela exportação da soja do Brasil para o bloco europeu, por conseguinte, importaram no ano de 2017, 70% da soja brasileira exportada para a comunidade europeia (COMEXSTAT, 2020). Os produtos considerados para fins de determinar a exportação da soja foram selecionados de acordo com o Código SH4, são eles: Soja, mesmo triturada (1201); Óleo de soja e respectivas frações, mesmo refinados, mas não quimicamente modificados (1507); e, tortas e outros resíduos sólidos da extração do óleo de soja (2304).

A variável correspondente ao índice de similaridade indica a similaridade entre o PIB das duas regiões em análise. A variável deriva do índice de Jaccard, o qual aponta a proporção de espécies compartilhadas entre as amostras em relação ao número total de espécies. Em relação a variável câmbio, as cotações consideradas foram da taxa de câmbio comercial para compra real (R\$)/dólar americano (US\$) (média anual), disponibilizada pelo IPEA, convertida para US\$. Os valores monetários referem-se aos preços correntes, visto que, como fluxos internacionais de comércio ou capital são medidos a preços correntes, o PIB a preços correntes é o mais apropriado (FOLFAS et al., 2011). Além disso, o presente estudo considerou a distância geográfica entre o Brasil e cada um dos quatro países selecionados, distância esta obtida através do CEPII. Acerca da utilização da variável distância como *proxy* aos custos de transportes, Beckerman (1956) argumenta que os países ocupam áreas bem amplas, de tal forma que o conceito de distância entre as áreas depende de várias considerações, entre elas: as distâncias entre as áreas como as distâncias entre os pontos mais próximos; entre os centros geométricos, ou ainda, as distâncias entre os seus centros de gravidade.

Todas as séries históricas do modelo estimado são anuais, de 1997 a 2017, período este delimitado pela limitação dos dados disponíveis. Além disso, o modelo foi estimado com as

variáveis em logaritmos. A partir de tal, o processo de estimação se deu através da utilização do software estatístico STATA10, software pago, licenciado pelo Departamento de Economia e Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Especificada a metodologia adotada no estudo e com base na literatura, a sequência do trabalho expõe os resultados.

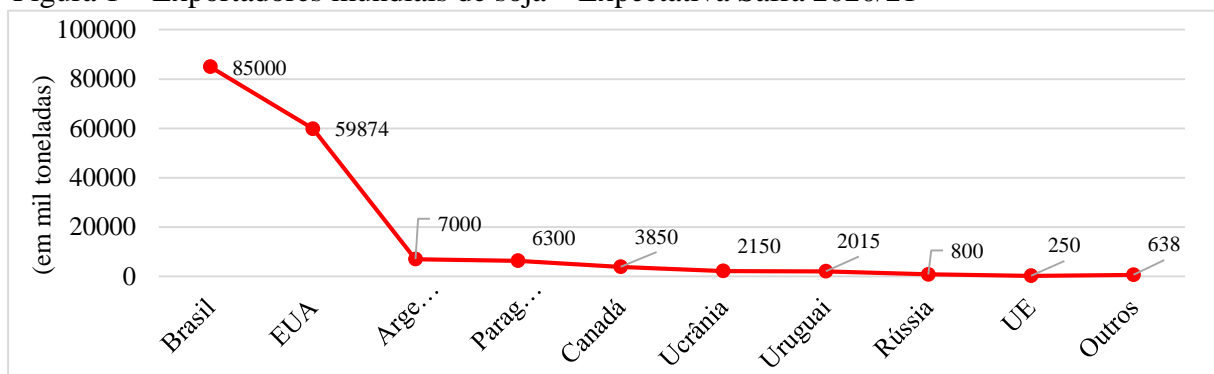
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O comércio internacional, especialmente o agrícola, é de fundamental importância à economia brasileira. Além de ser fonte de recursos externos e alavancar os saldos na balança comercial, são fonte de renda para parcela significativa da população do país. Nos últimos 40 anos, o Brasil saiu da condição de importador de alimentos para se tornar um grande provedor para o mundo. Foram conquistados aumentos significativos na produção e na produtividade agropecuárias. O preço da cesta básica, no Brasil, reduziu-se consideravelmente e o país se tornou um dos principais players do agronegócio mundial (EMBRAPA). Hoje, se produz mais em cada hectare de terra, aspecto importantíssimo para a preservação dos recursos naturais (EMBRAPA). A partir do início dos anos 2000, a produção de soja no Brasil ultrapassa a produção nacional de milho.

Analisando-se a produção mundial da soja, segundo dados do USDA (2020), a expectativa para a Safra de 2020/21 é que o Brasil novamente permaneça na primeira colocação do ranking, seguido dos Estados Unidos. Atualmente, a produção brasileira de soja representa cerca de 36% da produção mundial, ou seja, mais de um terço do total de soja produzida no mundo, é brasileira. Nos últimos anos, Brasil e EUA vêm disputando a primeira colocação. A disputa com a produção norte-americana e a alternância de posições se dá por diferentes motivos. Intempéries, por exemplo, afetam negativamente a safra. Outro fator considerável ao estímulo da produção brasileira são os desacordos comerciais entre os EUA e a China.

Além de liderar a produção mundial, o Brasil também é o maior exportador mundial da oleaginosa, conforme Figura 1, sendo responsável por mais de 50% das exportações totais do produto, seguindo novamente pelos EUA (36%) e Argentina (4%). Segundo a FAO, a soja brasileira deverá abastecer metade do crescimento populacional até 2050, ou seja, cerca de 1 bilhão de pessoas.

Figura 1 – Exportadores mundiais de soja – Expectativa Safra 2020/21



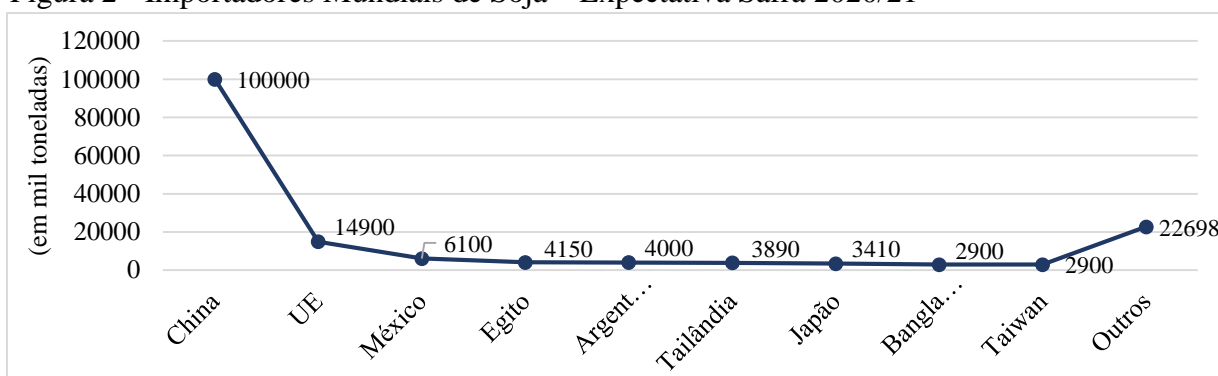
Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados da USDA (2020).

Historicamente, o Brasil possui vocação agrícola e, ainda possui potencial de expandir a produção da *commodity*. O Brasil possui um vasto território, assim, dentre os países é o que apresenta a maior capacidade de multiplicar a atual produção, tanto pelo aumento da produtividade, quanto pelo potencial de expansão da área cultivada (FREITAS, 2011). Um dos fatores que faz com que o produto nacional seja procurado é a sua qualidade. A soja brasileira tem maior teor de óleo e proteína em comparação com grãos produzidos nos EUA e na Argentina, sendo fortes atrativos, principalmente para os importadores chineses (PEREIRA, 2020). Assim, a soja brasileira torna-se mais competitiva que a dos concorrentes diretos, tem

qualidade superior e melhor custo-benefício para a produção de proteína animal. Por demais, devido ao nosso clima, produzimos de duas a três safras de grãos por ano.

No ranking mundial dos maiores importadores mundiais da soja ilustrado na Figura 2, a China está na primeira colocação, sendo responsável por importar cerca de 60% das importações totais. Em segundo lugar, vem a União Europeia. Conjuntamente, os 27 estados-membros constituintes do bloco europeu importam aproximadamente 10% da importação mundial. A quantidade importada pela UE da soja brasileira em 2018 foi a mesma que a milho e café, segundo e terceiro alimentos mais exportados pelo Brasil.

Figura 2 - Importadores Mundiais de Soja – Expectativa Safra 2020/21



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados da USDA (2020).

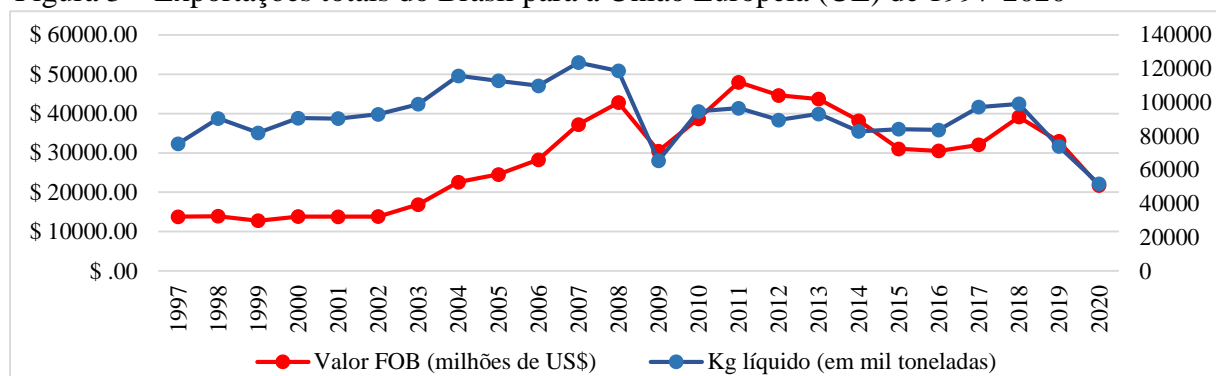
O comércio bilateral entre o Brasil e o bloco econômico europeu é histórico, sendo a União Europeia um dos destinos mais frequentes das exportações brasileiras. A interligação entre dados dos fluxos comerciais e os resultados obtidos através do modelo gravitacional, com base em apenas um produto, facilita a compreensão e a identificação das características das unidades econômicas. As relações entre Brasil e a comunidade europeia sempre ocuparam posição de destaque no comércio exterior do Brasil. Seja tomada como bloco, seja considerando os países europeus individualmente, a UE é origem e destino de importante pauta comercial brasileira há muitas décadas (THORSTENSEN et al., 2013).

Com a assinatura da Parceria Estratégica, em 2007, as relações Brasil-UE atingiram novo patamar e, ampliaram-se as oportunidades de diálogo sobre desafios globais e oportunidades de interesse bilateral ou bi regional (MERCOSUL e CELAC com a UE). Esta parceria tem contribuído para que Brasil e UE aprofundem as relações políticas, dinamizem os vínculos econômicos e diversifiquem as iniciativas de cooperação (MRE, 2020).

Conforme mostra a Figura 3, desde o início da série histórica de 1997-2020 as exportações brasileiras para o bloco europeu oscilaram significativamente. Na primeira década, percebe-se uma evolução, tanto da quantidade exportada quanto do valor monetário. Contudo, com a crise econômica mundial, as exportações foram impactadas. Entre os anos de 2008 e 2009 houve uma queda brusca. Neste período, a economia mundial sofreu os impactos da crise, a renda mundial caiu significativamente e as incertezas estavam muito presentes no cenário econômico. Tudo isso, impacta negativamente no poder aquisitivo tanto dos países quanto das pessoas, diminuindo os fluxos comerciais. Pós-crise, ao mesmo tempo em que a atividade econômica ia retornando, as exportações brasileiras para o bloco europeu também se recuperaram. Basicamente, o país exporta produtos agrícolas e, a oscilação pode se dar perante a variação cambial. Em momentos de desvalorização do real, o produto brasileiro se torna mais competitivo no cenário internacional.

A Figura 3 contempla o agregado das exportações de todos os produtos brasileiros para a UE. Ao se detalhar este agregado no ano de 2019, tem-se que os principais produtos exportados e sua respectiva representatividade no total das exportações para o bloco foram: farelos e resíduos da extração de óleo de soja (8,8%); café cru em grãos (6,4%); minérios de ferro e seus concentrados (6,0%); celulose (6,0%) e soja (5,3%) (COMEXVIS, 2020).

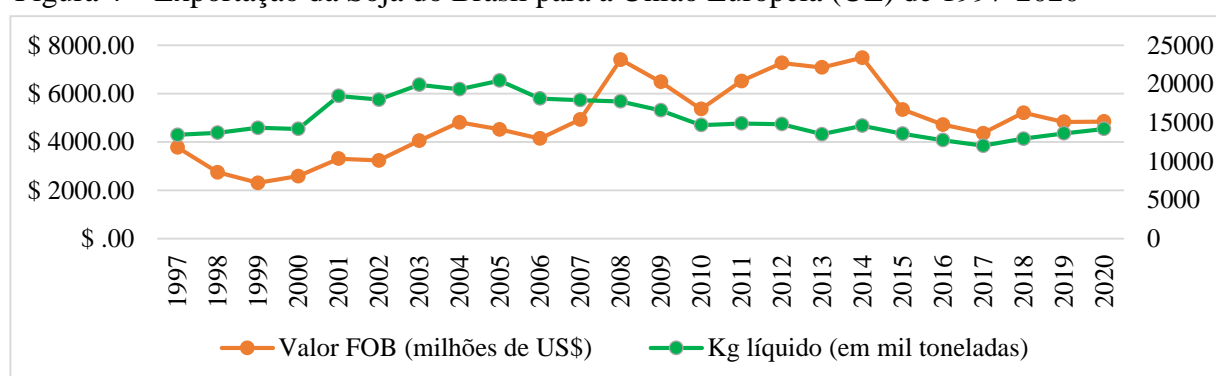
Figura 3 – Exportações totais do Brasil para a União Europeia (UE) de 1997-2020



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do MDIC (2020).

O gráfico ilustrado na Figura 4 mostra a evolução ao longo dos anos da exportação da principal *commodity* agrícola brasileira, a soja. Como é possível visualizar, o valor monetário da exportação da *commodity* agrícola e o seu volume comercializado foram variáveis no período de 1997-2020.

Figura 4 – Exportação da Soja do Brasil para a União Europeia (UE) de 1997-2020



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do MDIC (2020).

Em momentos desfavoráveis no cenário econômico mundial, como na crise de 2008-2009, as exportações também sentiram este reflexo negativo. Além disso, em períodos de alta nos preços, a comercialização também deve diminuir. Entretanto, no período mais recente da série histórica, a quantidade exportada pelo Brasil para a UE está em ascensão. Esta ascensão deve-se aos diversos fatores já mencionados. A qualidade do produto brasileiro, produtividade e a competitividade no mercado internacional impulsionam os fluxos comerciais e estimulam a compra do produto brasileiro. A guerra comercial entre EUA e China também impactaram, uma vez que a produção norte-americana foi reduzida e os seus excedentes diminuíram.

Dada a importância econômica das relações comerciais entre Brasil e UE, especialmente da comercialização da soja, estimou-se através do Modelo Gravitacional os seus impactos econômicos e ambientais. A seguir, são apresentadas as estimativas encontradas, a partir dos dados coletados.

5.1 Testes e Análises Preliminares dos Modelos Econométricos

A partir da estimação dos três modelos apresentados na metodologia, testes estatísticos preliminares foram realizados a fim de indicar a escolha do modelo com mais consistência estatística. Na Tabela 1 estão os resultados encontrados pelos testes de escolha do modelo. O primeiro deles, o teste Chow obteve um p-valor de 0,97, o que indica que o modelo de efeitos fixos é melhor que o *Pooled*, pois não se rejeita a hipótese nula. No teste de Breusch-Pagan, o *Pooled* é novamente escolhido em detrimento do modelo de efeitos aleatórios, pois a estatística do teste tende a uma unidade, ou seja, não rejeita a hipótese nula. Pela estatística do teste de

Hausman, define-se se o melhor modelo é o de efeitos fixos ou efeitos aleatórios. No caso, não se rejeitou a hipótese nula, ou seja, o modelo preferível é o modelo de efeitos fixos.

Tabela 1 - Resultados dos testes econométricos para escolha do Modelo

Testes	Diagnóstico	Hipóteses	Estatística	p-valor
Chow	Testar o modelo de Pooled contra Efeito Fixo	H ₀ : Modelo Pooled H ₁ : Modelo de Efeito Fixo	0.03	0.9708
LM - Breush Pagan	Testar o modelo de Pooled contra Efeito Aleatório	H ₀ : Modelo Pooled H ₁ : Modelo de Efeito Aleatório	0.00	1.0000
Hausman	Testar o modelo de Efeito Aleatório contra Efeito Fixo	H ₀ : Modelo de Efeito Fixo H ₁ : Modelo de Efeito Aleatório	26.02	0.0000
Wald	Teste para Heterocedasticidade no Efeito Fixo	H ₀ : Ausência de Heterocedasticidade H ₁ : Presença de Heterocedasticidade	0.01	1.0000
Wooldridge	Teste de autocorrelação para Efeito Fixo e Efeito Aleatório	H ₀ : Ausência de Autocorrelação H ₁ : Presença de Autocorrelação	0.261	0.8354

Fonte: Elaborado pela autora com os dados da pesquisa (2020).

O teste de Wald foi aplicado com o intuito de verificar-se a heterocedasticidade no modelo de Efeito Fixo. Neste caso, não se rejeitou H₀ e o modelo é considerado homocedástico. A autocorrelação serial dos modelos de Efeitos Fixos e Aleatórios foi testada a partir do teste de Wooldridge. Este teste assume a hipótese nula de que as séries do modelo em painel sejam não autocorrelacionadas de primeira ordem. O p-valor de 0.83 indica a não rejeição de H₀.

5.1.1 Testes de Multicolinearidade, Heterocedasticidade e Autocorrelação no Modelo

A partir das estatísticas apresentadas na Tabela 2 e dos critérios utilizados, concluiu-se que o modelo estatístico mais apropriado é o Pooled. A seguir, são apresentadas as estatísticas obtidas para os testes do Modelo Pooled, o quais foram aplicados com o objetivo de testar a consistência estatística do modelo. Os quatro testes foram realizados, objetivando verificar a presença do multicolinearidade e heterocedasticidade no modelo *Pooled* selecionado. Na Tabela 2, são apresentadas as estatísticas dos testes.

Tabela 2 - Testes estatísticos

Testes	Diagnóstico	Hipótese do Teste	Estatística	p-valor
FIV	Testar a Multicolinearidade		4.25	---
TOL	Testar a Multicolinearidade		0.235	---
White	Teste para Heterocedasticidade	H ₀ : Ausência de Heterocedasticidade H ₁ : Presença de Heterocedasticidade	0.012	0.7111
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg	Teste para Heterocedasticidade	H ₀ : Ausência de Heterocedasticidade H ₁ : Presença de Heterocedasticidade	0.00	0.9586

Fonte: Elaborado pela autora com resultados da pesquisa (2020).

O primeiro dos testes relacionas, o FIV, foi utilizado para detectar o grau de multicolinearidade. O teste é aplicado conjuntamente com o TOL (fator de tolerância), que é considerado o inverso do FIV. Quanto mais a estatística obtida no TOL tender a zero, mais alta será a colinearidade entre as variáveis independentes. Para Gujarati (2006), a presença de uma relação linear perfeita entre os regressores ao tornar a variância e covariância muito grande pode fazer com que os intervalos de confiança sejam amplos e os estimadores de MQO mais sensíveis a alterações nos dados. A estatística obtida para o FIV foi de 4.25, o que sugere que os regressores não possuem colinearidade perfeita. Além disso, o TOL foi de 0.235, distante de zero, o que reforça esta conclusão.

Para testar-se a presença da heterocedasticidade e verificar se a variância do erro não apresenta o comportamento explosivo foram aplicados dois testes. Conforme a Tabela 3, tanto o teste de White quanto o teste de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg sugerem que a variância do erro condicionada aos valores dos regressores é constante ao longo dos anos.

5.2 Interpretação do Modelo Estimado

A partir dos testes apresentados acima, chegou-se à estimação dos resultados para cada um dos modelos. No caso, o modelo escolhido para o estudo foi o *Pooled* e as variáveis foram estimadas em *ln*. Na Tabela 3, encontram-se os coeficientes encontrados.

O primeiro coeficiente apresentado é PIB brasileiro, *lnpibbr*. De acordo com a estimação, a renda do país exportador influencia positivamente as exportações. Esta relação entre renda e exportações é estreitamente ligada, sendo que as duas variáveis se estimulam. No caso, um aumento de 1% no PIB do país gera um aumento de 1,10% nas exportações de soja para a UE. Uma vez que o produto brasileiro é maior, os recursos para se investir em tecnologias que aumentem a capacidade produtiva, também serão maiores. Além disso, momentos que o PIB do Brasil está propício geralmente coincidem com momentos favoráveis no contexto mundial, onde os demais países também possuem uma maior renda e maior capacidade de importar.

Tabela 3 - Resultados dos Modelos

Variáveis Explicativas	Pooled	Efeitos Fixos	Efeitos Aleatórios
<i>Const</i>	23.12623 ***	16.68297	10.4734 ***
<i>Lnpibbr</i>	1.103571 ***	1.040754 ***	1.522605 ***
<i>Lnpibue</i>	1.465526 ***	0.2697058	1.519175 ***
<i>Lnsim</i>	2.533481 ***	2.006223 ***	3.306798
<i>Lndist</i>	-7.306431 ***	-	-3.587872 ***
<i>Lncamb</i>	-0.1411962	-0.0519872	-0.4921846
<i>lnco2br</i>	0.6674723 ***	0.01119415	0.0133103 ***
<i>lnco2eu</i>	-0.6826995 ***	-0.2996709	-0.6438017 ***
<i>Nº de observações</i>	105	105	105
<i>R²</i>	0.8296		
<i>Prob > (F)</i>	0.00	0.8596	

*** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: Elaborado pela autora com resultados da pesquisa (2020).

A variável referente ao PIB do país importador, *lnpibue*, também apresentou coeficiente positivo e estatisticamente significativo. Uma variação de 1% no PIB europeu gera um aumento de 1,46% nas exportações de soja. Assim, acredita-se que variações positivas no nível de renda dos parceiros comerciais brasileiros tendem a aumentar a demanda por bens importados, o que contribui para elevar as exportações do Brasil para o bloco.

O índice de similaridade de renda das unidades econômicas foi positivo. Este índice de similaridade de renda dos estados serve para captar diferentes efeitos de comércio intranacional. O resultado obtido foi de coeficiente com sinal positivo, como esperado e, estatisticamente significativo. Com um valor positivo encontrado para o coeficiente, entende-se que os estados com renda diferente comercializam mais uns com os outros. Dada a situação em análise, este resultado é o esperado, visto que se analisa a exportação de um país em desenvolvimento para um bloco de países majoritariamente desenvolvidos.

Em se tratando do coeficiente estimado para a variável distância, *Lndist*, assim como sugerido pela teoria, verificou-se impacto negativo sobre o valor das exportações. Este sinal é esperado, visto que a distância gera um fator complicador ao comércio quanto maior a distância entre os parceiros comerciais, maiores custos de transporte e maiores os preços dos produtos comercializados.

A taxa de câmbio apresentou uma relação negativa com a exportação. Contudo, este coeficiente não é estatisticamente significativo. Na literatura econômica, a volatilidade da taxa de câmbio não possui um consenso acerca do seu sinal e magnitude sobre os fluxos de comércio.

Tradicionalmente, a teoria do comércio internacional sugere que a volatilidade da taxa de câmbio deprimiria o comércio, pois os exportadores veem a volatilidade como um aumento da incerteza dos resultados em operações internacionais sob a hipótese de aversão ao risco.

As emissões de CO₂ da produção de soja brasileira apresentaram uma relação positiva com o volume das exportações. Este sinal de certa forma é esperado uma vez que se pode considerar uma relação de causalidade entre as variáveis. Mais emissões representam um maior volume de produção para exportação, bem como, uma maior produção gera um volume maior de exportações.

Quanto a ideia da Curva Ambiental de Kuznets (CKA), os resultados encontrados para os coeficientes de degradação ambiental indicam que ainda não se atingiu tal nível. A CKA propõe que a degradação ambiental se expande com o crescimento econômico até que, ao atingir um dado nível renda per capita, a qualidade dos indicadores ambientais evolui, o que propicia uma curva em forma de “U-invertido” para relação produto/emissões (GROSSMAN E KRUEGER, 1991). Desse modo, com um coeficiente positivo, conclui-se que a relação entre a exportação brasileira de soja e a degradação ambiental ainda não atingiu seu ponto máximo.

A última variável dependente em questão, as emissões de CO₂ do bloco europeu obteve um coeficiente negativo. Este resultado indica uma relação inversa entre as emissões europeias e a exportação de soja do Brasil para o bloco. Ou seja, menor a degradação ambiental no território, maior as importações da *commodity* brasileira. Este resultado ao encontro da literatura, visto que países desenvolvidos possuem políticas ambientais mais rígidas e costumam importar produtos agrícolas oriundos de países em desenvolvimento, onde as políticas ambientais são mais brandas.

Diversos estudos acerca do tema foram apresentados na revisão bibliográfica. No estudo de Dinda (2005), o autor afirmou que havia diversos empecilhos para que os países não industrializados alcançassem o nível de renda per capita necessário para se chegar ao nível sugerido pela CKA. Esta conclusão se confirma neste estudo, onde as emissões ainda possuem influência positiva na produção.

O estudo de Folfas et al. (2011), o qual também aplicou o modelo gravitacional, relacionando os fluxos comerciais com emissão de CO₂, apresenta conclusões interessantes. Os autores propõem que diferentes padrões de proteção ambiental podem ser vistos como um obstáculo para o comércio internacional, favorecendo produtores que não precisam arcar com custos de adaptação a padrões ambientais mais altos, incluindo normas mais rigorosas de emissões de gases do efeito estufa. O que no caso, propicia a produção em países com legislação ambiental mais branda. Como no presente estudo, os autores observaram um fluxo de comércio maior em produtos primários com maiores emissões de CO₂.

Referente a influência positiva do produto do país importador sobre as exportações, esses resultados encontrados corroboram aqueles obtidos por Bilici (2016). Ou seja, incrementos na renda do país parceiro afetaram positivamente o valor das exportações em todos os quantis. Influência esta esperada, uma vez que uma maior renda possibilita um maior poder aquisitivo e conseqüentemente, maior volume de importações.

Trazendo a discussão para o contexto brasileiro, Castro et al. (2018) buscaram mostrar os determinantes das emissões de CO₂ no Brasil para o período 1971-2011. Para tal, os autores buscaram estabelecer relações de longo prazo entre PIB e degradação ambiental, com base na CKA. Os autores concluíram que a relação entre crescimento econômico e poluição ambiental no Brasil possui o formato de um “N”, podendo ter relação em alguma medida com a teoria da CKA. As conclusões divergentes deste estudo podem ser justificadas pela diferença do período de análise, o qual foi de maior abrangência no estudo dos autores.

Em 2019, Yao et al. (2019) aplicaram modelo gravitacional a fim de analisar os Acordos de Livre Comércio (ALC) e o meio-ambiente para um desenvolvimento sustentável. Os autores examinaram o impacto dos ALCs nas emissões bilaterais de carbono dentro do

modelo gravitacional. Os resultados foram divergentes para os diferentes grupos de países. Os efeitos dos ALCs na poluição bilateral de CO₂ implicam que os países de baixa renda tenham um efeito poluidor maior. Ou seja, na mesma perspectiva de outras literaturas e o que também aponta este estudo, a poluição em país de menor renda tende a ser maior.

Para finalizar o trabalho, são expostas as conclusões. Tais conclusões se deram a partir da literatura especializada apresentada ao decorrer do trabalho, além de, contemplar algumas especificidades devido a temática e metodologia abordadas.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou, através do Modelo Gravitacional, identificar os impactos no meio ambiente de um maior fluxo de exportação de soja do Brasil para a UE, no período de 1997-2017. Em 2018, as exportações da *commodity* representaram 17% do valor total movimentado pelas exportações brasileiras, o que ressalta a importância do grão para a economia brasileira. Já os fluxos comerciais entre o Brasil e o bloco europeu são históricos, sendo o segundo maior destino da exportação da soja brasileira.

No estudo confirmou-se a premissa básica da equação gravitacional do comércio bilateral, segundo a qual os fluxos de comércio reagem positivamente a um conjunto limitado das variáveis econômicas, como os tamanhos dos mercados (PIB) e, negativamente à distância entre as duas regiões econômicas. Ao considerar-se a emissão de poluentes, os coeficientes encontrados também se justificam, dado ao fato de que as emissões de CO₂ do Brasil apresentam relação positiva com a exportação da soja brasileira. Já as emissões por parte da UE apresentaram relação inversa às exportações. Ou seja, com maior importação por parte da comunidade europeia, conseqüentemente tem-se uma menor emissão de gases poluentes em seu território. Para Folfas (2011), não há dúvidas de que o problema do vazamento de carbono está intimamente relacionado ao comércio internacional.

Assim sendo, a partir destes resultados, sugere-se que a os fluxos de exportação da soja brasileira para a UE dependem de fatores como o tamanho das economias em questão e o índice de similaridade dos produtos. Além de, a distância geográfica e as emissões de CO₂, tanto do Brasil como da UE, terem influência significativa sobre as exportações. Neste sentido, um sistema nacional de fiscalização e maior controle ambiental acerca das emissões geradas pela produção agrícola são interessantes. Contudo, políticas ambientais devem ser pensadas no bem-estar geral, promotoras da conscientização e incentivadoras de melhorias que diminuam os impactos ambientais. Ou seja, políticas e medidas governamentais que não ocasionem efeitos repressivos na cadeia produtiva da *commodity*, visto que se trata de um importante produto para a economia brasileira, mas que protejam o meio ambiente e diminua a emissão de carbono.

A sustentação das hipóteses confirmadas nesse estudo pode exigir estudos mais detalhados acerca do tema, com uma maior inclusão de variáveis. Contudo, a partir deste trabalho tem-se indicativos de que, uma maior produção agrícola em território brasileiro e um maior fluxo comercial tende a ocasionar uma maior emissão de gases poluentes e conseqüentemente, maiores danos ambientais.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luciana Togeiro de. et al. Comércio e meio ambiente: evidências do setor agroexportador brasileiro. In: MAY, Peter (Org.). **Economia do meio ambiente: Teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ANDERSON, J. E.; WINCOOP, E. V. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. **American Economic Review**, v. 93, n.01, p.170-192, 2003.

ANDRADE, Daniel C. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de Economia Política**, Campinas, (14): 1-31, ago.-dez. 2008.

AROURI, M.H.; BEN YOUSSEF, A.; M'HENNI, H.; RAULT, C. Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Middle East and North African countries. **Energy Policy** 45, 342–349. 2012.

ASSOCIAÇÃO, Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE). **Estatísticas**. Disponível em: < <http://abiove.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 18 mar. 2020.

BALISTRERI, Edward J.; BOHRINGER, Christoph; RUTHERFORD, Thomas F. Carbon policy and the structure of global trade. **The World Economy**. 2018;41:194–221. 2018.

BECKERMAN, W. Distance and the Pattern of Inter-European Trade. **The Review of Economics and Statistics**, v.38, n.01, p.31-40, 1956.

BERGSTRAND, Jeffrey H. The gravity equation in the international trade: some microeconomics foundations and empirical evidence. **Review of Economics and Statistics** 71, 20-42. 1985.

BRASIL. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (EMBRAPA)**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/home>> Acesso em: 17 mar. 2020.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Sistema de Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>> Acesso em: 17 mar. 2020.

BRASIL, Ministério da Economia. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, Taxa de câmbio nominal. Disponível em: < <http://ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?serid=38389>>. Acesso em: 02 abr. de 2020.

BRASIL, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). **ComexVis**. Disponível em: < <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

BU, Maoliang; LIN, Chin-Te; ZHANG, Bing. Globalization and climate change: New empirical panel data evidence. **Journal of Economic Surveys** (2016) Vol. 30, No. 3, pp. 577–595. 2016.

CASTRO, Alisson S. de; et al. Condicionantes das Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) no Brasil: Evidências Empíricas de uma Curva no Formato de “N”. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 22, n. 3, p. 1-27. 2018.

CEPII. Distância Geográfica. Disponível em: <<http://www.cepii.fr/CEPII/en/welcome.asp>>. Acesso em: 27 de julho de 2020.

CHENG, I-H.; WALL, H. J. Controlling for Heterogeneity in Gravity Models of Trade and Integration. **The Federal Reserve Bank of ST. Louis**, v. 87, n.01, p.49-63, 2005.

CUNHA, C. A.; SCALCO, P. R. Crescimento econômico brasileiro e emissão de CO₂. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 2, p. 214-230, ago. 2013.

DEARDORFF, A. V. Determinants of Bilateral Trade: Does Gravity Work in a Neoclassical World? **In: FRANKEL, J. A. National Bureau of Economic Research: The Regionalization of the World Economy**, 1998.

DINDA, S. Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. **Ecological Economics**, v. 49, p. 431–455, 2004.

EICHENGREEN, B.; IRWIN, D. The role of history in bilateral trade flows. In: FRANKEL, J. A. (Org.) **The regionalization of the world economy**. The University of Chicago Press, p. 33-62, 1998

ERDEM, Ekrem; NAZLIOGLU, Saban. Gravity Model of Turkish Agricultural Exports to the European Union. **International Trade and Finance Association**, Paper 21, 09p., 2008.

EUR-Lex. **Comércio Externo**. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/external_trade.html?root_default=SUM_1_CODED%3D07&locale=pt>. Acesso em: 02 abr. de 2020.

EUROSTAT, **Database**. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

FOLFAS, Pawel; NYGA-LUKASZEWSKA, Honorata; SLOK-WÓDKOWSKA, Magdalena. International trade in steel and cement industry: gravity model, carbon leakage and border tax adjustments. **European Trade Study Group**. 2011.

FONSECA, L. N.; RIBEIRO, E., P. Preservação Ambiental e Crescimento Econômico no Brasil. In: **Encontro Nacional De Economia**, 32., João Pessoa, Paraíba, 7-10 dez. 2004.

FREITAS, Márcio de C. M. de. A Cultura da Soja no Brasil: O crescimento da Produção Brasileira e o surgimento de uma Nova Fronteira Agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011

GLOBAL, Footprint Network. **Ecological Deficit/Reserve**. Disponível em: <[https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.233366169.646424676.1588086948-374434686.1588086948#/>](https://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.233366169.646424676.1588086948-374434686.1588086948#/). Acesso em: 28 abr. 2020.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 6. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2007.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Environmental impacts of a North American free trade agreement. **National bureau of Economic Research Working Paper**. Cambridge, MA, 1991.

GROSSMAN, G.; KRUEGER, A. Economic Growth and the Environment. **Quarterly Journal of Economics**, v. 110, n. 2, p. 353-377, 1995.

HAIR, Jr., J. H.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C. trad. Adonai Schlup Sant'Ana e Anselmo Chaves Neto. **Análise Multivariada de Dados**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.

HATAB, A. A.; ROMSTAD, E.; HUO, X. Determinants of Egyptian Agricultural Exports: A Gravity Model Approach. **Modern Economic**, v.01, p.134-143, 2010.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K., Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern, **Water Resources Management**, 21(1): 35-48. 2007.

HELPMAN e P. R KRUGMAN, Market Structure of Foreign Trade, Increasing Returns, Imperfect Competition and International Economy, The MIT Press, 1985.

IDSARDI, E. The Determinants of Agricultural Export Growth in South Africa. Contributed **Paper presented at the Joint 3rd African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference**, Cape Town, South Africa, 17p., 2010. Disponível em: <<https://ageconsearch.umn.edu/record/96639/>>. Acesso em: 05 de fev. 2020.

KAHOULI, Bassem; OMRI, Anis. Foreign direct investment, foreign trade and environment: New evidence from simultaneous-equation system of gravity models. **Research in International Business and Finance** 42 (2017) 353-364. 2017.

KIM, Hyun Seok Kim, KOOB, Won W. Koob. Impacts of regulating greenhouse gas emissions on livestock trade flows. **Agricultural Economics** 42 (2011) 679-684. 2011.

KRUGMAN, Paul. Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. **The American Economic Review**, v. 70, n. 5, pp. 950-959. Dezembro, 1980.

KRUGMAN, Paul; OBSTFELD, M. **Economia Internacional: Teoria e Política**. 4ª ed. São Paulo: Makron Books. 2001.

- LINNEMANN, H. An Econometric Study of International Trade Flows. Review by: S. J. PRAIS. **The American Economic Review**, v. 57, n. 01, p. 283-285, Mar., 1967.
- MARTINEZ-ALIER, J. Economia Ecológica. **International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences**. 1996.
- MOREIRA, U. Teorias do Comércio Internacional: um debate sobre a relação entre crescimento econômico e inserção externa. **Revista de Economia Política**, vol.32, n.2 (127), p.213-228, abril-junho/2012
- PADRÃO, et al. Regulação ambiental e comércio internacional: fluxos comerciais de grãos entre o Brasil e a OCDE. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, vol. 23, n. 2, 2015: 421-447, 2015.
- PAO, H.; TSAI, C. Modeling and forecasting the CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. **Energy**, v. 36, n. 5, p. 2450-2458, mai. 2011.
- PEREIRA, Bartolomeu Braz. O potencial da soja e o aumento das exportações. **Revista Campo & Negócios**. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/o-potencial-da-soja-e-o-aumento-das-exportacoes/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- PORTO, Marcelo F; MARTINEZ-ALIER, Joan. Ecologia política, economia ecológica e saúde coletiva: interfaces para a sustentabilidade do desenvolvimento e para a promoção da saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 23 Sup 4: S503-S512, 2007.
- PREBISCH, R. O desenvolvimento econômico da América Latina e seus principais problemas. **Revista Brasileira de Economia**, v.3, n.3, 1949.
- QUEIROZ, Fábio A. de. Meio Ambiente e comércio internacional: Relação Sustentável ou opostos inconciliáveis? Argumentos ambientalistas e pró-comércio do debate. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 251-283, mai./ago. 2009.
- RICARDO, D. (1817) **Princípios de Economia Política e Tributação**. Tradução de P. H. R. Sandroni. São Paulo: Victor Civita, 1982
- SANT'ANA, A. S.; CHAVES NETO, A. **Análise multivariada de dados**. (5a ed.) Porto Alegre: Bookman. 2005.
- SILVA, Karine A. O. da. **Vantagens Comparativas, especialização comercial e recursos naturais em países selecionados (1980-2012)**. Universidade Federal de Uberlândia, 2015.
- THORSTENSEN, Vera et al. **Brasil e União Europeia na OMC: relações econômicas, disputas comerciais, crise financeira e câmbio**. Ministério das Relações Exteriores, 2013. Disponível em: <http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/ficha-pais/5812-uniao-europeia>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- TINBERGEN, J. **Shaping the World Economy- Suggestions for an International Economic Policy**. New York: The Twentieth Century Fund, 1962
- UNITED NATIONS, **Food and Agriculture Organization (FAO)**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 02 abr. 2020.
- WANG, Z.K.; WINTERS, L.A. The trading potential of Eastern Europe. **Journal of Economic Integration**, v.7, n.02, p.113-136, 1992.
- WORLD BANK, **World Development Indicators**. Disponível em: <<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/>>. Acesso em: 02 abr. 2020.
- YAO, Xing et al. Free Trade Agreements and Environment for Sustainable Development: A Gravity Model Analysis. **Sustainability**, 11, 597. 2019.