

CMG PAULO MAX VILLAS DA SILVA
DIOGO FRANCO MAGALHÃES

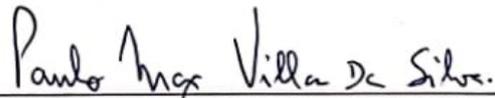
**A ESTRATÉGIA DE DESCARBONIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA
INTERNACIONAL (IMO): BIOCOMBUSTÍVEIS NACIONAIS COMO FONTE
ALTERNATIVA DE ENERGIA NO TRANSPORTE MARÍTIMO**

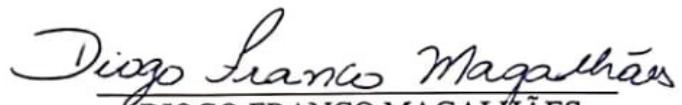
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola Superior de Defesa, como exigência
parcial para obtenção do título de Especialista
em Altos Estudos em Defesa.

Orientador: Cap Esp FAB Carlos Cesar de
Castro Deonísio

Brasília
2022

Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da Escola Superior de Defesa (ESD). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa. Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade dos autores e não expressam qualquer orientação institucional da ESD.


CMG PAULO MAX VILLAS DA SILVA


DIOGO FRANCO MAGALHÃES

**PAULO MAX VILLAS DA SILVA
DIOGO FRANCO MAGALHÃES**

**A ESTRATÉGIA DE DESCARBONIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA
INTERNACIONAL (IMO): BIOCOMBUSTÍVEIS NACIONAIS COMO FONTE
ALTERNATIVA DE ENERGIA NO TRANSPORTE MARÍTIMO**

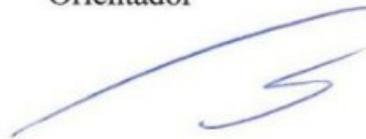
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola Superior de Defesa,
como exigência parcial para obtenção do
título de Especialista em Altos Estudos
em Defesa.

Trabalho de Conclusão de Curso **APROVADO:**

Brasília, DF, 22 de outubro de 2022



CARLOS CESAR DE CASTRO DEONÍSIO – Cap FAB (ESD)
Orientador



PAULO EDUARDO A. S. CÂMARA – Prof. Dr. (UnB)
Membro 1



NEWTON HIRATA – Prof. Dr. (UNIFA)
Membro 2

A estratégia de descarbonização da Organização Marítima Internacional (IMO): biocombustíveis nacionais como fonte alternativa de energia no transporte marítimo

CMG Paulo Max Villas da Silva
Diogo Franco Magalhães

RESUMO

A redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) constitui tema relevante para os diversos setores da atividade econômica, e foi incorporada na atuação de organismos multilaterais, entre eles a Organização Marítima Internacional (IMO), responsável pela regulação do setor marítimo. O Brasil é ator central no debate, entre outros fatores, por sua reconhecida capacidade no desenvolvimento e produção de biocombustíveis. Este artigo se propõe a analisar a aplicação de biocombustíveis nacionais como fonte alternativa de energia no transporte marítimo. Para sua consecução, é apresentado breve histórico da temática ambiental, indutor da Estratégia Inicial de descarbonização da IMO, que exigirá mudanças no transporte marítimo, por parte de seus Estados-Membros. A seguir, são identificadas as capacidades do país na área de biocombustíveis, com destaque para aqueles com potencial de uso no transporte marítimo. Da análise dos resultados da pesquisa, apresentados por meio de matriz SWOT, são propostas medidas para a inserção competitiva dos biocombustíveis nacionais nesse segmento estratégico do comércio mundial. Chega-se à conclusão de que os biocombustíveis nacionais são capazes de contribuir para o atingimento das ambiciosas metas de descarbonização promulgadas pela IMO, cumprindo realçar que a implementação desse processo enfrentará cenários de incertezas, de natureza interna ao Brasil e internacionais.

Palavras-chave: Descarbonização; Transporte Marítimo; Biocombustíveis; Brasil.

The International Maritime Organization (IMO) decarbonization strategy: national biofuels as an alternative energy source in maritime transportation

ABSTRACT

The reduction of greenhouse gas (GHG) emissions is a relevant topic for the various sectors of economic activity and has been incorporated into the work of multilateral organizations, including the International Maritime Organization (IMO), responsible for regulating the maritime sector. Brazil is a central actor in the debate, among other factors, due to its recognized capacity in the development and production of biofuels. This article aims to analyze the application of Brazilian biofuels as an alternative source of energy in maritime transportation. In order to achieve this, a brief history of the environmental theme is presented, inducing the IMO's Initial Decarbonization Strategy, which will require changes in maritime transport by its Member States. Next, the country's capabilities in the area of biofuels are identified, with emphasis on those with potential use in maritime transport. From the analysis of the research results, presented through a SWOT matrix, measures are proposed for the competitive insertion of national biofuels in this strategic segment of world trade. It is concluded that national biofuels are capable of contributing to the achievement of the ambitious decarbonization goals promulgated by the IMO, and it should be noted that the implementation of this process will face uncertain scenarios, both internal to Brazil and internationally.

Keywords: Decarbonization; Maritime Transport; Biofuels; Brazil.

1 INTRODUÇÃO

A influência das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), em especial o dióxido de carbono¹ (CO₂), sobre as mudanças climáticas e seus efeitos no meio ambiente, tema de crescente relevância da agenda internacional na atualidade, atesta a necessidade de que a sociedade global intensifique os esforços para a promoção da descarbonização² dos diversos setores da atividade humana.

Em função da importância estratégica que exerce nas relações comerciais e, portanto, na economia mundial, o transporte marítimo internacional foi um dos segmentos incluídos nos debates sobre redução da intensidade de carbono na atmosfera, promovidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) e suas agências especializadas.

Os combustíveis utilizados nos navios mercantes são predominantemente fósseis, derivados de hidrocarbonetos. Projeções indicam que os índices de emissões de GEE do setor marítimo observados no presente deverão aumentar ao longo deste século, caso não haja a adoção de medidas restritivas para seu combate.

Por se tratar de atividade internacional, o transporte marítimo é regulado pela Organização Marítima Internacional³ (*International Maritime Organization* – IMO, na sigla em inglês), que vem, ao longo dos últimos anos, promovendo ações para descarbonizar o setor, em alinhamento com as políticas globais de desenvolvimento sustentável. Foi nesse contexto que, em 2018, aquela instituição promulgou sua Estratégia Inicial de descarbonização, estabelecendo medidas de curto, médio e longo prazos para reduzir a intensidade de carbono por unidade transportada por meio marítimo e as emissões totais de GEE.

As opções para a implementação desse processo são diversas e incluem, entre outras, intervenções tecnológicas e inovações voltadas para a melhoria da eficiência energética e operacional dos meios marítimos. Contudo, especialistas apontam que, para o atingimento das ambiciosas metas de descarbonização definidas pela IMO, deverá haver, obrigatoriamente, a substituição dos combustíveis fósseis dos navios por fontes alternativas de energia.

1 Dióxido de Carbono é o mais importante componente dos gases de efeito estufa emitidos pelo transporte marítimo. Os benefícios potenciais da redução das emissões dos demais gases são pequenos quando comparados com o CO₂ (IMO, 2009).

2 É a busca pela redução e, a longo prazo, eliminação da emissão de gases de efeito estufa, especialmente o gás carbônico, gerados na queima de combustíveis fósseis. Isso é possível quando há mudanças para substituir matrizes poluentes por tecnologias mais eficientes e energias renováveis. Disponível em <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/descarbonizacao-da-economia/>.

3 A IMO é uma agência especializada das Nações Unidas, responsável pela segurança do transporte marítimo e pela prevenção da poluição marinha e atmosférica por navios. Sua principal função é criar uma estrutura regulatória, por meio da definição de padrões para a segurança, proteção e desempenho ambiental do transporte marítimo internacional, que seja justa e eficaz, adotada e implementada universalmente (IMO, 2022).

As tensões geopolíticas, o decréscimo da disponibilidade e o aumento dos preços dos combustíveis fósseis, as pressões para que o setor marítimo diminua seu impacto ambiental, a perspectiva de incremento do comércio marítimo internacional e as metas rigorosas de redução de GEE estabelecidas pela IMO ocasionarão a busca pelo desenvolvimento e produção de novos combustíveis marítimos pelos Estados-Membros.

Com fundamentação nesses enunciados, é imperioso que o Brasil esteja preparado para as transformações que se afiguram no transporte marítimo, definindo, em função dos interesses nacionais e de suas capacidades e potencialidades, diretrizes para a criação de uma estratégia de emprego de combustíveis marítimos sustentáveis, com o propósito de orientar as negociações da representação do país nas discussões da IMO.

O Brasil dispõe de farta dotação de recursos naturais, como terras férteis, água e incidência de luz solar. Além de ser um dos maiores produtores agrícolas do mundo, destaca-se pelo potencial de geração de resíduos de biomassa e por sua trajetória de desenvolvimento na área de biocombustíveis. Tomadas em conjunto, essas características e capacidades credenciam o país para produzir biocombustíveis líquidos para uso no setor de transportes, inclusive para o modal marítimo.

Chega-se, assim, à seguinte pergunta: Os biocombustíveis nacionais podem contribuir para o atingimento das metas de descarbonização estabelecidas na Estratégia Inicial da IMO?

Este trabalho, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, concentrada em trabalhos publicados a partir de 2018, ano de lançamento da Estratégia Inicial, e utilizando o arcabouço regulatório da IMO e autores de referência como fontes primárias, tem o propósito de analisar a estratégia de descarbonização promulgada por aquela agência especializada da ONU e a contribuição do uso de biocombustíveis nacionais como fonte alternativa de energia no transporte marítimo.

Ademais, quanto aos objetivos específicos, pretende-se analisar a matriz energética brasileira, em especial o setor de biocombustíveis, com a identificação daqueles aptos para serem empregados no setor marítimo e dos principais fatores de força, fraquezas, oportunidades e ameaças que emergem desse tema para o Brasil.

O assunto reveste-se de especial significância por contribuir para a compreensão da capacidade do país de adotar recursos naturais para a produção de biocombustíveis, aumentar a sustentabilidade da matriz energética nacional, e impulsioná-lo para atender seus compromissos internacionais, convergindo os esforços para a mitigação das emissões de carbono no setor marítimo. Em segundo plano, pode gerar ensinamentos e subsidiar a elaboração de pesquisas correlatas, que contribuam para o desenvolvimento de uma estratégia nacional para o desen-

volvimento e produção, em larga escala e de forma sustentável, de combustíveis marítimos alternativos.

Quanto à estrutura, este artigo é constituído, além desta introdução, pela sessão 2, na qual são apresentadas considerações sobre o transporte marítimo internacional, identificados os principais antecedentes históricos de regulações ambientais e detalhadas as metas da estratégia inicial de descarbonização da IMO para o transporte marítimo internacional. Na sessão 3, são apresentadas as principais características da matriz energética brasileira e um comparativo internacional quanto à composição dessa matriz e das emissões de GEE, além de se debater o setor de biocombustíveis no Brasil, em especial aqueles com potencial de aplicação no setor marítimo. Na sessão 4, a partir da aplicação da matriz SWOT, são identificados os principais fatores de força, fraquezas, oportunidades e ameaças para a utilização de biocombustíveis no transporte marítimo e iniciativas para a sua implementação. O trabalho é encerrado com as considerações finais a respeito do tema proposto.

2 O TRANSPORTE MARÍTIMO INTERNACIONAL E A TEMÁTICA DA DESCARBONIZAÇÃO

O emprego de biocombustíveis no transporte marítimo internacional, como alternativa para o atingimento das metas estabelecidas pela IMO em sua Estratégia Inicial de descarbonização, é mais bem compreendido quando levamos em consideração as principais peculiaridades e especificidades do setor de navegação e relevantes antecedentes históricos relacionados à temática de combate às emissões de GEE.

2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE MARÍTIMO INTERNACIONAL

O transporte marítimo internacional requer regulamentações globais para funcionar. Com efeito, a navegação é a mais internacional de todas as atividades do mundo, dada a diversidade de interesses nacionais envolvidos no projeto, construção, propriedade, operação e tripulação de um navio mercante oceânico, além dos aspectos financeiros, seguros e propriedade da carga (IMO, 2009).

A maioria dos navios passa a vida útil transitando entre diferentes continentes e jurisdições legais, na maior parte do tempo longe do país de seu registro, transportando matérias-primas, bens e produtos que sustentam a economia global (IMO, 2009). Para consubstanciar essa afirmação, pelos oceanos circulam mais de 80% do volume e de 70% do

valor do comércio mundial de mercadorias (IMO, 2020; UNCTAD, 2019). O setor marítimo internacional apresenta mais de 85.000 navios registrados, divididos em pequenos, médios e grandes navios (IEA, 2017).

Estudos indicam que o navio mercante é mais eficiente em carbono do que o avião, o caminhão ou o trem, uma vez que produz menos dióxido de carbono por tonelada/km em relação a esses outros modais, sendo responsável por cerca de 3% das emissões anuais globais de CO₂ (IMO, 2020). No entanto, apesar desses dados e dos continuados esforços voltados para a melhoria da eficiência energética da frota global, as emissões de GEE da atividade marítima passaram de 2,76%, em 2012, para 2,89%, em 2018, um aumento de cerca de 10% (IMO, 2020), indicando que o setor caminha em sentido contrário à imperiosa necessidade de descarbonização.

A análise das emissões de CO₂ provenientes do transporte marítimo internacional mostrou que os índices podem aumentar entre 50% e 250% até 2050, dependendo do crescimento econômico e da evolução energética (IMO, 2014). Essas previsões foram confirmadas por pesquisas mais recentes que enfatizam a magnitude das emissões de CO₂ provenientes do transporte marítimo internacional, em caso de ausência de medidas políticas e metas ambiciosas de redução de gases de efeito estufa (IEA, 2017).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019), os combustíveis marítimos podem ser classificados em dois tipos principais: o *Bunker (Intermediate Fuel Oil - IFO)* ou Óleo Combustível Marítimo (OCM); e o *Marine Gas Oil (MGO)* ou Diesel Marítimo. Atualmente, esses combustíveis fósseis são os prevalentes na operação marítima, responsáveis por, aproximadamente, 95% da demanda de energia do setor em 2018 (IMO, 2020).

Em escala global, espera-se que a demanda de combustíveis marítimos se mantenha em ritmo de crescimento. Nesse sentido, a Det Norske Veritas⁴ (DNV, 2019) projeta um cenário em que a carga transportada pelo modo marítimo crescerá, em toneladas/milha, 28% entre 2019 e 2035.

É relevante mencionar, ainda, que, de acordo com a União Europeia (*European Union - E.U*, na sigla em inglês), os custos com combustível representam entre 60 e 70% dos gastos operacionais dos navios (E.U, 2019).

⁴ Sociedade de classificação e reconhecido consultor para a indústria marítima. A DNV fornece testes, certificação e serviços de consultoria técnica para a cadeia de valor de energia, incluindo as renováveis, petróleo e gás, e seu gerenciamento. Disponível em: <https://www.dnv.com/about/index.html>.

2.2 A TEMÁTICA DA DESCARBONIZAÇÃO

Nesta subseção serão apresentados aspectos essenciais a respeito da temática da descarbonização, em especial no que se refere ao setor marítimo. Em primeiro lugar, serão abordados antecedentes históricos que induziram a Estratégia Inicial da IMO. Na sequência, tratar-se-á da atuação da IMO no processo de descarbonização e da estratégia inicial adotada por aquela entidade para o enfrentamento ao tema.

2.2.1. Principais antecedentes históricos indutores da Estratégia Inicial da IMO

A temática da preservação do meio ambiente vem tendo maior relevância na agenda internacional desde o início da década de 1990, em especial a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento⁵ (1992), evento que ficou conhecido como Eco-92 ou Rio-92.

As diretrizes formuladas na Eco-92 constituíram o alicerce para a elaboração da Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (*United Nations Framework Convention on Climate Change* – UNFCCC, na sigla em inglês), que entrou em vigor em maio de 1994. Hoje, 197 países fazem parte da UNFCCC, cujo objetivo principal é a “estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que previna interferência antropogênica perigosa no sistema climático”⁶ (ONU, 1992, p. 9, tradução nossa).

A UNFCCC (2022a) estabelece que a Conferência das Partes (COP), organizada anualmente desde 1995 pela ONU, é o colegiado superior de decisão no que concerne à mudança climática e dela emanam as orientações e metas aos Estados-Membros⁷.

O Protocolo de Kyoto, adotado em dezembro de 1997, constituiu passo importante na luta contra as mudanças climáticas. Esse dispositivo operacionalizou a UNFCCC, comprometendo os países industrializados e as economias em transição a limitar e reduzir as

5 Delegações de 175 países, entre chefes de estado e ministros, se reuniram para definir medidas para enfrentar os problemas crescentes da emissão de gases causadores do efeito estufa. Movimentos sociais, sociedade civil e iniciativa privada também compareceram ao evento, todos com o objetivo de propor um novo modelo de desenvolvimento econômico que se alinhasse à proteção da biodiversidade e ao uso sustentável dos recursos naturais (IPEA, 2009). Disponível em https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2303:catid=28&Itemid.

6 “*The ultimate objective of this Convention and any related legal instruments that the Conference of the Parties may adopt is to achieve, in accordance with the relevant provisions of the Convention, stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.*” (ONU, 1992, p. 9)

7 Disponível em: <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>.

emissões de GEE, de acordo com metas individuais acordadas. Presentemente, 172 países compõem o Protocolo (UNFCCC, 2022c).

A COP 21, realizada em Paris, França, em 2015, que contou com a participação de 176 países, estabeleceu, por meio do Acordo de Paris, que o aumento máximo da temperatura média na Terra deveria ser de 2°C em relação aos níveis pré-industriais e, para a consecução desse objetivo, convencionou-se que as emissões de GEE deveriam atingir níveis compatíveis com a estabilização climática até a metade do século XXI (UNFCCC, 2022b).

Em setembro de 2015, a ONU adotou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que inclui 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), abordando desafios globais a serem enfrentados pela sociedade humana. As iniciativas de descarbonização realizadas em vários países estão intimamente associadas à ação climática citada no ODS 13⁸.

As ações, metas e objetivos supracitados, estabelecidos em fóruns internacionais, com o aval da grande maioria dos países, retratam a imperiosa necessidade de adoção de medidas inovadoras e transformadoras capazes de direcionar o mundo para um caminho sustentável e resiliente.

Em sintonia com essa temática, o Brasil, na COP 26, realizada em novembro de 2021, anunciou um plano com o objetivo de reduzir em 50% as emissões de carbono até 2030, e atingir emissões zero em 2050 (IEA, 2022).

2.2.2 A atuação da IMO no processo de descarbonização

As ações da comunidade internacional nos assuntos relacionados ao meio ambiente e, em especial, às mudanças climáticas, incluem a atuação da IMO, agência especializada da ONU, que se integrou aos esforços de promoção da descarbonização e vem promulgando, ao longo dos últimos anos, medidas para regular a poluição atmosférica gerada por navios.

Fruto das discussões e tratativas acordadas no Protocolo de Kyoto, a IMO, assumindo a liderança do tema em relação ao setor marítimo internacional, estabeleceu, em 1997, regulamentos para a prevenção da poluição do ar causada por navios. Seu Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marinho (*Marine Environment Protection Committee – MEPC*⁹, na sigla

8 Ação contra a mudança global do clima: Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>.

9 O Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho (MEPC) lida com questões ambientais no âmbito da IMO, especialmente aquelas incluídas na Convenção MARPOL. Trata do controle e prevenção da poluição causada por navios, incluindo hidrocarbonetos, produtos químicos, esgoto, lixo, poluição atmosférica e emissões de GEE. Disponível em: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-default.aspx>.

em inglês) passou a conduzir estudos, em cooperação com a UNFCCC, com o objetivo de estabelecer a quantidade e a porcentagem relativa de CO₂ dos navios como parte do inventário global de emissões de GEE (IMO, 2022).

Estudos sobre emissões de navios foram publicados em 2000, 2009, 2014 e 2020, sendo conhecidos como Primeiro, Segundo, Terceiro e Quarto Estudos da IMO sobre GEE (IMO, 2022). Cada um desses trabalhos é reconhecido internacionalmente pelas suas relevantes contribuições para a compreensão dos efeitos das emissões de GEE por navios e para o aperfeiçoamento das metodologias empregadas para mitigá-los.

É necessário realçar, ainda, que, desde 2011, a IMO vem implementando uma série de medidas regulatórias de eficiência energética para todos os navios reduzirem, globalmente, as emissões de gases através de programas como o Índice de Projeto de Eficiência Energética (*Energy Efficiency Design Index Standards* – EEDI¹⁰, na sigla em inglês) e o Plano de Gestão de Eficiência Energética de Navios (*Ship Energy Efficiency Management Plan* – SEEMP¹¹, na sigla em inglês).

Cumprir sublinhar que as medidas estabelecidas pela IMO, a partir do momento que passam a vigorar, independente da aceitação ou internalização pelos seus Estados-Membros, ganham alcance global, devendo ser cumpridas pelas empresas de navegação e demais *stakeholders* do setor marítimo, para que não haja impedimentos ou restrições às operações de seus navios.

2.2.3 A Estratégia Inicial de descarbonização da IMO

Como visto no item anterior, a contribuição da IMO para a redução das emissões de gases de efeito estufa não é nova. Dentro desse contexto, em abril de 2018, em consonância com as diretrizes formuladas no Acordo de Paris, marco significativo para chamar a atenção do planeta para a imperiosa necessidade de formulação de políticas climáticas globais, o MEPC da

10 O EEDI é expresso por fórmula matemática que representa a medida de eficiência de CO₂ para navios novos e envolve, como parâmetros, o peso da embarcação e o desenvolvimento de equipamentos da propulsão e de máquinas auxiliares. O propósito deste índice é o de estimular o desenvolvimento tecnológico e de inovação para todos os elementos que influenciam a eficiência energética do meio, durante a fase de projeto de todas as categorias e propulsões de navios mercantes. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>.

11 O SEEMP é um plano que estabelece um processo cíclico dividido em 4 fases de execução: planejamento, implementação, monitoramento e autoavaliação. O seu propósito visa auxiliar os armadores e empresas de navegação no gerenciamento ambiental de seus navios, buscando a otimização do emprego operacional destes meios de transporte. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>.

IMO estabeleceu a estratégia inicial para redução das emissões de GEE do transporte marítimo internacional.

Em termos amplos, foram definidas metas para que a navegação em alto mar reduza a intensidade de carbono por carga útil transportada em pelo menos 40% até 2030, com contínuos esforços para alcançar 70% até 2050, em comparação aos níveis observados em 2008. Em adição, aquela organização estabelece que o total anual de emissões de GEE do modal aquaviário deva ser diminuído em pelo menos 50% até 2050, também quando comparado com o ano base de 2008, com o atingimento da neutralidade em carbono tão logo que possível, ainda neste século (IMO, 2018). A revisão dessa ambiciosa estratégia, incluindo a proposição de acordos, ações, objetivos e planos para sua implementação está prevista para 2023 (IMO, 2018).

A IMO almeja alcançar os diferentes estágios do processo de descarbonização instituído por meio de medidas de eficiência energética já existentes e, sobretudo, por novos recursos, procedimentos e tecnologias aplicáveis no curto (2018-2023), médio (2023-2030) e longo prazos (além de 2030).

Por meio de minuciosa leitura da bibliografia referente ao tema, é possível constatar que a maioria das medidas de curto e médio prazos, a serem adotadas até 2030, objetivam reduzir os níveis de carbono utilizando tecnologia e recursos disponíveis nos dias de hoje (IMO, 2018). Nesse sentido, especialistas apontam procedimentos operacionais de eficiência energética, como redução de velocidade, aperfeiçoamentos no sistema de propulsão, manutenção de cascos e hélices, alterações de rotas de navegação em função de condições climáticas adversas, reaproveitamento do calor gerado a bordo, ajustes no calado e no trim, regulagens no piloto automático, além da melhoria no projeto de navios e motores, e redução do consumo de combustíveis fósseis, como principais medidas de curto prazo (HOLSVIK; WILLIKSEN, 2020)

As medidas de longo prazo exigem a busca pelo desenvolvimento e provisão de combustíveis alternativos livres de carbono, de modo que a descarbonização venha a ser alcançada na segunda metade do século XXI (IMO, 2018).

Todas essas medidas ainda estão em fase inicial de discussão. A IMO estimula que os Estados-Membros apresentem propostas concretas ao MEPC, órgão decisório que institui Grupos de Trabalho de Redução das Emissões de GEE dos Navios (IMO, 2018), com o propósito de criar um marco regulatório estável, de longo prazo, que oriente proprietários de navios, operadores do setor marítimo, financiadores e fornecedores de combustíveis para inves-

tir no desenvolvimento de tecnologias capazes de contribuir para a mitigação ou eliminação de gases poluentes.

Como acontece em outros campos da atividade humana, não há uma única solução ou bala de prata para o processo de descarbonização. Muitos fatores podem catalisar a ação do setor marítimo para operações mais conscientes e sustentáveis do meio ambiente, incluindo a promulgação de grandes protocolos internacionais, a aplicação de políticas e regulamentos governamentais, pesquisa e inovação em novas tecnologias e combustíveis, entre outros.

Os resultados do 4º Estudo da IMO (IMO, 2020) indicam que será muito difícil alcançar a ambição de redução de GEE da IMO em 2050 tão somente por meio de tecnologias de economia de energia e redução da velocidade dos navios, e que uma grande parte da quantidade total de redução de CO₂ deverá ser proveniente da utilização de combustíveis alternativos com baixo teor de carbono.

Além da eletrificação e da utilização de energia eólica, solar e nuclear, a amônia, o hidrogênio, o gás natural liquefeito (GNL), o gás liquefeito de petróleo (GLP), o metanol e os biocombustíveis são apontados pela comunidade internacional como soluções que permitirão o transporte marítimo de carbono zero (SANTOS; SILVA & SERRANO, 2022).

3 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E COMPARATIVO INTERNACIONAL QUANTO À COMPOSIÇÃO DA MATRIZ E EMISSÕES DE GEE

A fim de avançar com a discussão sobre o tema, faz-se necessária uma avaliação a respeito da inserção brasileira na agenda sobre a descarbonização. A abordagem aqui proposta passa pela avaliação da matriz energética brasileira e por um comparativo em nível internacional, que servirão de base para a avaliação da posição brasileira para a inserção de seus biocombustíveis como fonte de energia para o transporte marítimo.

3.1 COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA SEGUNDO FONTES RENOVÁVEIS E NÃO-RENOVÁVEIS

Nesta seção, apresentaremos características da matriz energética brasileira e uma breve comparação com indicadores internacionais, a fim de posicionar adequadamente como ocorre a inserção do Brasil no debate sobre transição energética e, em específico, na aplicação dos biocombustíveis como alternativa de menor intensidade em GEE.

A composição da oferta energética brasileira entre 2019 e 2021 é apresentada a seguir:

Tabela 1 – Oferta Interna de Energia – 2019 a 2021 – Brasil – Mtep (Milhões de toneladas equivalentes de petróleo)

<i>Fonte (Mtep)</i>	2019	%	2020	%	2021	%
RENOVÁVEIS	136,5	46,3	140	48,5	134,9	44,7
Biomassa da cana	52,8	17,9	54,9	19,0	49,4	16,4
Energia hidráulica ¹	36,4	12,3	36,2	12,5	33,2	11,0
Lenha e carvão vegetal	25,7	8,7	25,7	8,9	26,1	8,7
Eólica	4,8	1,6	4,9	1,7	6,2	2,1
Solar ²	1,4	0,5	1,8	0,6	2,4	0,8
Outras renováveis	15,3	5,2	16,4	5,7	17,6	5,8
NÃO RENOVÁVEIS	158,3	53,7	148,5	51,5	166,6	55,3
Petróleo e derivados	100,9	34,2	95,2	33,0	103,6	34,4
Gás natural	35,9	12,2	33,8	11,7	40,2	13,3
Carvão mineral	15,4	5,2	14	4,9	17	5,6
Urânio (U ₃ O ₈)	4,3	1,5	3,7	1,3	3,9	1,3
Outras não renováveis	1,8	0,6	1,7	0,6	1,8	0,6
Total	294,8	100,0	288,5	100,0	301,5	100,0

¹ Inclui importação de eletricidade

² Inclui Solar fotovoltaica e solar térmica

Fonte: EPE (2022a)

Conforme se pode observar na tabela 1, no período analisado, a matriz energética brasileira foi composta majoritariamente por Fontes Não-Renováveis, com participação de 55,3% em 2021. Destacam-se, entre elas, as relacionadas ao Petróleo e seus derivados (34,4%) e o Gás Natural (13,3%), que somados responderam por 47,7% de toda a oferta de energia brasileira em 2021. Por outro lado, em 2021, 44,7% da oferta de energia brasileira foi proveniente de fontes renováveis, em especial da biomassa de cana (16,4%).

3.2 COMPARATIVO INTERNACIONAL QUANTO À COMPOSIÇÃO DA MATRIZ E EMISSÕES DE GEE

Em termos internacionais, de acordo com dados do Banco Mundial, o Brasil foi, em 2019, o sexto maior emissor de GEE.

Tabela 2 – 10 maiores emissores de GEE – toneladas de CO2 equivalente – 2019

Posição	País	Emissão
1	China	12.705.090
2	Estados Unidos	6.001.210
3	Índia	3.394.870
4	Rússia	2.476.840
5	Japão	1.166.510
6	Brasil	1.057.260
7	Indonésia	1.002.370
8	Irã	894
9	Alemanha	750
10	Canadá	737

Fonte: Banco Mundial (2022)

Não obstante a posição de destaque do Brasil no ranking de países emissores e também o fato de que a matriz energética brasileira seja composta em sua maior parte de fontes não-renováveis, conforme observa KORZENIEWICZ (2021, p.20), há que se considerar que o Brasil possui participação de fontes renováveis em sua matriz energética muito superior à média mundial¹².

Segundo dados da EPE (2022a), enquanto a participação das fontes renováveis de energia no total da oferta foi de 44,7% no Brasil em 2021, os dados internacionais mais recentes, obtidos da Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency – IEA*, na sigla em inglês), mostram que a média mundial era de 14,1% e a dos países-membros da OCDE de 11,5%.

Além disso, outras duas importantes medidas que visam avaliar o impacto nas emissões de GEE originários da atividade econômica em diferentes países vêm a ser o nível de emissões *per capita* e a intensidade de carbono de cada uma dessas economias.

O primeiro indicador divide a quantidade de emissões medidas em toneladas equivalentes de dióxido de carbono pela população e, portanto, relativiza o total de emissões, sobretudo para aqueles países ou regiões populosos. Por sua vez, a intensidade de carbono relaciona as emissões de CO₂ ao Produto Interno Bruto, medido em dólares em Paridade de Poder de Compra (PPP), dos diferentes países e regiões, possibilitando assim ter uma medida da eficiência de cada uma dessas economias no que concerne às emissões de GEE.

Apresentados esses indicadores, EPE (2022a, p. 9) informa que:

Em termos de emissões por habitante, cada brasileiro, produzindo e consumindo energia em 2021, emitiu, em média, 1,9t CO₂ equivalente, ou seja, o equivalente a

¹² Observação compartilhada por SANTOS, RODRIGUES & CARNIELLO (2021, p. 22), embora estes autores critiquem o aumento da participação de fontes não-renováveis entre 1990 e 2017, período por eles estudado.

13% de um americano, 32% de um cidadão da União Europeia e 27% chinês, de acordo com os últimos dados divulgados pela Agência Internacional de Energia (IEA em inglês) para o ano de 2019. A intensidade de carbono na economia [brasileira] foi de 0,14 kg CO₂/US\$ppp (2010). Ainda com base nos dados da IEA de 2019, a intensidade de carbono na economia brasileira equivale a 32% da economia chinesa, 57% da economia americana e 95% da economia da União Europeia.

Os dados acima lastreiam o posicionamento do Brasil como país central no debate a respeito da matriz energética mundial e dos mecanismos capazes de contribuir para a mitigação das emissões de GEE.

4 TRANSPORTE E BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

Nesta seção será avaliada a demanda energética do setor de transporte no Brasil e a inserção dos biocombustíveis nacionais, em especial no que tange ao seu nível de utilização atual e à capacidade brasileira de oferecer alternativas economicamente viáveis e sustentáveis para o setor marítimo global.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA DEMANDA ENERGÉTICA DO SETOR DE TRANSPORTES NO BRASIL

Anteriormente apresentamos a matriz energética brasileira sob a ótica da oferta. Nesse momento, passaremos a avaliar a demanda de energia por setores, com o intuito de identificar as características da demanda do setor de transportes no Brasil.

Em 2021, a EPE (2022a) indica que o setor de transportes foi responsável por 32,5% da demanda por energia brasileira, seguida pela indústria com 32,3%, residências com 10,9%, setor energético com 9,5%, agropecuária 5,0%, serviços com 4,8% e, por fim, usos não-energéticos¹³ com 5,1%.

Se analisado isoladamente, o setor de transportes consumiu 85,1 Mtep em 2021, comparado a 79,4 Mtep em 2020, um aumento de 7,3%. A tabela 3 apresenta as principais fontes energéticas utilizadas pelo setor.

13 Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2022b), usos não-energéticos se referem “a consumo de derivados de petróleo para outros fins que não a queima, como a produção de asfalto, solventes para tintas, além de lubrificantes, graxas e parafinas, utilizados em maquinário industrial. Também considera o gás natural utilizado na produção de fertilizantes para a agricultura.”

Tabela 3 – Fontes de energia do setor de transportes no Brasil – 2021 – Total em Mtep e Participação Percentual

Fonte	Mtep	%
Óleo Diesel	38,4	45,1
Biodiesel	4,4	5,2
Gasolina	22,1	26,0
Etanol	14,8	17,4
Querosene de aviação	2,6	3,0
Gás natural	1,9	2,2
Outras	0,9	1,1
Total	85,1	100,0

Fonte: EPE (2022)

O óleo diesel (45,1% de participação na oferta) e a gasolina (26,0%), enquanto fontes não-renováveis, respondem, em conjunto, por 71,1% da oferta de energia para o setor de transportes brasileiro. Por sua vez, o etanol e o biodiesel respondem por, respectivamente, 17,4% e 5,2%. Somadas a outras fontes renováveis, como o uso de combustível de aviação verde, as fontes renováveis respondem, no total, por 23,0% da oferta de energia ao setor de transportes.

Os dados a respeito da demanda de energia no setor de transporte nacional complementam a abordagem sobre o tema.

Tabela 4 – Demanda energética no setor de transportes no Brasil – 2019 a 2020 – Mtep

	2019	%	2020	%
Rodoviário	78,9	93,1	75,1	94,6
Ferrovário	1,2	1,4	1,2	1,5
Aéreo	3,3	3,9	1,9	2,4
Aquaviário	1,3	1,5	1,1	1,4
Total	84,8	100,0	79,3	100,0

Fonte: EPE (2021)

Conforme se pode depreender da tabela 4, a maior parte da demanda energética do setor de transporte no Brasil se concentra no modal rodoviário, que, em 2020, correspondeu a 94,6% do total de energia consumida no setor. O setor aquaviário respondeu por apenas 1,4% da demanda. A elevada participação do meio rodoviário *vis a vis* os demais setores representa um desafio à estrutura da economia brasileira, por se tratar de aspecto que aumenta os custos relacionados à logística, mas escapa aos limites deste artigo.

No entanto, cumpre ressaltar a oportunidade apresentada pelo estabelecimento e eventual ampliação do uso de biocombustíveis nesse modal, bem como seu espraiamento a outros meios de transporte.

4.2 BIOCMBUSTÍVEIS NO BRASIL

Nesta seção avalia-se a inserção atual e potencial dos biocombustíveis no Brasil. Para tanto primeiro se avalia o uso corrente dos biocombustíveis como fonte de energia na matriz brasileira. Em seguida, a capacidade potencial do país na oferta de biocombustíveis e, finalmente, apresentam-se alternativas com potencial de produção nacional para o setor marítimo.

4.2.1 Relevância atual dos biocombustíveis na oferta energética brasileira e posição ocupada pelo biodiesel

Como visto em seção anterior, em 2021, 44,7% da oferta interna de energia brasileira provieram de fontes renováveis. Dentre apenas as fontes renováveis, a biomassa de cana, estreitamente ligada à indústria sucroalcooleira, ofertou à economia brasileira o equivalente a 49,4 Mtep, ou 36,6% da oferta realizada por meio de fontes renováveis (134,9 Mtep). Em segundo lugar se encontra a energia hidráulica, correspondente a 33,2 Mtep (24,6% das fontes renováveis), seguida por lenha e carvão, 33,2 Mtep (19,3%); energia eólica, 6,2 Mtep (4,6%); e energia solar, 2,4 Mtep (1,8%). Por fim, outras fontes renováveis responderam por 17,6 Mtep, ou 13,0% desse subtotal.

Dados os objetivos deste artigo, em que se busca analisar a potencialidade de uso de biocombustíveis no transporte marítimo, cabe aprofundamento a respeito do subgrupo denominado “Outras Fontes Renováveis”.

Tabela 5 – Composição detalhada da oferta interna de energia de “Outras Fontes Renováveis” – Brasil – 2020 a 2021 – 10³ tep

Fonte	2020	%	2021	%
Lixívia	9576	58,4	10128	57,6
Biodiesel	5300	32,3	5570	31,7
Outras biomassas	1139	6,9	1347	7,7
Biogás	311	1,9	376	2,1
Gás industrial de carvão vegetal	85	0,5	159	0,9
Total	16411	100,0	17580	100,0

Fonte: Elaboração própria com dados de EPE (2022a)

Os dados da tabela 5 permitem visualizar que a lixívia¹⁴, particularmente ligada ao setor de papel e celulose no caso brasileiro, foi a principal fonte energética utilizada neste subgrupo, e permitiu a produção de 10,1 Mtep em 2021.

Contudo, o foco de avaliação, segundo os objetivos deste trabalho, deve se concentrar no biodiesel, que é o principal biocombustível aplicável ao transporte marítimo para atendimento das metas estabelecidas pela IMO. Em 2021, o biodiesel ofertou 5,6 Mtep, o que correspondeu a 31,7% da oferta proveniente do subgrupo classificado como outras fontes renováveis, 4,2% das fontes renováveis e 1,9% da oferta interna total de energia brasileira.

4.2.2 Capacidade brasileira de oferta potencial de biocombustíveis

Os biocombustíveis são importantes alternativas para a transição energética global rumo a economias neutras em carbono, em específico para o setor de transportes, uma vez que são capazes de serem convertidos em substâncias líquidas, cuja utilização na frota já instalada pode ocorrer de maneira mais ágil (ALALWANA, ALMINSHID & AL-JAAFARI, 2019, p. 127).

Existe, contudo, controvérsia a respeito da viabilidade, sustentabilidade ambiental e economicidade do uso desses combustíveis, em especial daqueles classificados como biocombustíveis de primeira geração, ou seja, “obtido de cultivos comestíveis como trigo, arroz, batata, cana-de-açúcar, cevada e óleos vegetais. (...) Óleos são extraídos da biomassa e

¹⁴ A lixívia em termos genéricos se refere a qualquer produto de processos de lixiviação, ou seja, de processos de extração ou solubilização de uma rocha, mineral, solo, depósito sedimentar, etc., pela ação de um fluido. No que diz respeito à produção energética no Brasil, sua principal aplicação está no setor de madeiras e celulose, que produz o denominado licor negro (lixívia negra). Ver ABDI (2012, p. 53-64) para uma avaliação sobre as possibilidades de aplicação da lixívia negra como fonte de energia de baixo carbono.

convertidos em bioetanol ou biodiesel por meio de fermentação e transesterificação.¹⁵” (ARON et. al., 2020, p. 1). Ainda de acordo com ARON et. al (2020):

A viabilidade da primeira geração de biocombustíveis é debatível porque estes cultivos comestíveis competem com a cultura voltada à alimentação uma vez que requerem uma certa quantidade de terra, fertilizantes e água. Isto implica em um alto custo de produção e utilização ineficiente de energia e recursos para essa lavoura. Além disso, há controvérsia sobre se os biocombustíveis ajudam com a redução de emissões de GEE. Isto ocorre porque alguns tipos de biocombustíveis podem produzir resultado energéticos líquidos negativos que levam a mais emissões de GEE ao longo do estágio de produção. Não obstante, o maior debate permanece na questão ‘comida vs combustível’¹⁶. (p. 1-2)

Por esses motivos, a trilha tecnológica adotada tem sido de evitar a produção de biocombustíveis por meio de cultivos comestíveis. Em seu lugar, têm sido utilizadas fontes de biomassa como certas espécies de grama, pó de serra, restos de madeira ou madeiras de baixo valor, resíduos orgânicos, inclusive de lavouras, e resíduos sólidos urbanos.

Outra linha de desenvolvimento tem sido dos biocombustíveis de terceira e quarta geração. A terceira geração se utiliza de biomassa de algas, com a vantagem de captura de elevada quantidade de CO₂ e liberação de oxigênio, mas requer um elevado investimento e o óleo dela proveniente não é tão estável quanto o de outras fontes.

Por fim, os biocombustíveis de quarta geração, ainda em estágio inicial de desenvolvimento, se valem da engenharia genética para gerar micro-organismos ou lavouras que sejam capazes de fixar maior quantidade de carbono ao longo de seu crescimento do que o liberado quando ocorre a queima de seus subprodutos (ALALWANA, ALMINSHID & AL-JAAFARI, 2019, p. 128).

O Brasil possui ampla experiência e conhecimento na produção de biocombustíveis. De acordo com NOGUEIRA, CAPAZ & LORA (2021, p. 12):

A produção e uso de biocombustíveis modernos no Brasil teve início com a adoção da mistura obrigatória de um mínimo de 5% de etanol à gasolina comercializada a partir de 1931, iniciativa posteriormente reforçada com o Plano Nacional do Alcool em 1975, que promoveu a elevação progressiva do teor de etanol na gasolina, a adoção de veículos a etanol puro em 1979 e a introdução dos veículos flexfuel em 2003. Assim, ao longo de quase um século, o Brasil tem empreendido uma persistente jornada para substituir com sucesso os combustíveis fósseis pelos

15 “First generation biofuel is retained from edible feed-stocks such as wheat, rice, potato, sugarcane, barley, and vegetable oil. (...) Oils are extracted from the biomass and converted into bioethanol or biodiesel through fermentation and transesterification.” (tradução nossa)

16 “However, the feasibility of the first generation biofuels is debatable because these edible feedstocks compete with food crops as it requires a certain amount of land area, fertilizers, and water supply. This leads to a high production cost and inefficient utilization of the energy and resources for the feedstock cultivation. Besides that, there are arguments on whether biofuel aids in the reduction of GHG emissions. This is because some types of biofuels can produce negative net energy gains that lead to more GHG emission during the production stage. Nonetheless, the biggest debate remains on the ‘food vs fuel’ issue.” (tradução nossa)

biocombustíveis. Atualmente, os biocombustíveis são distribuídos em todos os 41,7 mil postos do país, na forma de gasolina com 27% de etanol, etanol hidratado puro e diesel com 13% de biodiesel (devendo alcançar 15%) em 2023.

Além de sua capacidade técnica e organizacional em toda a cadeia de biocombustíveis líquidos, o Brasil é um ator com disponibilidade de recursos naturais privilegiada para atuar como ator central em seu desenvolvimento e fornecimento. Grande parte de seu território está localizado em zona de clima propício, com áreas agricultáveis e topografia adequada.

Outro aspecto a ser considerado na dotação de recursos nacionais disponíveis para a produção de biocombustíveis vem a ser “o potencial de recuperação de áreas degradadas ou de baixo rendimento, resgatando essas terras para a produção econômica” (NOGUEIRA, CAPAZ & LORA, 2021, p. 18). Nesse sentido, o desenvolvimento da indústria de biocombustíveis pode gerar incentivo para a migração de atividades agropecuárias pouco intensivas para outras modalidades que promovam melhor aproveitamento do solo.

Por fim, alinhado a práticas associadas à produção de biocombustíveis de segunda geração, há que se considerar o potencial bioenergético da biomassa residual, que pode ser proveniente da agricultura, processamento da matéria-prima ou de resíduos industriais ou residenciais.

4.2.3 Produção de biocombustíveis marítimos no Brasil

Em trabalho conjunto, o Centro de Economia Energética e Ambiental (Cenergia), o Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE), a Universidade Federal do Rio de Janeiro e o Instituto Clima e Sociedade (iCS) promoveram um projeto para analisar alternativas de substituição de combustíveis fósseis, como o bunker e o diesel marítimo¹⁷.

O trabalho classificou 13 biocombustíveis após avaliação de critérios como disponibilidade, aplicabilidade, maturidade tecnológica, densidade energética, economicidade, segurança, normatização, sustentabilidade local e sustentabilidade global (CARVALHO et. al., 2020).

Os resultados do estudo indicaram que 5 biocombustíveis se apresentam como os mais bem avaliados (SZKLO, 2020, p. 2):

1. Óleo vegetal direto (*Straight Vegetable Oil*, SVO);
2. Óleo vegetal hidrotratado (*Hydrotreated Vegetable Oil*, HVO);
3. Diesel sintético de *Fischer-Tropsch* produzido a partir de biomassa (FT-diesel);

¹⁷ Os documentos derivados desse projeto são utilizados como subsídios desta seção. Ver SZKLO et. al., 2020 e CARVALHO et. al., 2020.

4. Biometanol (bio-CH³OH); e

5. Diesel sintético de *Fischer-Tropsch* produzido a partir de hidrogênio renovável e CO₂ capturado (eletrodiesel/e-diesel).

Em SZKLO et. al (2020), há um refinamento ainda maior da avaliação, sob o prisma econômico e de organização da produção, que indicou que:

Exceto pelo e-diesel, todas as alternativas mostraram elevado potencial de produção no país, superior à demanda de combustíveis marítimos nos portos brasileiros. Todavia, questões logísticas desafiam a implementação destas alternativas, tendo em vista que a concentração dos recursos está localizada no interior do país e, portanto, longe dos pontos de abastecimento. Em relação às emissões de GEE, todos os combustíveis apresentaram elevado potencial de mitigação (em média 75%), com destaque para o FT-diesel que registrou um potencial de redução de 97% nas emissões em relação ao HFO. (p. 34)

Segundo maior produtor de biocombustíveis, o Brasil detém a segunda maior participação mundial de energias renováveis no transporte, resultado de uma política estabelecida após a crise do petróleo de 1973 para promover os biocombustíveis como alternativa aos combustíveis fósseis importados. A nova política de biocombustíveis do Brasil, RenovaBio, foi desenvolvida para cumprir as metas incluídas na contribuição do Brasil atinente ao Acordo de Paris sobre mudanças climáticas: redução de 10% nas emissões de GEE dos transportes até 2028 e uma participação de 18% para biocombustíveis sustentáveis na matriz energética do país até 2030 (IEA, 2020).

Assim, além de atestarem o potencial de produção acima da demanda do transporte marítimo nacional desses biocombustíveis, os autores revelam potencial significativo para redução de emissões de GEE. Contudo, o mesmo estudo apresenta ainda um grande desafio na esfera econômica, traduzido em custos ainda elevados:

A avaliação econômica indicou que as alternativas ainda não são competitivas, pois os custos nivelados determinados são superiores aos preços dos combustíveis convencionais, HFO e MGO. O HVO foi a alternativa de menor custo, seguido pelo FT-diesel, biometanol e e-diesel. Os custos do e-diesel são, aproximadamente, cinco vezes superiores aos preços do HFO. (SZKLO et. al, 2020, p. 34)

Os dados apresentados pelos estudos indicam que o Brasil possui potencialidade para a produção em larga escala de biocombustíveis para atendimento do transporte marítimo, inclusive com exportações ao mercado internacional. Todavia, os desafios técnicos, sociais, políticos, organizacionais e econômicos envolvidos nessa tarefa requerem ações e esforços coordenados de diversos setores da sociedade brasileira.

5 FATORES DE FORÇAS, FRAQUEZAS, OPORTUNIDADES E AMEAÇAS DO USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NACIONAIS NO SETOR MARÍTIMO

A partir dos conhecimentos e experiências ameadados no estudo da bibliografia, serão realçados nesta fase do trabalho, por meio de uma Matriz SWOT¹⁸, os principais pontos fortes e fracos, assim como potenciais oportunidades e ameaças capazes de tornar o emprego dos biocombustíveis um fator facilitador ou fomentador de riscos e vulnerabilidades no desafio de descarbonização instituído pela IMO. Como parte do processo de análise das particularidades dos biocombustíveis, das multifacetadas implicações de seu uso no setor marítimo e desdobramentos em outros setores da sociedade, o quadro criado por essa importante ferramenta de gestão permitirá que sejam destacados os aspectos nos quais o país está mais evoluído e aqueles em que ainda precisa melhorar.

Quadro 1 – Matriz SWOT	
Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> - Farta dotação de recursos naturais - Liderança no setor de biocombustíveis 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de testes de longo prazo sobre o uso de biocombustíveis - Necessidade de grandes volumes de combustível e os altos custos dos biocombustíveis - Posição periférica do Brasil em relação às principais rotas comerciais - Dificuldades logísticas e de infraestrutura nacionais
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimento das regulações que objetivam a redução das emissões de GEE - Potencial de aplicação de biocombustíveis para o setor marítimo - Incremento na segurança energética nacional e transbordamentos para outras metas de segurança e defesa - Reforço da posição brasileira como país de matriz energética limpa e provedora de soluções ambientais 	<ul style="list-style-type: none"> - Associação da produção de biocombustíveis com a segurança alimentar - Existência de outros combustíveis alternativos

Fonte: Elaboração própria

¹⁸ A matriz SWOT é um sistema utilizado na administração das empresas, auxiliando-as na definição das melhores estratégias de seus negócios. A principal finalidade da matriz SWOT é avaliar cenários ou ambientes externos e internos. Com isso, o desempenho da empresa perante o mercado é otimizado. A análise SWOT ajuda na identificação dos pontos fortes e fracos da empresa, bem como na identificação dos riscos e das ameaças a que a empresa está exposta. Quadro de análise SWOT = *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças). Disponível em: http://ead4.fgv.br/producao/DI/FUNDACAO_BRADESCO/diagramacao/base_15/curso/pag/1_2_13.html

A matriz apresentada no Quadro 1 é analisada nas subseções a seguir.

5.1 FATORES DE FORÇAS

Em primeiro lugar, serão analisados dois fatores considerados como Forças, a saber: farta dotação de recursos naturais e liderança no desenvolvimento de biocombustíveis.

5.1.1 Farta dotação de recursos naturais

Conforme apresentado em seção anterior, uma das capacidades de maior relevância a ser considerada na estratégia brasileira para a descarbonização do setor marítimo e, em particular, com a utilização de biocombustíveis, vem a ser a dotação de recursos naturais, o que confere ao país potencial para geração da biomassa necessária ao desenvolvimento e produção desses combustíveis.

Nesse ponto, deve-se destacar a disponibilidade de terras agricultáveis ainda não ocupadas, mas principalmente a possibilidade de recuperação de áreas degradadas. Outro aspecto importante vem a ser a posição do território brasileiro, quase integralmente situado em zona intertropical com ampla disponibilidade de recursos hídricos e insolação intensa. De acordo com PERES, FREITAS JUNIOR e GAZZONI(2005), o Brasil é o país com maior extensão de terra do mundo que ainda pode ser incorporada à agricultura de alta produtividade.

5.1.2 Liderança no desenvolvimento de biocombustíveis

A capacidade brasileira expressa na disponibilidade de recursos naturais se complementa com sua trajetória de desenvolvimento na área de biocombustíveis.

Conforme exploramos anteriormente, o país possui programas em larga escala para a produção, distribuição e comercialização de biocombustíveis líquidos. Atualmente, por exemplo, há previsão legal, por meio da Lei 13.033/2014, de percentual mínimo de 7% de biodiesel adicionado ao diesel fóssil. A proporção máxima da mistura atingiu 13% em 2021 e foi reduzida no final desse mesmo ano ao patamar atual de 10%. (EPE, 2022a e CNPE, 2021)

Além disso, a experiência em desenvolvimento na área agrícola também é capacidade brasileira no desenvolvimento de biocombustíveis. O país possui capital privado e público

capacitado e empregado na pesquisa e desenvolvimento agrícola, com potencial expressivo de efeitos multiplicadores para a área de biocombustíveis.

5.2 FATORES DE FRAQUEZA

Nesta subseção, tratar-se-ão dos fatores de fraquezas, a saber: falta de testes de longo prazo sobre o uso de biocombustíveis, necessidade de grandes volumes de combustível e os altos custos dos biocombustíveis, posição periférica do Brasil em relação às principais rotas comerciais e dificuldades logísticas e de infraestrutura nacionais.

5.2.1 Falta de testes de longo prazo sobre o uso de biocombustíveis

De acordo com IEA (2017), a falta de testes de longo prazo sobre o uso de biocombustíveis em navios representa um fator limitador para garantir plena segurança e confiabilidade desses recursos como combustíveis alternativos para o setor marítimo. No entanto, por meio de pesquisa bibliográfica, é possível constatar que, nas últimas décadas, governos, companhias de navegação, armadores e operadores do setor marítimo, em diferentes partes do globo, vêm conduzindo testes com biocombustíveis com o propósito de avaliar seus efeitos nos sistemas de propulsão e nas emissões dos navios.

Para ilustrar essa situação, nos Estados Unidos da América, grande parte do trabalho inicial de pesquisa e desenvolvimento em biocombustíveis marítimos foi financiado por diferentes órgãos federais, como a Marinha e os Departamentos de Agricultura, Transportes e Energia. Iniciativas, como a *Great Green Fleet*¹⁹, foram tomadas para desenvolver a indústria nacional de biocombustíveis, inaugurar uma nova era no uso de energia, e reduzir a dependência dos EUA das importações de energia (USDA, 2016). Como outros exemplos, desde 2010, a *Lloyd's Register Group Limited*²⁰ está envolvida em projetos, juntamente com a *Mærsk Line*²¹, para testar a viabilidade do uso de biocombustível em motores marítimos.

19 A Grande Frota Verde da Marinha dos Estados Unidos da América foi uma medida de economia de custos de energia anunciada em 2009. Por meio dela, alguns navios foram selecionados para utilizarem uma combinação de óleo combustível marítimo e biocombustíveis em uma mistura 50/50. Disponível em: <https://www.usda.gov/media/press-releases/2016/01/20/secretaries-navy-agriculture-launch-deployment-great-green-fleet>.

20 Empresa global de serviços profissionais especializada em engenharia e tecnologia para a indústria marítima. Primeira sociedade de classificação marítima do mundo, criada há mais de 260 anos para melhorar a segurança dos navios. Disponível em: <https://www.lr.org/en/who-we-are/>.

21 Empresa dinamarquesa especializada em transporte e logística global de contêineres. Possui a maior frota de contêineres do mundo e está na vanguarda da tecnologia de otimização de eficiência de combustível marítimo. A Mærsk prevê que cerca de 10% ou mais da frota mundial de transporte marítimo seja movido a biocombustíveis até 2030. Disponível em: <https://www.maersk.com/about>.

Nesse contexto, em 2019, o navio de contêineres Mette Maersk, navegando em uma mistura de 20% de biocombustível de segunda geração, retornou em segurança para Roterdã, na Holanda, após uma viagem de ida e volta de três meses para Xangai, China (IEA, 2021).

A *Mediterranean Shipping Company* (MSC, 2019) também conduziu, com sucesso, testes em seus navios utilizando uma mistura de 30% de biocombustíveis, tendo observado uma redução das emissões de carbono de 15 a 20%.

5.2.2 Necessidade de grandes volumes de combustível e os altos custos dos biocombustíveis

Os volumes de biocombustíveis necessários para abastecer o setor marítimo são grandes. De acordo o *International Transport Forum* (ITF, 2018), em 2018, o suprimento de biocombustíveis poderia cobrir apenas 15% da energia demandada pelo transporte marítimo.

Outro ponto a ser considerado é que os custos dos biocombustíveis são mais altos do que os aplicados aos combustíveis fósseis e deverão permanecer assim nos curto e médio prazos (IEA, 2017). A *American Bureau of Shipping* (ABS, 2021) aponta que mesmo os biocombustíveis de primeira geração, como palma e soja, são relativamente caros. Nesse sentido, o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2020) sublinha que os biocombustíveis são, em termos gerais, cerca de 50 a 150% mais caros do que os combustíveis fósseis empregados em conformidade com os parâmetros preconizados pela IMO.

Sobre o volume e o preço dos biocombustíveis, é importante ponderar que medidas de apoio e pesquisas fomentadas por organismos internacionais multilaterais podem originar incentivos financeiros, subsídios, investimentos em opções promissoras de baixo carbono e outras políticas facilitadoras. Dentro desse contexto, o Relatório do Subcomitê Combustíveis Marítimos²² (2022) lembra que novas regulações e o estabelecimento de Mecanismos Baseados no Mercado (MBM), como, por exemplo, a taxaço²³ de CO₂ e a disponibilização

22 Subcomitê criado no âmbito do Comitê Técnico do Combustível do Futuro (CT-CF), constituído por representantes da Marinha do Brasil (MB), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério de Infraestrutura (MInfra), Ministério de Relações Exteriores (MRE), Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES/PETROBRAS), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/combustiveis-maritimos-1/documentos-subcomite-relatori-o-subcomite-combustiveis-maritimos.pdf>

23 O preço pago pelos bens, em geral, não reflete os impactos ambientais causados ao longo do seu ciclo de vida. A precificação de carbono é uma forma de atribuir um custo aos impactos gerados pelo aumento de emissão de GEE. Deriva do princípio do poluidor pagador e é um mecanismo para compensar as externalidades negativas relacionadas à emissão de GEE. A precificação afeta os preços relativos de produtos, aumentando a atratividade daqueles com menor intensidade de carbono, em relação aos mais intensivos (EPE, 2020).

de créditos de carbono, podem contribuir para tornar os biocombustíveis mais competitivos, em termos econômicos. Em complemento, a ABS (2021) cita que os custos devem diminuir nos próximos anos à medida que os produtores aumentem sua produção e novos fornecedores surjam. Ademais, há que se considerar que se os preços, as incertezas e as tensões geopolíticas relacionadas com a competição por combustíveis fósseis aumentarem, tal como o ocorrido por ocasião dos desdobramentos da guerra entre Rússia e Ucrânia, a demanda por fontes alternativas de energia deverá ser impulsionada, surgindo novas oportunidades para que os *stakeholders* do setor marítimo venham a optar pelo recebimento do rótulo verde no desempenho de suas atividades.

5.2.3 Posição periférica do Brasil em relação às principais rotas comerciais

Essa necessidade de os biocombustíveis serem produzidos em escala industrial e fornecidos com preços competitivos em diferentes pontos focais do comércio internacional constitui um fator de dificuldade a mais para o país em função da posição periférica do Brasil em relação às principais rotas de comércio marítimo.

5.2.4 Dificuldades logísticas e de infraestrutura nacionais

Vale destacar que a infraestrutura e a logística são consideradas, hoje, como o principal gargalo do desenvolvimento do agronegócio no Brasil, para os próximos anos (PERES; FREITAS JUNIOR; GAZZONI, 2005). Assim, as dificuldades logísticas para transporte de biocombustíveis aos portos e dos portos aos navios também representam um fator de fraqueza.

5.3 OPORTUNIDADES

Nesta subseção, serão tratadas as oportunidades para a inserção de biocombustíveis nacionais no transporte marítimo, a saber: fortalecimento das regulações que objetivam a redução das emissões de GEE, potencial de aplicação de biocombustíveis para o setor marítimo, incremento na segurança energética nacional e transbordamentos para outras metas de segurança e defesa e reforço da posição brasileira como país de matriz energética limpa e provedora de soluções ambientais.

5.3.1 Fortalecimento das regulações que objetivam a redução das emissões de GEE

O Quarto Estudo da IMO (2020) mostra que houve aumento nas emissões totais de GEE por parte do transporte marítimo. Devido a esses resultados, os regulamentos sobre combustíveis e emissões tendem a se tornar mais rigorosos, como medida complementar para alcançar menor volume de emissões de carbono.

Em 2023, está prevista a revisão da Estratégia Inicial da IMO (2018), com uma forte pressão para alterar o nível de ambição de 2050 para emissão zero ou emissão neutra de GEE. Isso poderia acelerar o processo de descarbonização do transporte marítimo, acarretando efeitos deletérios e desbalanceamento ao mercado marítimo.

Dentre as propostas em discussão estão as medidas baseadas em mercado, do tipo taxação direta das emissões de GEE ou de precificação de carbono (*Cape-and-Trade*). (BALCOMBE et al., 2019, p. 29-33)

Essas iniciativas teriam o propósito de estimular a mudança de padrão dos combustíveis fósseis, para os de baixo ou zero/neutro carbono, uma vez que o custo, direto ou indireto, dos combustíveis marítimos atuais (*Bunker* e óleo diesel marítimo) sofreria um aumento significativo, além de gerar recursos para um fundo voltado ao desenvolvimento de pesquisa e tecnologia para os combustíveis de baixo ou zero carbono.

Além disso, a introdução de novos combustíveis alternativos no *mix* de combustíveis marítimos reduziria a dependência de combustíveis fósseis, que possuem algumas de suas principais fontes em áreas de elevado risco de conflitos armados ou tensão geopolítica. O histórico recente de importantes áreas produtoras de hidrocarbonetos, como Oriente Médio, Rússia e Venezuela, indica que esse é um fator de risco à oferta mundial de energia.

Assim, o cenário de maior rigor das regulamentações internacionais sobre transporte marítimo abre espaço para implementação de políticas públicas que incentivem a implementação de biocombustíveis no transporte marítimo.

5.3.2 Potencial de aplicação de biocombustíveis para o Setor Marítimo

O cumprimento das metas de redução de emissões de GEE demandarão, entre outras medidas, a adoção de combustíveis alternativos aos fósseis no transporte marítimo.

Uma das principais vantagens dos biocombustíveis frente a outras alternativas, como hidrogênio, GLP, etc., é de serem combustíveis *drop-in*, ou seja, compatíveis com a infraestrutura já existente (IEA, 2017). A semelhança nas propriedades físicas e químicas entre os biocombustíveis e o diesel de petróleo significa que o primeiro pode ser usado sem a necessidade de modificações no equipamento ou *retrofit* das embarcações. Atualmente, muitos armadores e operadores em todo o mundo embarcam em exercícios de teste de biocombustíveis para avaliar seus efeitos no maquinário e nas emissões dos navios (ABS, 2021). Além disso, misturar combustíveis convencionais com biocombustíveis é uma maneira alternativa de reduzir o consumo de combustíveis fósseis, como sugere a experiência brasileira tanto no caso da adição de etanol à gasolina quanto na adição de biodiesel ao diesel fóssil.

Outro fator favorável à adoção de biocombustíveis se relaciona ao seu baixo teor de outras substâncias nocivas, como é o caso do enxofre, quando comparados com outros combustíveis. Isso incentiva sua adoção, pois eles já atendem a outros normativos específicos da IMO que restringem suas emissões.

No que tange especificamente ao transporte marítimo, a adoção de biocombustíveis conta com uma vantagem técnica adicional, visto que os combustíveis marítimos são de qualidade inferior quando comparados com o de aviação e os de meios rodoviários e não precisam de refino intensivo. Isso deriva de que os motores marítimos têm flexibilidade operacional muito maior em uma mistura de combustíveis.

Por fim, a adoção de biocombustíveis no mercado marítimo poderá ocorrer de maneira gradual, em nichos específicos. Por exemplo, produtores de biocombustíveis de menor escala podem visar o mercado de navegação costeira e de curta distância, onde os requisitos de combustível são mais rigorosos e os permitidos atualmente têm um preço mais alto, reduzindo, assim, as barreiras à entrada.

5.3.3 Incremento na Segurança Energética nacional e transbordamentos para outras metas de Segurança e Defesa

A Política Nacional de Defesa (PND, 2020) e a Estratégia Nacional de Defesa (END, 2020) atribuem valor estratégico às infraestruturas de energia e de transporte. O primeiro documento estabelece que o Brasil deverá buscar a contínua interação da PND com as demais

políticas governamentais, visando a fortalecer as infraestruturas de valor estratégico para a Defesa Nacional, como a de transporte e a de energia. Ademais, preconiza que a defesa do País é indissociável de seu desenvolvimento, na medida em que depende das capacidades instaladas, ao mesmo tempo em que contribui para o incremento das potencialidades nacionais e para o aprimoramento de todos os recursos de que dispõe o Estado brasileiro.

De acordo com a END (2020), todas as instâncias do Estado deverão contribuir para o incremento do nível de Segurança Nacional, com particular ênfase sobre as medidas para a segurança das áreas de infraestruturas estratégicas, em especial no que se refere à energia, transporte, água, finanças e comunicações, a cargo dos ministérios da Defesa, Minas e Energia, Transportes, Fazenda, Integração Nacional e Comunicações, e ao trabalho de coordenação, avaliação, monitoramento e redução de riscos, desempenhado pelo Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República.

No tema da redução das emissões de GEE e de adoção de biocombustíveis no transporte marítimo estão presentes, dentre outras, as Seguranças Marítima, Econômica, Ambiental e Energética.

A Segurança Marítima trata do meio ambiente marinho, desenvolvimento econômico sustentável, poluição e mudanças climáticas. Em outras palavras, suas dimensões compreendem o mar como meio de transporte e como ativo ambiental. No que tange à Segurança Econômica, pelas Linhas de Comunicação Marítimas (LCM) brasileiras circulam mais de 95% do comércio exterior (FARIA, 2012, p. 227). A Segurança Ambiental visa à proteção do meio ambiente e, também, dos indivíduos e comunidades, e está diretamente relacionada com o desenvolvimento sustentável. Para a Segurança Energética é fundamental que haja investimentos para a pesquisa e construção de novas fontes de energia, em quantidade suficiente e a preços acessíveis.

Há que se considerar, também, que os biocombustíveis são uma fonte de desenvolvimento econômico e de emprego nas zonas rurais. De acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (UNICA, 2021), o setor é responsável por 2,3 milhões de empregos diretos e indiretos no Brasil, com uma taxa de emprego formal maior do que o restante da agroindústria e da economia em geral.

Assim, a aplicação de biocombustíveis ao transporte marítimo se apresenta como uma oportunidade de alavancar a tríade Segurança – Desenvolvimento – Defesa (SDD) nacional.

5.3.4 Reforço da posição brasileira como país de matriz energética limpa e provedora de soluções ambientais

O Brasil possui reservas de recursos naturais, entendidas em sentido amplo, abarcando assim não apenas reservas minerais, mas também a biológica, hídrica, entre outras. Essa capacidade o credencia como ator central no debate sobre o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente em escala global.

Essa centralidade, contudo, impõe também custos e desafios, sobretudo no que diz respeito à existência de intenso debate no âmbito da comunidade internacional a respeito das políticas públicas do Estado brasileiro para conservação de suas reservas naturais, o que se desdobra em críticas, por exemplo, à política de preservação da Amazônia, bem como ao impacto do agronegócio brasileiro na ocupação do solo, na conservação da biodiversidade e nas emissões de GEE.

No que diz respeito ao processo de descarbonização do setor marítimo, a existência dessa tensão deve ser encarada como uma oportunidade para que o Brasil consolide e amplie sua posição como nação industrializada líder em matriz energética limpa e capaz de prover soluções ambientais escaláveis para a economia mundial. Ao Brasil caberá se posicionar de maneira planejada e pró-ativa nesse debate, não apenas como partícipe reativo aos desdobramentos encabeçados por outros países, mas como parte proponente de regulamentações e de novas trilhas tecnológicas.

5.4 AMEAÇAS

Nesta subseção, tratar-se-ão das ameaças para a inserção de biocombustíveis nacionais no transporte marítimo, a saber: associação da produção de biocombustíveis com a segurança alimentar e existência de outros combustíveis alternativos.

5.4.1 Associação da produção de biocombustíveis com a Segurança Alimentar

A associação do setor de biocombustíveis com a segurança alimentar constitui uma ameaça. À medida que a demanda pela segurança alimentar cresce, questões sobre os usos apropriados das matérias-primas e recursos agrícolas tendem a aumentar. O potencial global para os biocombustíveis poderá ser limitado à medida que culturas vitais e terras necessárias

para fornecer alimentos para uma população mundial crescente sejam contabilizadas (BALCOMBE et al, 2022). Alguns estudos até omitem os biocombustíveis dos cenários globais de energia sustentável, devido ao potencial de poluição do ar durante o cultivo. Outras pressões sociais relacionadas incluem disponibilidade de água, efeitos de fertilizantes e impactos na biodiversidade decorrentes do cultivo dos biocombustíveis (ITF 2018; ABS 2021).

Sobre o assunto, é importante ressaltar que essa equação é insolúvel para a maioria dos países. Porém, o Brasil, com mais de 90 milhões de hectares de terras que podem ser incorporados ao processo produtivo de maneira sustentável, desponta como o repositório da grande oportunidade que se descortina com a agricultura de energia (PERES; FREITAS JUNIOR; GAZZONI, 2005).

5.4.2 Existência de outros combustíveis alternativos

A solução para a descarbonização do setor energético não é única, havendo outros combustíveis alternativos com potencial para reduzir as emissões de carbono. Dentro desse contexto, com base nas projeções de mercado, as alternativas mais bem posicionadas para a pesquisa e desenvolvimento de novos combustíveis para o setor marítimo são álcool, biometano e amônia, cada um com seus desafios e oportunidades (HOLLANDA, 2019).

5.5 PROPOSIÇÃO DE INICIATIVAS

Dados os fatores de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças levantados na Matriz SWOT, serão indicadas, nesta fase do trabalho, algumas iniciativas, objetivos e sugestões avaliadas como pertinentes para aperfeiçoar as capacidades do Brasil no setor de biocombustíveis e fortalecer seu emprego no transporte marítimo.

- Estabelecer, de forma faseada e com a utilização de projetos pilotos, metas para a redução da intensidade de carbono no setor marítimo, assim como nos demais modais de transporte e nas diferentes esferas da economia nacional, de modo a possibilitar a integração de políticas públicas de transporte e de uso de combustíveis alternativos;
- Fomentar políticas de apoio, linhas de pesquisa e tecnologias voltadas para a adoção, produção em larga escala e garantia da estabilidade de oferta de biocombustíveis para o transporte marítimo;
- Fornecer subsídios, incentivos e instrumentos financeiros, como, por exemplo, isenção e redução de impostos, para a implementação de iniciativas de descarbonização e re-

dução da diferença de preço entre as opções de energia convencionais e as mais sustentáveis, inclusive e principalmente de biocombustíveis, ainda não economicamente competitivos;

- Elaborar estudo visando a verificação das infraestruturas para produção, armazenamento e distribuição de combustíveis marítimos de baixa emissão de CO₂, levando em consideração a necessidade de formulação de melhorias para a cadeia logística, incluindo os principais portos nacionais;
- Analisar, de forma metodológica e científica, a eficiência energética e ambiental dos biocombustíveis nacionais em seu ciclo de vida completo, de modo a conferir lastro de sustentabilidade para seu emprego no atendimento às metas da IMO; e
- Analisar ações, esforços e experiências de outros países em prol do processo de descarbonização.

Por fim, consoante o proposto no Relatório do Subcomitê Combustíveis Marítimos (2022), seria oportuno que os representantes do Brasil junto à IMO defendessem a posição de que, para que as metas de redução da intensidade de carbono no transporte marítimo sejam cumpridas, cada Estado-Membro deverá empregar suas vocações tecnológicas e recursos disponíveis de forma sustentável. Em consonância com esse pensamento, o Brasil poderá contribuir para o desenvolvimento ambiental, econômico e social, bem como para a geração de riquezas, empregos e renda, por meio do emprego dos biocombustíveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A descarbonização da economia mundial se apresenta como agenda prioritária na comunidade internacional e representa uma tendência para o desenvolvimento sustentável de diversos setores da sociedade, inclusive do transporte marítimo.

A ambiciosa meta da IMO de que navegação em alto mar reduza a intensidade de carbono por carga útil transportada em 70% até 2050, em comparação aos níveis observados em 2008, é provavelmente o principal desafio que os Estados-Membros daquela Organização têm que enfrentar em décadas. Com efeito, o cumprimento dos estágios acordados internacionalmente para a implementação dessa Estratégia Inicial de descarbonização exigirá mudanças substanciais não somente em tecnologias e nas operações dos meios, mas principalmente em combustíveis.

Não há solução única ou bala de prata para o problema. Considerando a composição da matriz energética brasileira, afigura-se como alternativa promissora para a substituição dos

combustíveis derivados do petróleo atualmente utilizados no transporte marítimo os biocombustíveis, que, pela sua natureza orgânica, são considerados combustíveis limpos e renováveis. Dentre eles, pesquisas nacionais indicam que o óleo vegetal direto, óleo vegetal hidrotratado, diesel sintético de *Fischer-Tropsch* produzido a partir de biomassa, biometanol e diesel sintético de *Fischer-Tropsch* derivado do hidrogênio renovável e CO₂ capturado são os cinco biocombustíveis mais bem avaliados, tendo como base critérios como disponibilidade, aplicabilidade, maturidade tecnológica, densidade energética, economicidade, segurança, normatização, sustentabilidade local e sustentabilidade global.

Da análise da matriz SWOT, é possível constatar que a farta dotação de recursos naturais e a liderança no desenvolvimento de biocombustíveis são fatores de forças para o Brasil. O fortalecimento das regulações que objetivam a redução das emissões de GEE, o potencial de aplicação de biocombustíveis no setor marítimo, o incremento na segurança energética nacional, os transbordamentos para outras metas de segurança e defesa e o reforço da posição brasileira como país de matriz energética limpa e provedora de soluções ambientais constituem potencialidades para nosso país.

A falta de testes de longo prazo sobre o uso de biocombustíveis, a necessidade de grandes volumes de combustível e os altos custos dos biocombustíveis, a posição periférica do Brasil em relação às principais rotas comerciais e as dificuldades logísticas e de infraestrutura nacionais representam fraquezas para esse processo. Já a associação da produção de biocombustíveis com a segurança alimentar e a existência de outros combustíveis alternativos são as principais ameaças identificadas.

Como oportunidades de aperfeiçoamento voltadas para a temática de descarbonização do setor marítimo por meio do uso de biocombustíveis nacionais, podem ser citadas a necessidade de integração de políticas públicas de transporte e de uso de combustíveis alternativos, a introdução de políticas de apoio e fomento a linhas de pesquisa e tecnologias de biocombustíveis para o transporte marítimo, o fornecimento de subsídios e incentivos fiscais e financeiros, a melhoria das infraestruturas para produção, armazenamento e distribuição de combustíveis marítimos de baixa emissão de CO₂ e a análise de experiências em outros países em prol do processo de redução da intensidade de carbono.

Em face dos dados apresentados no trabalho e como resposta à pergunta da pesquisa - Os biocombustíveis nacionais podem contribuir para o atingimento das metas de descarbonização estabelecidas na Estratégia Inicial da IMO? -, chega-se à conclusão de que os biocombustíveis nacionais são capazes de contribuir para o atingimento das metas de descarbonização estabelecidas na Estratégia Inicial da IMO, dadas as características,

capacidades e potencialidades do país nesse setor. Contudo, o desenvolvimento, a produção e o emprego de biocombustíveis nacionais enfrentarão cenários de incertezas, relacionados a aspectos tanto de natureza interna ao Brasil, quanto internacionais.

Dessa forma, espera-se que as análises e os esclarecimentos apresentados neste trabalho possam subsidiar a elaboração de pesquisas correlatas, que venham a contribuir para o melhor entendimento dos interesses e, por consequência, do posicionamento do país em relação a esse relevante tema da agenda internacional, assim como em seus desdobramentos para outros setores da segurança, defesa e desenvolvimento do Brasil.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Subsídios para a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para economia de baixo carbono**: caderno 2, nota técnica papel e celulose. Brasília: ABDI, 2012. 80 p. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18520/GVces_Nota%20t%C3%A9cnica%20papel_celulose.pdf. Acesso em: 13 jul. 2022.

ALALWANA, Hayder A.; ALMINSHIDB, Alaa H. & AL-JAAFARI, Haydar. Promising evolution of biofuel generations: subject review. **Renewable energy focus**, v. 28, p. 127-139, mar. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755008418303259>. Acesso em: 14 jul. 2022

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS). Sustainability Whitepaper: **Biofuels as Marine Fuel**. ABS, 2021. Disponível em: <https://absinfo.eagle.org/acton/media/16130/sustainability-whitepaper-biofuels-as-marine-fuel>. Acesso em: 24 jun. 2022.

ARON, Nurul Syahirah Mat; KHOO, Kuan Shiong; CHEW, Kit Wayne; SHOW, Pau Loke & CHEN, Wei-Hsin. Sustainability of the four generations of biofuels: a review. **International Journal of Energy Research**, jun. 2020. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/er.5557>. Acesso em: 14 jul. 2022.

BALCOMBE, Paul; BRIERLEY, James; LEWIS, Chester; SKATVEDT, Line; SPEIRS, Jamie; HAWKES, Adam & STAFFELL, Iain. How to decarbonise international shipping: options for fuels, technologies and policies. **Energy conversion and management**, v. 182, 2019. Disponível em: https://spiral.imperial.ac.uk/bitstream/10044/1/65465/4/report_shipping_accepted%20doc.pdf. Acesso em: 21 jul. 2022.

BANCO MUNDIAL. **Total greenhouse gas emissions**. Disponível em https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE?most_recent_value_desc=true. Acesso em: 21 jul. 2022.

BRASIL. Governo do Estado de São Paulo. Infraestrutura e Meio Ambiente. Portal de Educação Ambiental. Prateleira Ambiental. **Descarbonização da Economia**. São Paulo, jun. 2020. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacao_ambiental/prateleira-ambiental/descarbonizacao-da-economia/. Acesso em: 17 jul.2022.

BRASIL. Lei 13.033, de 24 de setembro de 2014. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, seção 1, p. 3, 24 set. 2014.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/politica-nacional-de-defesa-pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/politica-nacional-de-defesa-pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Relatório do Subcomitê Combustíveis Marítimos. Combustíveis do Futuro**. MME, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/combustiveis-maritimos-1/documentos-subcomite/relatorio-subcomite-combustiveis-maritimos.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.

CARVALHO, Francielle Mello de; SCHAEFFER, Roberto; PORTUGAL-PEREIRA, Joana; MÜELLER-CASSERES, Eduardo; CARVALHO, Matheus Richter Poggio de; NOGUEIRA, Tainan de Farias; FONTE, Clarissa Bergman; ROCHEDO, Pedro Rúa Rodriguez; WEI, Huang Ken. **Perspectivas de produção de combustíveis marítimos de emissão neutra de carbono no Brasil**. Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, dez. 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibp.org.br/scripts/bnmap.exe?router=upload/33574>. Acesso em: 14 jul. 2022.

CARVALHO, Francielle; PORTUGAL-PEREIRA, Joana; JUNJINGER, Martin & SZKLO, Alexandre. Biofuels for maritime transportation: a spatial, techno-economic, and logistic analysis in Brazil, Europe, South Africa and the USA. **Energies**, n. 14, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/16/4980>. Acesso em: 21 jul. 2022.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA (CNPE). Resolução 25, de 22 novembro de 2021: estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a fixação de teor da mistura obrigatória de biodiesel no óleo diesel fóssil em 10% para o ano de 2022. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, ed. 237, seção 1, p. 10, 17 dez. 2021.

Det Norske Veritas Group (DNV). **About us**. A trusted voice to tackle global transformations. DNV, 2022. Disponível em: <https://www.dnv.com/about/index.html>. Acesso em: 11 abr. 2022.

Det Norske Veritas Group (DNV). DNV GL: **Comparison of Alternative Marine Fuels**. Norway, 2019. Disponível em: https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2019/09/SEA-LNG-DNV-GL-Comparison-of-Alternative-Marine-Fuels-2019_09.pdf. Acesso em: 13 mar. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional**. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional: Relatório Síntese**. EPE: Brasília, 2022a. Disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes->

dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%Adntese_2022_PT.pdf. Acesso em 21 jul. 2022

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Planejamento Energético e a EPE**. EPE: Brasília, 2022b. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/planejamento-energetico-e-a-epe#:~:text=%22N%C3%A3o%20energ%C3%A9tico%22%20considera%20%20consumo,de%20fertilizantes%20para%20a%20agricultura>. Acesso em: 21 jul. 2022

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Precificação de óleo combustível marítimo para cabotagem**. Nota Técnica DPG-SDB Nº 01/2019. EPE: Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-454/EPENota%20T%C3%A9cnicaPre%C3%A7os%20Combust%C3%ADveis%20Mar%C3%ADtimos%202019.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2022.

EUROPEAN UNION (EU). European Commission on CO₂ Emissions from Maritime Transport. **2019 Annual Report on CO₂ Emissions from Maritime Transport**. Brussels, 2019. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2020-05/swd_2020_82_en.pdf. Acesso em: 17 jun. 2022.

FARIA, João Afonso Prado Maia de Faria. A Consciência Situacional Marítima (CSM) e a Marinha do Brasil. **Revista da Escola de Guerra Naval**. Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, 2012. Disponível em: <https://revista.egn.mar.mil.br/index.php/revistadaegn/article/download/320/244>. Acesso em 15 jun. 2022.

FUNDAÇÃO BRADESCO. **Análise SWOT**. Disponível em: http://ead4.fgv.br/producao/DI/FUNDACAO_BRADESCO/diagramacao/base_15/curso/pag/1_2_13.html. Acesso em: 29 ago. 2022.

HOLLANDA, Lavinia. Oportunidades para o Brasil no setor de transporte marítimo. **Revista Portos e Navios**. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/artigos/artigos-de-opiniao/opportunidades-para-o-brasil-no-setor-de-transporte-maritimo>. Acesso em: 12 abr. 2022.

HOLSVIK, Eline Hagen; WILLIKSEN, Kristina. **Breaking the Barriers: Operational Measures for the Decarbonization of Shipping**. A study on barriers to operational energy efficiency measures. Norwegian School of Economics. Bergen, 2020. Disponível em: <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/bitstream/handle/11250/2735045/masterthesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 mar. 2022

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Desafios do Desenvolvimento. História – **Rio-92**. Edição 56, 2009. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2303:catid=28&Itemid=23. Acesso em: 26 jun. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Biofuels for the marine shipping sector**. An overview and analysis of sector infrastructure, fuel Technologies and regulations. HSIEH, Chia-wen Carmen; FELBY, Claus. Copenhagen, 2017. Disponível em: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/Marine-biofuel-report-final-Oct-2017.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Progress towards biofuels for marine shipping**. Status and identification of barriers for utilization of advanced biofuels in the

marine sector. IEA Bioenergy: Task 39. SIMONSEN, Tor I.; WEISS, Noah D., DYK, Susan van; THUIJL, Elke van; THOMSEN, Sune Tjalfe. Copenhagen, 2021. Disponível em: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/Progress-towards-biofuels-for-marine-shippingT39-report_June-2021_Final.pdf. Acesso em: 13 jun. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Biofuels in the time of Covid-19: Staying the course on clean transport fuels in Latin America**, IEA: Paris, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/commentaries/biofuels-in-the-time-of-covid-19-staying-the-course-on-clean-transport-fuels-in-latin-america>. Acesso em 01 set. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Countries. **Brazil**. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/brazil>. Acesso em 22 abr. 2022.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). United Nations Climate Change Conference. Eighth Session of the ad hoc Working Group on long-term cooperative action (AWG-LCA 8). Control of Greenhouse Gas Emissions from Ships Engaged in International Trade. **Fifteenth Conference of the Parties- COP 15**. Copenhagen, dez. 2009. Disponível em: https://unfccc.int/files/methods/emissions_from_intl_transport/application/pdf/imoawg-lca8_submission.pdf. Acesso em: 31 jul. 2022.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Fourth IMO GHG Study: Executive Summary**. IMO: London, 2020. Disponível em <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20Executive-Summary.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Frequently Asked Questions**. Disponível em <https://www.imo.org/en/About/Pages/FAQs.aspx>. Acesso em: 21 jul. 2022.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Historic Background**. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Historic%20Background%20GHG.aspx>. Acesso em: 01 ago. 2022.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Marine Environment Protection Committee (MEPC)**. Disponível em: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-default.aspx>. Acesso em: 01 abr. 2022.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Resolution MEPC.203 (62)**. Amendments to the annex of the Protocolo of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocolo of 1978 relating thereto. Disponível em: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Technical%20and%20Operational%20Measures/Resolution%20MEPC.203\(62\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Technical%20and%20Operational%20Measures/Resolution%20MEPC.203(62).pdf). Acesso em: 09 jun. 2022

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Resolution MEPC.304 (72)**. Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships. IMO: London, 2018. Disponível em [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.304\(72\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.304(72).pdf). Acesso em: 21 jul. 2022

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Second IMO GHG Study: Executive Summary**. IMO: London, 2009. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/>

localresources/en/OurWork/Environment/Documents/SecondIMOGHGStudy2009.pdf.
Acesso em: 20 jul.2022

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). **Third IMO GHG Study. Executive Summary and Final Report.** IMO: London, 2014. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM (ITF). **Decarbonising Maritime Transport. Pathways to zero-carbon shipping by 2035.** ITF, 2018. Disponível em: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/decarbonising-maritime-transport-2035.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

KORZENIEWICZ, Mariza Bethanya Dalla Vecchia. **Análise da matriz energética brasileira e a participação das energias renováveis a partir das políticas ambientais energéticas.** Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento, Porto Alegre, 2021.

LLOYD'S REGISTER GROUP LIMITED. **Who we are.** Disponível em: <https://www.lr.org/en/who-we-are/>. Acesso em: 22 ago. 2022.

MAERSK. **About.** Disponível em: <https://www.maersk.com/about/vision>. Acesso em: 29 jul. 2022.

MEDITERRANEAN SHIPPING COMPANY (MSC). Sustainability. **MSC becomes first major shipping line to use 30% biofuel blends.** MSC, 2019. Disponível em: <https://www.msc.com/ar/newsroom/news/2019/december/msc-becomes-first-major-shipping-line-to-use-30-biofuel-blends>. Acesso em: 19 AGO. 2022.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; CAPAZ, Rafael Silva & LORA, Electo Silva. Bioenergia no Brasil: Onde estamos e quais nossos horizontes. **Revista Brasileira de Energia**, v. 27, n. 3, jul./set. 2021. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/issue/view/64>. Acesso em: 21 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13.** Ação contra a mudança global do clima. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>. Acesso em 03 mar. 2022.

PERES, José Roberto Rodrigues; FREITAS JUNIOR, Elias de; GAZZONI, Décio Luis. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, ano 14, n. 1, jan-mar 2005. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202346/1/Biocombustiveis-uma-oportunidade.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2022.

PIMENTA, Milena Varella; MARTINS, Monique Mota. **Combustíveis Marítimos Alternativos: Relevância e Viabilidade.** Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy. MLAW International Law and Business Review. Vol. 1, nº 2, Jul a

Dez - 2021. pp 32-53. Disponível em: <https://mlawreview.emnuvens.com.br/mlaw/article/download/40/86/370>. Acesso em: 24 jul. 2022.

SANTOS, Rodrigo Miguel dos; RODRIGUES, Marilisa de Sá, & CARNIELLO, Monica Franchi. Energia e Sustentabilidade: panorama da matriz energética brasileira. **Revista Scientia**, Salvador, v. 6, n. 1, p. 13-33, jan./abr. 2021. Disponível em <https://www.revistas.uneb.br/index.php/scientia/article/view/9396/7456>. Acesso em 21 jul. 2022.

SANTOS, Vinicius Andrade dos; SILVA Patrícia Pereira da; SERRANO, Luís Manuel Ventura. **The Maritime Sector and Its Problematic Decarbonization: A Systematic Review of the Contribution of Alternative Fuels**. *Energies* 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en15103571>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SZKLO, Alexandre; PORTUGAL-PEREIRA, Joana; ROCHEDO, Pedro R. R., SCHAEFFER, Roberto; CARVALHO, Francielle; MÜLLER-CASSERES, Eduardo; POGGIO, Matheus; NOGUEIRA, Tainan; FONTE, Clarissa Bergman; WEI, Huang Ken; IMPÉRIO, Mariana. **Perspectivas de Produção de Combustíveis Marítimos de Emissão Neutra de Carbono no Brasil: Análise Econômica e Avaliação Integrada para Combustíveis Selecionados**. s/l: 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro/subcomites-1/combustiveis-maritimos-1/documentos-subcomite/PerspectivasdeProduodeCombustveisMartimosnoBrasil.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR E BIOENERGIA (UNICA). Observatório da Cana. **Dados de Emprego**. Disponível em: <https://unica.com.br/sobre-a-unica/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

UNITED NATIONS (UN). **United Nations Framework Convention On Climate Change**. UN: Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **Beyond Uncertainty. Annual Report 2019**. Geneva, 2019. Disponível em: <https://unctad.org/annualreport/2019/Pages/index.html>. Acesso em: 22 ago. 2022

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). United Nations Climate Change. Bodies. **Conference of the Parties (COP)**. UNFCCC: 2022a. Disponível em: <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>. Acesso em: 24 abr. 2022.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). United Nations Climate Change. Event. **COP 21**. UNFCCC: 2022b. Disponível em: <https://unfccc.int/event/cop-21>. Acesso em: 02 abr. 2022.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). United Nations Climate Change. **What is the Kyoto Protocol?** UNFCCC: 2022c. Disponível em: https://unfccc.int/kyoto_protocol. Acesso em: 29 abr. 2022.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Secretaries of the Navy, Agriculture Launch Deployment of Great Green Fleet. Release No. 0020.16. **California, 2016**. Disponível em: <https://www.usda.gov/media/press-releases/2016/01/20/secretaries-navy-agriculture-launch-deployment-great-green-fleet>. Acesso em: 03 set. 2022.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Biofuels for shipping**. WBCSD, 2020. Disponível em: https://wbcspdpublications.org/wp-content/uploads/2020/07/WBCSD_Business_Case_for_Biofuels_in_Shipping.pdf. Acesso em: 23 ago. 2022.