

REVISÃO DA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE REDUÇÃO DAS EMISSÕES NO TRANSPORTE MARÍTIMO E NOS PORTOS





República Federativa do Brasil
Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Ministério de Portos e Aeroportos
Sílvio Costa Filho
Ministro dos Portos e Aeroportos

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

Diretoria Colegiada

Eduardo Nery Machado Filho
Diretor-Geral

Alber Furtado de Vasconcelos Neto
Diretor

Caio César Farias Leôncio
Diretor

Flávia Morais Takafashi
Diretora

Wilson Lima Filho
Diretor

©2024 – Antaq

SEPN Quadra 514, Conjunto "E", Edifício ANTAQ, SEEP, 4º andar, 55 61 20296764

CEP: 70760-545, Brasília – DF

seep@antag.gov.br

Permitida a reprodução parcial sem fins lucrativos, por qualquer meio, se citada a fonte.

EQUIPE TÉCNICA – ANTAQ

Secretaria Especial de Estudos e Projetos

Bruno de Oliveira Pinheiro, Ana Paula Harumi Higa e Arthur Felipe de Menezes Il Pak

Diretoria 4 – D4

Ecinele Brenda Rodrigues Batista de Souza

Gerência de Meio Ambiente e Sustentabilidade – GMS

Uirá Cavalcante Oliveira, Alessandro Max Barros Bearzi e Felipe Pugian Jardim

EQUIPE TÉCNICA – MPor

Flavia Nico Vasconcelos e Marina Cavallini Bailão

EQUIPE TÉCNICA – GIZ

Carlos Henrique Lopes Divino, Isabela Santos de Albuquerque Nunes Koletzke e Luciano José da Silva

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn

GIZ Agência Brasília

SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501

Ed. Brasília Trade Center 70.711-902 Brasília/DF

T: + 55-61-2101-2170

E: giz-brasilien@giz.de

A encargo de:

Ministério Federal de Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha

"O Programa Internacional de Incentivo ao Hidrogênio (H2Uppp) do Ministério Federal de Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha promove projetos e o desenvolvimento do mercado do hidrogênio verde em países emergentes e em desenvolvimento selecionados, como parte da Estratégia Nacional para o Hidrogênio."

Diretor de Projetos:

Markus Francke

T: +55 61 2101 2080

E: markus.francke@giz.de

Diagramação

José Antonio Machado Nascimento

A265r

Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Brasil).

Revisão da experiência internacional sobre redução das emissões no transporte marítimo e nos portos / Agência Nacional de Transportes Aquaviários. –Brasília: ANTAQ, 2024.

53p.:il.

1. Transporte marítimo. 2. Emissão de carbono – redução. I. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Brasil). II. Secretaria Especial de Estudos e Projetos (SEEP).

CDD: 387.5

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	2
1. INTRODUÇÃO	2
2. A Regulação sobre Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa	3
2.1. A Organização Marítima Internacional.....	3
2.2. A Experiência Internacional dos Países	9
2.2.1. União Europeia.....	9
2.2.2. Estados Unidos	11
3. Descarbonização no Transporte Marítimo	15
3.1. Medidas de eficiência energética adotada pelo setor de transporte marítimo.....	16
3.2. Principais alternativas ao <i>bunker</i>	17
3.3. Corredores verdes	20
3.4. Levantamento de frota marítima que opera combustíveis que emitem menos GEE	21
3.5. Aplicações do hidrogênio verde para a descarbonização de navios	23
4. Descarbonização nos Portos	25
4.1. O papel dos portos na redução das emissões de GEE dos navios (e de suas emissões de GEE e dos serviços portuários prestados)	25
4.2. Iniciativas dos portos para redução de suas emissões de GEE e dos serviços portuários prestados	30
5. CONCLUSÕES	46
6. Referências Bibliográficas	51

APRESENTAÇÃO

Trata-se de Relatório do Eixo 1 elaborado no âmbito do Estudo P38 - Diagnóstico sobre descarbonização no setor portuário, em desenvolvimento no bojo do Processo SEI nº 50300.021827/2022-64, que integra a Agenda Plurianual de Estudos da ANTAQ 2021-2024 (SEI nº 1840690), aprovada pelo Acórdão 63-200-ANTAQ (SEI nº 1845500).

O relatório também diz respeito ao Plano de Trabalho que faz parte do Acordo de Cooperação nº 4/2023 (SEI nº 1959506) firmado entre a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq) e a DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GmbH no Brasil com o objetivo de execução de projeto/estudo referente a diagnóstico sobre descarbonização no setor portuário brasileiro.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da Antaq que revisou a experiência internacional sobre redução das emissões de gases de efeito estufa no transporte marítimo e nos portos faz parte do Estudo P38 – *Diagnóstico sobre descarbonização no setor portuário* que pretende avaliar, entre outras coisas, a adequação dos portos brasileiros no que se refere à recepção de embarcações com combustível verde, produção de energia eólica, eletrificação de equipamentos portuários e sistemas OPS.

O Estudo P38 - *Diagnóstico sobre descarbonização no setor portuário* foi segmentado em três eixos analíticos segundo a proposta metodológica adotada:

Eixo 1: Revisão da Experiência Internacional;

Eixo 2: Diagnóstico da Descarbonização dos Portos, Infraestrutura e Aplicações de Hidrogênio nos portos;

Eixo 3: Estudo de Caso.

O Eixo 1, objeto precípua deste Relatório, desenvolve-se segundo as atividades agrupadas nas macroatividades relativas à Regulação, Descarbonização do Transporte Marítimo e Descarbonização dos Portos, conforme está sumariado no quadro abaixo, organizadas nas seções subsequentes.

Quadro 1: Eixo 1 - Revisão da Experiência Internacional

Macroatividades	Atividades
Regulação	a) Principais medidas adotadas na IMO visando a redução das emissões de GEE; b) Principais medidas regulatórias adotadas por países visando a redução das emissões de GEE, inclusive no setor de transporte marítimo.
Descarbonização do Transporte Marítimo	a) Medidas de eficiência energética adotadas pelo setor de transporte marítimo; b) Principais alternativas ao <i>bunker</i> e capacidade de adaptação da infraestrutura já existente para substituição por novas fontes; c) Corredores verdes; d) Levantamento de frota marítima que opera com combustíveis que emitem menos GEE; e) Aplicações do hidrogênio verde para a descarbonização de navios.
Descarbonização dos Portos	a) O papel dos portos na redução das emissões de GEE dos navios; b) Iniciativas dos portos para redução de suas emissões de GEE e dos serviços portuários prestados.

2. A REGULAÇÃO SOBRE REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Esta seção tem como objetivo apresentar as iniciativas que a Organização Marítima Internacional e alguns países estão adotando, visando reduzir as emissões de gases de efeito estufa provenientes do transporte marítimo.

2.1. A Organização Marítima Internacional

A Organização Marítima Internacional (IMO, na sigla em inglês) é a agência especializada das Nações Unidas (ONU) responsável pela regulamentação do transporte marítimo internacional, cujo objetivo, entre outros, é garantir a segurança e a prevenção de acidentes e da poluição do ambiente marinho que envolvam navios. Como assevera Fonseca (1989, p. 21):

A Organização Marítima Internacional (IMO) é um organismo especializado das Nações Unidas que se ocupa exclusivamente de assuntos marítimos e cujos objetivos

primordiais são promover a segurança da navegação e prevenir a poluição marinha Fonseca (1989, p. 21).

Inicialmente, a IMO denominava-se Organização Marítima Consultiva Intergovernamental (*Inter-governmental Maritime Consultive Organization* - IMCO, na sigla em inglês)¹, estabelecida pela *Convention of the Inter-governmental Maritime Consultative Organization*, adotada em 1948 e que entrou em vigor em 1962. No Brasil, essa convenção foi promulgada pelo Decreto nº 52.493, de 23 de setembro de 1963. Conforme consta da Convenção, a organização tem por finalidade:

- a) estabelecer um sistema de colaboração entre os governos no que diz respeito à regulamentação e às práticas governamentais referentes às questões técnicas de toda espécie que interessem à navegação comercial internacional, e impulsionar a adoção geral de normas as mais elevadas possível referentes à segurança marítima e à eficácia da navegação;
- b) incentivar o abandono das medidas discriminatórias e das restrições julgadas não indispensáveis aplicadas pelos Governos à navegação comercial internacional, a fim de que os recursos dos serviços marítimos sejam postos à disposição do comércio mundial sem discriminações; a ajuda e o encorajamento dispensados por um governo à sua marinha mercante nacional para fins de desenvolvimento e de segurança, não constituem em si mesmos uma discriminação, contanto que essa ajuda e esse encorajamento não se baseiem em medidas que tenham por fim restringir a liberdade dos navios de outra nacionalidade de participarem do comércio internacional;
- c) examinar conforme o exposto na Segunda Parte as questões relativas às práticas restritivas desleais de empresas de navegação marítima;
- d) examinar todas as questões relativas à navegação marítima que poderão ser trazidas a seu conhecimento por qualquer órgão ou instituição especializada da Organização das Nações Unidas;
- e) permitir a troca de informações entre governos sobre as questões estudadas pela Organização (BRASIL, 1963).

Uma importante convenção sob tutela da IMO é a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL). Inicialmente voltada para a prevenção da poluição marinha por óleo, esta convenção foi emendada em várias ocasiões para incorporar outros temas relacionados à

¹ Em 1982, o nome foi alterado para *International Maritime Organization* (IMO).

poluição causada por navios, como a prevenção da poluição do ar que foi tratada no Protocolo de 1997 e corresponde ao Anexo VI da MARPOL. Este Protocolo foi adotado em 1997, mas entrou em vigor apenas em 19 de maio de 2005.

O Anexo VI da MARPOL estabelece limites para as emissões de óxido de enxofre (SOx) e óxido de nitrogênio (NOx) de escapamentos de navios e proíbe emissões de substâncias que destroem a camada de ozônio, que incluem halons e clorofluorcarbonetos (CFCs). Além disso, estabelece limite para o teor de enxofre do óleo combustível utilizado pelos navios. (IMO, 2023 [a]).

O Anexo VI também contém disposições que permitem o estabelecimento de áreas com controles mais rigorosos sobre as emissões de enxofre, denominadas áreas com controles de emissões (ECA, na sigla em inglês). Alternativamente, os navios devem possuir um sistema de limpeza de gases de escape ou usar qualquer outro método tecnológico para limitar as emissões de SOx. (IMO, 2023 [a])

Em 15 de julho de 2011, o Comitê de Proteção ao Ambiente Marinho (MEPC, na sigla em inglês) da IMO adotou a Resolução MEPC.203(62) que incluiu regulações sobre eficiência energética para navios no Anexo VI da MARPOL, com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos navios.

A Resolução MEPC.203(62) estabeleceu o Índice de Projeto de Eficiência Energética (EEDI, na sigla em inglês), que é obrigatório para os novos navios, e o Plano de Gerenciamento de Eficiência Energética de Navios (SEEMP na sigla em inglês), para todos os navios.

O EEDI estabelece um nível mínimo de eficiência energética por milha de capacidade para diferentes segmentos de tipo e tamanho de navios. Os projetos de novos navios devem atender os níveis de referência, de acordo com o tipo e tamanho do navio. Assim, a expectativa é que o EEDI estimule a inovação e o desenvolvimento de componentes e equipamentos que influenciam a eficiência de combustível de um navio desde a fase de projeto. A cada cinco anos, o nível de eficiência energética deve ser aumentado (IMO, 2023 [b]).

O EEDI é expresso em gramas de dióxido de carbono (CO₂) por milha de capacidade do navio, e quanto menor, maior é a eficiência energética do projeto do navio. Inicialmente, o EEDI foi desenvolvido para segmentos da frota mercante mundial que correspondiam aos maiores navios e com maior dispêndio de energia, tais como: navios petroleiros, graneleiros, gaseiros, cargueiros gerais, porta-contêineres, cargueiros refrigerados e combinados. Em 2014, o MEPC adotou emendas à norma que trata do EEDI, estendendo o escopo desse índice para navios do tipo: transportadores de GNL; transportadores de carga *Roll On Roll Off* (Ro-Ro); navios de passageiros Ro-Ro e navios de cruzeiro com propulsão não convencional. (IMO, 2023 [b]).

Já o SEEMP "... é uma medida operacional que estabelece um mecanismo para melhorar a eficiência energética de um navio de maneira econômica" (IMO, 2023 [b], tradução nossa)².

O SEEMP associado ao Indicador Operacional de Eficiência Energética (EEOI), por exemplo:

permite que os operadores meçam a eficiência de combustível de um navio em operação e avaliem o efeito de quaisquer mudanças na operação, por exemplo, planejamento de viagem aprimorado ou limpeza mais frequente da hélice, ou introdução de medidas técnicas, como sistemas de recuperação de calor residual ou uma nova hélice" (IMO, 2023 [b], tradução nossa)³.

Adotados em 2011, o EEDI e o SEEMP entraram em vigor em 1º de janeiro de 2013.

A IMO destaca o EEDI e o SEEMP, ao afirmar que:

Essas medidas representam o primeiro regime global obrigatório de redução de GEE para um setor industrial internacional e têm impulsionado melhorias de eficiência energética para a frota global em todo o mundo, por mais de uma década. Regulamentos baseados em objetivos e neutros em tecnologia incentivaram o uso de tecnologias de eficiência energética, como lubrificação de ar do casco, propulsão assistida pelo vento, recuperação de calor residual etc. (IMO, 2023 [c], tradução nossa)⁴.

² "...is an operational measure that establishes a mechanism to improve the energy efficiency of a ship in a cost-effective manner." (IMO, 2023 [b]).

³ "... enables operators to measure the fuel efficiency of a ship in operation and to gauge the effect of any changes in operation, e.g. improved voyage planning or more frequent propeller cleaning, or introduction of technical measures such as waste heat recovery systems or a new propeller." (IMO, 2023 [b]).

⁴ "Those measures represent the first global mandatory GHG-reduction regime for an international industry sector and have been driving energy efficiency improvements

Em 2016, o MEPC adotou a Resolução MEPC.278(70) que introduziu emendas ao Anexo VI da MARPOL e estabeleceu que os navios obrigatoriamente devem registrar e relatar seu consumo de óleo combustível.

Em abril de 2018, o MEPC adotou a resolução MEPC.304(72) que trata da Estratégia Inicial da IMO para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de Navios (doravante, Estratégia Inicial da IMO ou apenas Estratégia Inicial). Esse documento define objetivos, ferramentas, ritmo de trabalho e princípios orientadores para os Estados-membros. De maneira resumida, trata-se de um quadro ou estrutura normativa que busca orientar os países na trajetória da descarbonização do transporte marítimo.

Ademais, essa Estratégia Inicial estabeleceu como níveis de ambição a redução das emissões de CO₂ por trabalho de transporte (intensidade de carbono), em pelo menos 40% até 2030, perseguindo esforços para 70% até 2050, em relação a 2008; e definindo uma redução de emissões anuais totais de GEE em pelo menos 50% até 2050 em comparação com 2008, ao mesmo tempo, envidando esforços para eliminá-los gradualmente. Foi também acordado pelos Estados-membros da IMO que os níveis de ambição da Estratégia Inicial seriam revisados em 2023.

A Estratégia Inicial da IMO, além de representar uma estrutura para ação futura, visando reduzir as emissões do transporte marítimo, também apresentou propostas de medidas pleiteadas de curto prazo, a serem acordadas entre 2018 e 2023; de médio prazo, a serem acordadas entre 2023 e 2030; e de longo prazo, que poderiam ser acordadas depois de 2030.

Entre as possíveis medidas pleiteadas de curto prazo, enumeram-se: melhoria do EEDI e do SEEMP; desenvolvimento de indicadores operacionais para navios novos e existentes; estabelecimento de um Programa de Melhoria da Frota Existente; uso otimizado e redução de velocidade; desenvolvimento e atualização dos planos de ação nacionais; aprimoramento de atividades de cooperação técnica gerenciadas pela IMO; desenvolvimento portuário (p. ex.: fornecimento de energia a partir de fontes renováveis); incentivos para desenvolvimento e adoção de novas tecnologias, entre outras medidas.

across the global fleet for more than a decade. Goal-based and technology-neutral regulations have incentivized the use of energy-efficient technologies such as hull air lubrication, wind assisted propulsion, waste heat recovery, etc." (IMO, 2023 [c]).

Como possíveis medidas de médio prazo que poderiam ser acordadas entre 2023 e 2030, despontam: implementação de programa para efetiva utilização de combustíveis alternativos de baixo ou zero carbono; mecanismos inovadores que incentivem a redução das emissões, incluindo, por exemplo, medidas baseadas em mercado.

Como possíveis medidas pleiteadas de longo prazo que poderiam ser acordadas após 2030, vislumbram-se: desenvolvimento e fornecimento de combustíveis livres de carbono ou origem fóssil e promover e facilitar a adoção de outros mecanismos inovadores de redução de emissões.

Em junho de 2021, sob a estrutura da Estratégia Inicial da IMO foram adotadas como medidas de curto prazo: o índice de Eficiência Energética para os Navios Existentes (EEXI, na sigla em inglês) e o indicador de classificação de Intensidade de Carbono (CII, na sigla em inglês). Em janeiro de 2023, teve início a implementação desses indicadores.

Assim, navios a partir de arqueação bruta 400 GT (na sigla em inglês de *gross tonnage*) precisam calcular seu EEXI e necessitam atingir certo nível de referência. O armador ou afretador pode escolher a tecnologia mais apropriada para cumprir os regulamentos da IMO, que pode ser limitação de potência do motor/eixo, recuperação de calor residual, propulsão assistida pelo vento, entre outras.

Com o CII, os navios são classificados de "A" a "E", conforme sua eficiência energética operacional, e o consumo de óleo combustível serve como base de referência. O CII operacional anual obtido deve ser documentado e comparado ao CII operacional anual exigido. É prevista uma redução gradual da intensidade de carbono das embarcações. Por exemplo, entre 2023 e 2026, espera-se uma redução de 2% na intensidade carbônica dos navios.

A escala de "A" a "E" indica um nível de desempenho superior maior, superior menor, moderado, inferior menor ou inferior. Caso um navio seja classificado como D por três anos consecutivos ou como E, deve elaborar-se um plano de ações corretivas.

Entre as medidas não mandatárias, ou seja, de caráter voluntário adotadas pelo MEPC, merecem destaque a Resolução MEPC.323(74),

adotada em 17 de maio de 2019, e a Resolução MEPC.327(75), adotada em 20 de novembro de 2020.

A Resolução MEPC.323(74) convida os países-membros a incentivarem a cooperação voluntária entre portos e o setor marítimo para contribuir para a redução das emissões dos navios. Entre as medidas que os portos podem adotar nessa direção temos: a oferta de energia elétrica proveniente de fontes renováveis para as embarcações enquanto estiverem atracadas; a oferta de combustíveis de baixo ou zero carbono; incentivos para promover o transporte de baixo ou zero carbono; além de medidas para otimização da atracação dos navios.

A Resolução MEPC.327(75) convida os países-membros, a elaborarem planos de ação nacionais visando a contribuir para a redução das emissões de GEE do transporte marítimo internacional.

2.2. A Experiência Internacional dos Países

Neste tópico, reunimos iniciativas e programas da União Europeia (doravante, EU, na sigla em inglês), dos Estados Unidos e de Cingapura voltados para a redução das emissões de GEE provenientes do transporte marítimo.

2.2.1. União Europeia

Em 2013, a União Europeia estabeleceu uma estratégia para reduzir as emissões de GEE da indústria marítima que consiste em três etapas consecutivas (União Europeia, 2013):

- Monitoramento, comunicação e verificação (MRV, na sigla em inglês) das emissões de CO₂ de grandes navios que frequentam os portos da EU;
- Metas de redução de GEE para o setor de transporte marítimo;
- Outras medidas, incluindo medidas baseadas em mercado, a médio e longo prazo.

Desde 1º de janeiro de 2018, grandes navios (acima de 5.000 toneladas de arqueação bruta) que carregam ou descarregam carga ou passageiros nos portos no Espaço Econômico Europeu⁵ (EEA, na sigla em inglês) devem reportar suas emissões de CO₂, além de outras informações relevantes, tais

⁵ Composto por países da EU mais Noruega, Islândia e Liechtenstein.

como consumo de combustível, distância percorrida, tempo no mar e carga transportada por viagem.⁶

Desde 2019, até 30 de abril de cada ano as empresas devem apresentar à Comissão Europeia e aos Estados em que os navios estão registrados um relatório de emissões verificadas para cada navio que tenha realizado transporte marítimo no EEA no período anterior (ano civil). Além disso, também a partir de 2019, mas até o dia 30 de junho de cada ano, as empresas devem garantir que todos os navios que tenham realizado atividades no período anterior e estejam visitando portos do EEA, tenham a bordo um documento de conformidade emitido pela THETIS MRV⁷.

Apresentado em dezembro de 2019 pela Comissão Europeia, o Pacto Ecológico Europeu (*European Green Deal*) traça o caminho para que a Europa se torne, em 2050, o primeiro continente neutro do ponto de vista climático. Para que esse objetivo seja alcançado, a Comissão Europeia adotou uma série de propostas legislativas que tem como objetivo reduzir as emissões líquidas de GEE em pelo menos 55%, em 2030, comparado aos níveis de 1990. Uma vez que todos os setores da economia são chamados a contribuir para a redução das emissões, há as seguintes propostas em discussão para o transporte marítimo:

- Estender o Sistema de Comércio de Emissões da EU (ETS, na sigla em inglês) para o transporte marítimo;
- Estimular a demanda por combustíveis renováveis e com baixo teor de carbono;
- Fomentar infraestruturas de combustíveis alternativos;
- Acelerar o fornecimento de energias renováveis na EU;
- Revisar a atual Diretiva de Tributação de Energia (ETD, na sigla em inglês), alinhando a tributação de produtos energéticos com objetivos climáticos e removendo isenções desatualizadas, como as do setor intra-EU de transporte marítimo.

⁶ Em conformidade com a Regulação 2015/757, 2016/2072, 2016/2071, 2016/1927, 2016/1928.

⁷ Sistema de registro das emissões de CO₂ dos navios, de acordo com a Regulação 2015/757.

2.2.2. Estados Unidos

Como parte dos compromissos dos Estados Unidos para enfrentar a crise climática, o governo norte-americano anunciou vários investimentos visando promover a transição para um cenário de zero emissões do transporte marítimo. Entre estas medidas temos:

- Como parte da Lei de Redução da Inflação⁸, foi incluído um programa de descontos e subsídios no montante de US\$ 3 bilhões na Agência de Proteção Ambiental para financiar equipamentos ou tecnologias de emissão zero nos portos, juntamente com assistência técnica para eletrificação e planejamento de redução de emissões e desenvolvimento de planos de ação climática nos portos.
- Também foi anunciado pelo Departamento de Transporte dos Estados Unidos que o Programa de Desenvolvimento de Infraestrutura Portuária da Administração Marítima terá US\$ 706 milhões para financiar projetos de melhoria das instalações portuárias. Estes recursos ajudarão a melhorar a confiabilidade da cadeia de suprimentos por meio do aumento da capacidade e resiliência dos portos e tornando as operações mais eficientes; também devem contribuir para reduzir as emissões portuárias e criar oportunidades de trabalho.

Além dos investimentos anunciados, os Estados Unidos também estão empenhados em estabelecer corredores marítimos verdes (*green shipping corridors*). Durante o Encontro de Líderes Mundiais da 27ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP27), os Estados Unidos anunciaram acordos de cooperação técnica sobre corredores verdes:

- Com a Coreia: para uma cooperação técnica para ajudar a facilitar o estabelecimento de um corredor marítimo verde⁹:

⁸ A Lei de Redução da Inflação (*Inflation Reduction Act*, em inglês), aprovada pelo Congresso norte-americano em agosto de 2022, prevê o investimento de US\$ 430 bilhões para o combate à inflação.

⁹ (U.S. EMBASSY....., 2022 (a)).

- Com o Canadá: para facilitar o estabelecimento de um corredor marítimo verde nos Grandes Lagos – *St. Lawrence Seaway System*¹⁰.
- Com o Reino Unido: visa criar uma força-tarefa com o objetivo de estabelecer corredores marítimos verdes entre os dois países. Entre outras atividades, a força tarefa reunirá partes interessadas subnacionais e do setor privado e colaborará para impulsionar projetos de inovação e de pesquisa e desenvolvimento¹¹.

Em janeiro de 2023, o Departamento de Energia, o Departamento de Transporte, a Agência de Proteção Ambiental e o Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos divulgaram o documento *U.S. National Blueprint for Transportation Decarbonization* que apresenta um conjunto de estratégias e ações interinstitucionais visando remover todas as emissões do setor de transporte até 2050.

Como destacado neste documento:

Apesar da variedade de potenciais combustíveis para descarbonização, tecnologias e políticas em desenvolvimento, o melhor caminho para a descarbonização do setor marítimo não está claro. As novas tecnologias marítimas podem demorar para serem adotadas, particularmente quando a segurança e padrões operacionais ainda precisam ser estabelecidos. Os navios têm um longo período de rotatividade da frota – 30 anos ou mais – então entender os custos, padrões e os requisitos são críticos para o planejamento de investimentos de longo prazo. Descarbonizar o setor até 2050 exigirá práticas inovadoras, regulamentos direcionados e uma aposta forte e imediata na inovação e implantação de tecnologias novas e emergentes.¹² (OFFICE OF ENERGY..., p. 69, tradução nossa).

Mesmo considerando este quadro, o documento enumera as seguintes ações prioritárias e alavancas para descarbonizar o setor marítimo:

¹⁰ (U.S. EMBASSY..., 2022 (b)).

¹¹ (U.S. EMBASSY..., 2022 (c)).

¹² "Despite the variety of potential decarbonization fuels, technologies, and policies under development, the best pathway for decarbonizing the maritime sector is unclear. New maritime technologies can be slow to be adopted, particularly when safety and operational standards still need to be established. Vessels have a long fleet turnover time—30 years or more—so understanding the costs, standards, and requirements is critical for long-term investment planning. Decarbonizing the sector by 2050 will require innovative practices, targeted regulations, and a strong and immediate commitment to innovation and deployment of new and emerging technologies." (OFFICE OF ENERGY..., p. 69).

- 1) Pesquisa e inovação em combustíveis alternativos e novas tecnologias:
 - a) Combustíveis líquidos e gasosos sustentáveis;
 - b) Navios elétricos;
 - c) *Cold-ironing* (fornecimento de energia elétrica limpa gerada em terra) para grandes navios enquanto estiverem atracados;
 - d) Eficiência energética e hibridização;
 - e) Energia renovável;
 - f) Tratamento de exaustão e captura de carbono.
- 2) Engajamento das partes interessadas, tanto domésticas quanto internacionais, para desenvolver e implementar estratégias de inovação;
- 3) Investimentos em infraestrutura e melhoria do projeto e planejamento em tecnologias limpas e combustíveis para aplicação marítima, financiados por programas federais novos ou já existentes.

2.2.3. Cingapura

A Autoridade Marítima e Portuária de Cingapura¹³ (MPA) possui programas que reúnem iniciativas com o objetivo de reduzir o impacto ambiental da navegação e das atividades relacionadas e promover a descarbonização da navegação marítima. Estas iniciativas estão reunidas em quatro programas denominados:

- *Green Ship Programme (GSP);*
- *Green Port Programme (GPP);*
- *Green Energy and Technology Programme;*
- *Green Awareness Programme.*

Estes programas são voluntários e visam reconhecer e incentivar as empresas que adotam práticas de transporte limpo e ecológico, além do mínimo exigido pelas convenções da IMO.

O GSP fornece incentivos para os navios de bandeira de Cingapura que voluntariamente adotem soluções que permitam que os navios excedam os padrões regulatórios ambientais estabelecidos pela IMO.

¹³ *Maritime and Port Authority of Singapore.*

Nesta direção, a MPA reduz progressivamente as taxas iniciais de registro e os impostos anuais sobre tonelagem para navios com bandeira de Cingapura que:

- Excedam os requisitos da Fase 3 do Anexo VI da MARPOL EEDI da IMO em 10% ou mais;
- Adotem motores que utilizam combustíveis de baixo carbono;
- Adotem motores que utilizam combustíveis zero carbono (por exemplo: amônia e hidrogênio).

O GPP fornece incentivos para navios que fazem escala no Porto de Cingapura e embarcações portuárias licenciadas pela MPA. Nesta direção a MPA reduz em até 30% as taxas portuárias de embarcações que fazem escala no Porto de Cingapura e cumpram os seguintes critérios:

- Redução de EEDI que exceda o requisito de EEDI da Fase 3 da IMO em 10% ou mais;
- Utilize combustível com baixo ou zero carbono no Porto de Cingapura.

O *Green Energy and Technology Programme* visa incentivar empresas com sede em Cingapura a desenvolver tecnologias verdes que possam ajudar as embarcações a cumprirem o projeto de descarbonização marítima do país, o *Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint: Working Towards 2050*.

Este projeto tem foco nas seguintes áreas:

- Terminais portuários;
- Embarcações portuárias domésticas;
- Futuros combustíveis marítimos, padrões de abastecimento e infraestrutura;
- Registro de navios em Cingapura;
- Esforços na IMO e em outras plataformas internacionais;
- Pesquisa e desenvolvimento e talento¹⁴; e
- Conscientização sobre carbono, contabilidade de carbono e financiamento verde.

¹⁴ Diz respeito ao treinamento de mão de obra qualificada e desenvolvimento de habilidades especializadas.

3. DESCARBONIZAÇÃO NO TRANSPORTE MARÍTIMO

As notícias sobre o desenvolvimento tecnológico da indústria naval na direção da construção e adaptação de embarcações movidas a combustíveis renováveis são alvissareiras: navios elétricos, navios movidos a gás, a hidrogênio, a biocombustível, enfim, a indústria marítima tem trabalhado e buscado apresentar soluções que possam contribuir para a redução das emissões de GEE, embora ainda não existam fontes alternativas de combustíveis disponíveis em larga escala.

Além desta dificuldade, há também uma preocupação em relação à eficiência dos navios, segurança da embarcação, disponibilidade de infraestrutura para o fornecimento de energia e questões que envolvem não só a segurança do trabalhador, mas também seu bem-estar nos navios movidos a combustíveis renováveis. Sem contar os custos iniciais e operacionais envolvidos com uma embarcação movida a combustível renovável ou alternativo.

Como apontado no Relatório Final do Subcomitê de Combustíveis Marítimos:

O caminho da frota global em direção ao cumprimento das metas de redução de GEE da IMO para 2050 exigirá mudanças significativas na tecnologia e nos combustíveis da embarcação, e consequentemente nas atualizações das infraestruturas relacionadas à produção, armazenamento e distribuição dos novos combustíveis e, possivelmente, no design e construção de novos navios.

Os usos de amônia, hidrogênio, metanol e eletrificação são apontados pela comunidade internacional como soluções de longo prazo, mas identificar as soluções de médio prazo adequadas representa um desafio para armadores e operadores. Essas soluções de médio prazo precisam permitir que a frota global cumpra os regulamentos do Índice de Eficiência Energética de Navios Existentes (EEXI) e do Indicador de Intensidade de Carbono (CII), para estender a vida útil das embarcações existentes por meio de retrofits, quando possível, e abrir caminho para a adoção de combustíveis sustentáveis. Gás natural liquefeito (GNL) e biocombustíveis podem oferecer benefícios a médio prazo usando a tecnologia e infraestrutura existentes ou com pequenos ajustes (SUBCOMITÊ DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS, 2022, p. 18-19).

Nos tópicos a seguir, discutiremos algumas questões relacionadas às medidas de eficiência energética adotadas no setor marítimo, além de combustíveis alternativos, corredores verdes marítimos e o emprego do hidrogênio verde nos navios.

3.1. Medidas de eficiência energética adotada pelo setor de transporte marítimo

Como vimos na primeira seção, a IMO estabeleceu diversas exigências para melhorar a eficiência energética dos navios e reduzir suas emissões de GEE. Entre as medidas adotadas, temos o estabelecimento do Índice de Projeto de Eficiência Energética (EEDI); do Plano de Gerenciamento de Eficiência Energética de Navios (SEEMP); do Índice de Eficiência Energética para os Navios Existentes (EEXI) e o indicador de classificação de Intensidade de Carbono (CII).

Em 2023, entrou em vigor para todos os tipos de embarcações a exigência da IMO quanto ao EEXI e CII. Por um lado, essa medida deve contribuir para a redução das emissões provenientes do transporte marítimo. Por outro lado, provavelmente reduzirá a capacidade de transporte, ao estipular velocidades de navegação mais lentas para economizar combustível e exigirá a adaptação e reciclagem de algumas embarcações (UNCTAD, 2022, p. XXII).

Considerando que o CII fornecerá uma classificação de navios internacionalmente verificada e reconhecida, uma má classificação quanto a intensidade de carbono pode, em alguns casos, afetar a cobertura de seguro e a responsabilidade do afretador. Além disso, empresas com baixa classificação podem se tornar menos atraentes para os proprietários de cargas nos mercados de afretamento e ter maiores dificuldades para acessar investidores e capital financeiro.

Além de alterações operacionais nos navios que geram economia de combustível e melhoraram a eficiência energética, os proprietários das embarcações também podem buscar combustíveis alternativos, como GNL (gás natural liquefeito), metanol, amônia ou eletricidade. No entanto, os combustíveis alternativos ainda custam entre duas e cinco vezes mais que os combustíveis convencionais e, conseqüentemente, ainda não são viáveis comercialmente. Uma alternativa utilizada pelos proprietários de navios é manter em suas frotas embarcações que operam com dois tipos de combustíveis. Em 1º de março de 2022, da carteira de novos pedidos de navios, 40% correspondiam a embarcações que podiam operar com um ou mais combustíveis (UNCTAD, 2022, p. XVII).

3.2. Principais alternativas ao bunker

Os combustíveis marítimos fósseis são amplamente utilizados no setor marítimo, sendo o óleo combustível marítimo (OCM) e o óleo diesel marítimo os mais comuns. O OCM também apresenta outras denominações tais como: MF (*marine fuel*); VLSFO (*very low sulfur fuel oil* ou *bunker*), enquanto o óleo diesel marítimo, também é chamado de DMA, DMB ou gasóleo (MGO)¹⁵. Esses combustíveis geram preocupações ambientais devido às suas altas emissões GEE e poluentes locais.

Sabe-se que a melhoria da eficiência energética dos navios não será suficiente para promover a esperada redução das emissões de GEE e que será necessária a substituição de combustíveis fósseis das embarcações por combustíveis de fontes renováveis:

Embora o transporte marítimo tenha conseguido grande avanço na redução das emissões de GEE, por meio da melhoria da eficiência energética dos navios, com a implementação de medidas técnicas e operacionais, observa-se que será necessária a substituição de grande parcela dos vetores energéticos fósseis, hoje dominantes no setor (bunker e o óleo diesel marítimo), por combustíveis renováveis, para que a meta de redução de 50% das emissões absolutas de GEE seja atendida (SUBCOMITÊ DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS, 2022, p. 19).

No entanto, sabe-se também que a escolha de um combustível marítimo depende de questões como preço, segurança, infraestrutura de abastecimento, transporte, além do próprio desenvolvimento tecnológico das embarcações. Assim,

... alguns combustíveis têm sido apresentados pela comunidade marítima internacional como soluções de longo prazo, tais como a amônia, hidrogênio e metanol, e para o curto/médio prazo menciona-se o GNL e alguns biocombustíveis (SUBCOMITÊ DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS, 2022, p. 19).

O gás natural liquefeito (GNL) é uma alternativa de baixa emissão que já é usado como combustível principal em alguns navios e tem estrutura de

¹⁵ Conforme definição dada pela PETROBRAS: "Os combustíveis utilizados em navios podem ser classificados em duas categorias: os residuais ou óleos combustíveis marítimos, que recebem a denominação de COM, MF (*marine fuel*), VLSFO (*very low sulfur fuel oil*) ou *bunker*, e os produzidos a partir de frações mais leves do processo de refino (gasóleos atmosféricos, majoritariamente) e que são chamados de diesel marítimo, DMA, DMB ou *marine gasoil* (MGO)." (PETROBRAS, 2021, p. 4).

abastecimento estabelecida, com procedimentos documentados por sociedades classificadoras, o que o torna uma tecnologia mais madura. No entanto, o armazenamento e abastecimento do GNL são considerados complexos devido às condições criogênicas necessárias. Esse combustível pode ser uma alternativa num contexto de transição energética, mas provavelmente não seria uma solução de longo prazo (SUBCOMITÊ DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS, 2022, p. 20).

Como alternativa de combustível marítimo há também o metanol, predominantemente produzido a partir do gás natural. Mas também pode ser produzido a partir de fontes renováveis, como a biomassa. Embora sua produção como combustível verde ainda seja limitada, seus custos de manuseio são baixos, reduzindo a complexidade da infraestrutura de armazenamento e abastecimento nos portos.

Quanto aos biocombustíveis, estes são obtidos a partir de matérias orgânicas secas ou óleos combustíveis produzidos a partir de plantas. São considerados combustíveis renováveis desde que a vegetação a partir da qual foi produzida seja mantida ou replantada. São considerados biocombustíveis avançados aqueles que não são derivados de alimentos como soja e milho.

Entre os biocombustíveis com possível uso marítimo, temos o biodiesel e o biometanol que são produzidos a partir de fontes renováveis e têm baixas emissões de GEE. O biodiesel é um combustível bem estabelecido e tem uma cadeia de distribuição consolidada. Há empresas de navegação realizando testes de mistura de combustível marítimo fóssil (por exemplo VLSFO) e biodiesel, que tem sido considerada uma alternativa para a melhoria do índice de Intensidade de Carbono (CII) para os navios que não satisfazem os critérios exigidos. No entanto, o biodiesel tem uma baixa estabilidade oxidativa, alta higroscopicidade¹⁶ e baixo ponto de fluidez.

O hidrogênio pode ser uma alternativa de combustível marítimo com baixas emissões de GEE e zero emissões de NOx, SOx e material particulado, mas apresenta desafios relacionados à segurança, armazenamento e transporte. O hidrogênio pode ser produzido a partir de combustíveis fósseis, biomassa ou eletricidade renovável, sendo a opção mais sustentável o

¹⁶ Capacidade de absorver água.

hidrogênio verde, produzido por eletrólise da água alimentada por energia renovável.

O hidrogênio marrom e o cinza são tipos de hidrogênio produzidos a partir de combustíveis fósseis, o hidrogênio marrom, a partir do carvão, e o cinza, a partir do gás natural. Ambos os processos emitem dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa, e por isso, são menos ambientalmente amigáveis do que o hidrogênio verde, cujo custo, no entanto, é atualmente mais alto do que o de seus equivalentes derivados de combustíveis fósseis, que tendem a persistir como as principais fontes de produção de hidrogênio em todo o mundo, até que a redução do custo de produção do hidrogênio verde seja suficiente para torná-lo competitivo no setor marítimo.

A amônia verde tem sido considerada cada vez mais uma opção promissora para descarbonização do transporte, em função do seu potencial vetor energético sustentável. No entanto, apresenta desafios para o transporte de longa distância devido à baixa densidade energética uma vez que requer volume de armazenamento três vezes superior ao do combustível convencional. Ademais, a amônia apresenta elevado custo para eletrólise e não é considerada uma tecnologia totalmente madura, especialmente em termos de uso como combustível, apesar de ter grande aplicação na indústria química.

Quanto a sistemas totalmente elétricos, no momento, essa alternativa está limitada a um número bastante reduzido de tipos e porte de embarcações que trafegam pequenas distâncias de navegação.

Embora cada alternativa tenha suas vantagens e desvantagens, é preciso considerar a disponibilidade, a maturidade tecnológica, a economicidade e a sustentabilidade ao optar por um combustível marítimo. É provável que a transição para combustíveis de baixa emissão seja um processo gradual e complexo, envolvendo mudanças significativas na infraestrutura global de abastecimento e na capacidade de transporte.

Para aumentar o uso de combustíveis alternativos, os portos também precisam dispor de infraestrutura de fornecimento de energia de baixa emissão. (UNCTAD, 2022, p. XXVII)

Além da emissão de CO₂, os navios também são fontes importantes de poluição do ar. Desde 2020, os navios devem utilizar combustíveis que

tenham menos de 0,5% de teor de enxofre. Em 2021, o MEPC adotou diretrizes atualizadas para sistemas de limpeza de exaustão, bem como uma resolução instando o uso voluntário de combustíveis alternativos mais limpos ou métodos de propulsão que possam contribuir para a redução das emissões de carbono negro de navios que operam no Ártico ou imediações. (UNCTAD, 2022, p. XXVIII).

3.3. Corredores verdes

Os corredores verdes (*green corridors*) podem ser definidos como rotas marítimas entre dois ou mais *hubs* portuários (incluindo escalas intermediárias) nos quais soluções tecnológicas, econômicas e regulatórias viáveis de operação com emissão zero para o transporte marítimo são demonstradas e apoiadas por meio de ações público-privadas oferecendo oportunidade para aceleração do progresso para lidar com os desafios de descarbonização marítima (GETTING TO ZERO COALITION, 2021, p. 16).

Na Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima que aconteceu em Glasgow, a COP26, foi lançada para assinatura a Declaração Clydebanks, cujos signatários se comprometem a apoiar o estabelecimento de pelo menos seis corredores verdes até meados desta década e aumentar as atividades nos anos seguintes, apoiando o estabelecimento de mais rotas, de rotas mais longas e/ou com mais navios nas mesmas rotas.

Para alcançar esses objetivos, os signatários da declaração se comprometem a:

- Facilitar o estabelecimento de parcerias, com a participação de portos, operadores e outros ao longo da cadeia de valor, para acelerar a descarbonização do setor de transporte marítimo e seu suprimento de combustível por meio de projetos de corredores de navegação verde;
- Identificar e adotar medidas para suplantar barreiras à formação de corredores verdes;
- Considerar a inclusão de disposições sobre corredores verdes na elaboração ou revisão de Planos de Ação Nacionais;
- Trabalhar para assegurar que seja dada consideração mais ampla aos impactos ambientais e à sustentabilidade ao buscar estabelecer corredores de navegação verde.

Até o início de julho de 2023, 24 países haviam assinado a Declaração Clydebank, entre eles Austrália, Bélgica, Canadá, Chile, Costa Rica, Dinamarca, Fiji, Finlândia, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Japão, Ilhas Marshall, Marrocos, Países Baixos, Nova Zelândia, Noruega, Palau, Cingapura, Espanha, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos.

Segundo a UNCTAD, até março de 2022, dois corredores verdes haviam sido estabelecidos – um entre Los Angeles e Shanghai e outro entre Antuérpia e Montreal (UNCTAD, 2022, p. 155).

Se por um lado, os corredores verdes podem impulsionar a descarbonização do setor marítimo, por outro lado, podem dar origem a um sistema de dois níveis de portos, navios e corredores marítimos em que apenas uma pequena proporção está pronta para a energia alternativa, situação esta que acaba por limitar o número de rotas potenciais (UNCTAD, 2022, p. 27).

3.4. Levantamento de frota marítima que opera combustíveis que emitem menos GEE

Em junho de 2023, a frota mundial somava 106.246 embarcações. Desse montante, apenas uma pequena fração corresponde a embarcações movidas a combustíveis alternativos – 1.463 navios – o que representava 1,38% do número de embarcações ou 5,5% em termos de arqueação bruta. Conforme os dados da Clarksons, são considerados navios movidos a combustíveis alternativos, aqueles que utilizam GNL, GLP, metanol, hidrogênio, energia nuclear, biocombustível, célula de combustível, etano, propulsão por bateria, propulsão híbrida de bateria.

Embora a participação de embarcações movidas a combustíveis alternativos seja pequena, mesmo considerando a arqueação bruta como critério, a participação desse tipo de embarcação nos novos pedidos vem crescendo nos últimos anos e em junho de 2023, representavam 28% das encomendas. Em junho de 2023, havia 4.990 pedidos de navios, sendo 1.390 de navios movidos a combustíveis alternativos.

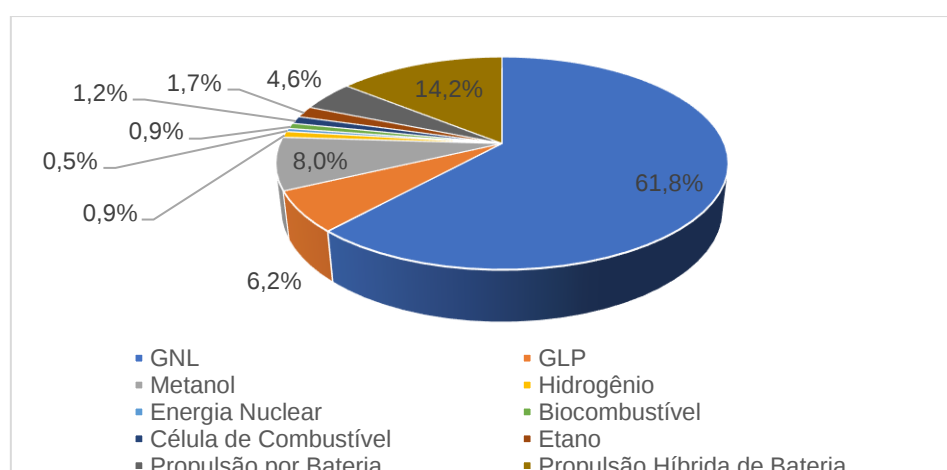
Das encomendas de navios a combustíveis alternativos, cerca de 62% dos pedidos referem-se a navios movidos a GNL, seguido de 14% de navios a propulsão híbrida de bateria e 8% a metanol.

Tabela 1: Frota Mundial de Navios

Data	Número de Embarcações		Arqueação Bruta	
	Total	Combustíveis Alternativos	Combustíveis Alternativos	Combustíveis Alternativos
	Nº	Nº	Participação %	Participação %
dez-2005	69.922	75	0,11	0,77
dez-2006	72.425	89	0,12	0,91
dez-2007	75.052	108	0,14	1,03
dez-2008	78.272	125	0,16	1,15
dez-2009	81.163	148	0,18	1,24
dez-2010	84.139	171	0,20	1,35
dez-2011	86.716	192	0,22	1,37
dez-2012	89.094	208	0,23	1,34
dez-2013	91.140	242	0,27	1,46
dez-2014	93.086	294	0,32	1,72
dez-2015	95.000	352	0,37	1,95
dez-2016	96.505	425	0,44	2,28
dez-2017	97.831	496	0,51	2,51
dez-2018	99.115	603	0,61	2,97
dez-2019	100.799	742	0,74	3,33
dez-2020	102.150	859	0,84	3,70
dez-2021	103.626	1.071	1,03	4,41
dez-2022	105.365	1.325	1,26	5,06
jun-2023	106.246	1.463	1,38	5,50

Fonte: *Clarksons World Fleet Register*

Gráfico 1: Encomendas de Navios a Combustíveis Alternativos por Tipo de Combustível



Fonte: *Clarksons World Fleet Register*

Como descrito no relatório da UNCTAD, os proprietários de navios ainda têm dúvidas quanto ao quesito custo-eficiência dos combustíveis alternativos

e em relação à melhor maneira de reduzir as emissões de GEE e, portanto, estão segurando a compra de novos navios e mantendo as frotas existentes (UNCTAD, 2022, p. 46). Desta forma:

A aceitação de combustíveis alternativos está avançando lentamente. Nos últimos anos, o investimento aumentou no combustível de transição (fóssil) GNL. Em agosto de 2022, a proporção da frota com capacidade para GNL aumentou de 2,0 para 2,4 por cento, embora em termos de porte bruto foi de 21 para 31 por cento (UNCTAD, 2022, p. 46, tradução nossa)¹⁷.

Uma iniciativa que visa identificar navios que apresentam desempenho na redução de emissões atmosféricas superior ao exigido pelos atuais padrões de emissão da IMO é o Índice Ambiental de Navios (*Environmental Ship Index*, ou ESI). Esse índice é um dos projetos do Programa Mundial de Sustentabilidade dos Portos (*World Ports Sustainability Program*) fundado pelo IAPH (*International Association of Ports and Harbors*).

O ESI avalia a quantidade de óxido de nitrogênio (NOx), óxido de enxofre (SOx) que é liberado por um navio e inclui um esquema de relatórios sobre a emissão de GEE do navio.

Os navios são pontuados e recebem descontos ou incentivos ao atracarem nos portos que fazem parte do programa. Atualmente, há 6.682 embarcações pontuadas e 60 portos cadastrados¹⁸. Dentre os portos brasileiros que fazem parte do programa destacam-se: Porto de Pecém, Porto do Açu, Porto de Suape e Porto de Itaquí.

3.5. Aplicações do hidrogênio verde para a descarbonização de navios

Denominado hidrogênio verde é o hidrogênio (H₂) obtido pela eletrólise da água (H₂O), utilizando fontes renováveis (verde), isto é eletricidade de fonte renovável, como a hidroeletricidade ou a energia eólica ou solar. Assim, é o hidrogênio com pegada de carbono quase zero, quase zero emissões de GEE e zero emissão de óxido de nitrogênio (NOx), óxido de enxofre (SOx) e material particulado. Há diversos métodos de eletrólise que estão sendo

¹⁷ "The uptake of alternative fuels is advancing slowly. In recent years investment has surged in the transitional (fossil) fuel LNG. In the year from August 2022, the proportion of the fleet that was LNG-capable increased from 2.0 to 2.4 per cent, though in terms of the dead-weight tonnage on order from 21 to 31 per cent." (UNCTAD, 2022, p. 46)

¹⁸ <https://www.environmentalshipindex.org/>.

explorados: a "divisão de água em alta temperatura"; a "divisão fotobiológica da água"; a "separação fotoeletroquímica da água".

O hidrogênio verde pode ser considerado o combustível marítimo com menor emissão. O uso de hidrogênio (H_2) em células a combustível é considerada a principal alternativa para utilização nos navios. O elevado potencial de expansão das fontes renováveis de energia (solar e eólica) representa uma grande vantagem para sua produção e utilização no longo prazo. A densidade energética do hidrogênio em base mássica é a mais alta dentre todos os potenciais combustíveis marítimos alternativos, mas em base volumétrica, mesmo quando liquefeito, é menor. Para obter o mesmo conteúdo de energia do óleo diesel marítimo, por exemplo, é necessário cerca de quatro vezes o volume de hidrogênio.

Atualmente, o armazenamento comprimido ou liquefeito de hidrogênio puro pode parecer prático apenas para navios pequenos, mas os fabricantes de motores estão explorando tecnologias para apoiar seu uso em navios de grande porte.

O transporte de hidrogênio apresenta desafios adicionais para armazenamento. Suas moléculas menores o tornam mais sujeito a vazamentos e, junto a sua inflamabilidade, podem dificultar o transporte. Dessa forma, o desenvolvimento de transporte e logística eficazes e seguros é essencial para sua adoção como combustível marítimo. O Brasil tem sido considerado privilegiado para a produção de hidrogênio verde, especialmente em função do grande potencial de energia renovável (SUBCOMITÊ DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS, 2022).

Não são considerados verdes aqueles hidrogênios produzidos a partir de fontes não-renováveis de energia. Por exemplo, é denominado hidrogênio cinza aquele produzido a partir do gás natural com fonte de produção (75% da produção mundial); hidrogênio marrom, produzido utilizando o carvão como fonte de produção (23% da produção mundial). Atualmente, os hidrogênios cinza e marrom têm como principais consumidores as indústrias químicas e refinarias, que utilizam 90% da produção global. Nessas indústrias, o hidrogênio não é usado como combustível, mas como insumo para seus processos (SUBCOMITÊ DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS, 2022).

Quanto aos custos, estima-se que atualmente o custo do hidrogênio marrom e cinza varie entre US\$1 e 4/kg, enquanto o custo do hidrogênio verde varia entre US\$ 6-8/kg. Embora tenha havido queda de cerca de 50% no custo de produção do hidrogênio desde 2015 e a expectativa é que esta trajetória deve continuar na próxima década, estima-se que custo do hidrogênio verde deva cair para US\$ 2/kg para tornar-se competitivo para uso no setor marítimo (IEA, 2019 apud Subcomitê de Assuntos Marítimos, 2022, p. 30).

4. DESCARBONIZAÇÃO NOS PORTOS

Enquanto a IMO sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) estabeleceu estratégias de curto, médio e longo prazos para redução de emissões de GEE no transporte marítimo mundial, nota-se muito menos foco nas infraestruturas que dão suporte ao transporte aquaviário.

A descarbonização dos portos, não obstante, vem sendo cada vez mais uma exigência regulatória, a exemplo do *Green Deal* de 2021 da União Europeia, quando se definiram metas de redução em 90% das emissões para as cidades portuárias da EU em 2050, bem como, vem sendo uma demanda dos próprios usuários e *stakeholders* dos portos, a exemplo das empresas de logística cada vez mais comprometidas com medir e reduzir emissões de GEE; indústrias e varejistas se agrupando em consórcios com transportadores marítimos para explorar combustíveis marítimos alternativos, como por exemplo GNL, etanol e hidrogênio; e bancos de investimento oferecendo empréstimos com incentivos de performance para clientes do transporte marítimo baseados em melhorias em pontuações de ESG para estimular operações marítimas mais sustentáveis¹⁹.

4.1. O papel dos portos na redução das emissões de GEE dos navios (e de suas emissões de GEE e dos serviços portuários prestados)

Os portos são responsáveis por uma variedade de emissões de carbono diretas ou indiretas dentro das atividades logísticas, tais como estruturas em terra movidas a diesel (para movimentação de contêineres, guindastes etc.), consumo de energia elétrica de fontes não renováveis usada para energizar prédios, iluminação e máquinas, e outras emissões indiretas dos veículos que

¹⁹ Para mais informações: PIANC (2019) e INNOENERGY [2023].

usam o porto para carregamento e descarregamento, bem como armazéns (INNOENERGY [2023]).

Ao longo da vida útil de portos e instalações portuárias, desde o projeto, construção, operação e extinção, a fase operacional é a mais longa e representa o período de maior emissão de GEE.

O CO₂ tipicamente constitui mais de 99% das emissões de GEE relacionadas a combustão provenientes de operação portuária. Enquanto diversos gases têm níveis mais altos de Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential* - GWP), o CO₂ é emitido em quantidades muito maiores e responde por 76% do GWP de todos GEE emitidos mundialmente. Os gases CO₂, CH₄ e N₂O são, certamente, as emissões mais significativas nas operações portuárias e são produzidas principalmente na combustão de combustíveis fósseis (PIANC, 2019).

A par de atividades portuárias tradicionais com carga, logística e apoio à indústria marítima, os grandes portos, ou minicidades também dão suporte a indústrias intensivas em energia tais como a indústria química, de cimento, e fabricação, e algumas apoiam a própria indústria de energia na forma de geração de energia, importação e exportação, e rede de energia. Todos esses polos industriais apresentam variados caminhos para a descarbonização e a transição para energia limpa.

Nesse sentido, atividades portuárias e processos industriais representam oportunidades de descarbonização, valendo-se da eletrificação (por fontes renováveis) de equipamentos e processos industriais, maior eficiência energética, tecnologias inteligentes, e sistemas de eletricidade em terra para navios atracados (sistemas OPS), utilização de hidrogênio verde, emprego de modelos de produção circular e utilização de calor perdido (INNOENERGY, 2023).

Além disso, a gestão da fonte energética é uma preocupação crescente entre os portos. A infraestrutura pode ser um contribuinte significativo para emissões de GEE devido ao uso de energia (por exemplo, elétrica e gás natural) demandada por prédios e estruturas operacionais. Dessa forma, avaliar fontes de energias e combustíveis alternativos (incluindo renováveis) pode ser uma medida-chave na gestão do carbono. A mudança para movimentação elétrica de carga com zero-emissão por algumas

entidades irá aumentar significativamente a demanda por eletricidade (PIANC, 2019).

Mais recentemente, portos e instalações estão buscando a produção/uso de fontes locais de energia renovável - por exemplo solar, eólica, marés, hídrica - assim como aumentando eficiências energéticas operacionais e/ou melhorando infraestrutura elétrica - por exemplo, no uso de *smart* e *micro-grids* - que permite a gestão ativa e ajuste automáticos a condições cambiantes na demanda e fonte de energia elétrica (PIANC, 2019).

Tradicionalmente, os portos foram e continuam sendo importantes *hubs* de fornecimento, produção, exportação e importação de energia convencional. Cerca de 40% das *commodities* que transitam por portos europeus são relacionadas a energia. Na contínua transição em direção a combustíveis alternativos, portos já são indispensáveis para a oferta e demanda de combustíveis, e estão se preparando para contribuir ainda mais para a economia de emissão zero.

Nas suas capacidades de serem *hubs* de energia limpa, portos desempenham diversos papéis no suprimento, produção, comércio, armazenagem, importação e exportação de energia renovável. Fornecem importante infraestrutura de abastecimento para o transporte marítimo e outros modais que convergem na área portuária. Também auxiliam em satisfazer as necessidades das indústrias localizadas em áreas portuárias.

Os portos são cruciais na importação e exportação de hidrogênio e energias renováveis na Europa. Além disso, fornecem o local para a produção limpa de hidrogênio e combustíveis derivados de hidrogênio tais como amônia, com grande número de portos atualmente considerando a introdução de soluções no método *Power-to-X*, utilizando eletricidade limpa para a produção de hidrogênio, metano e amônia.

De maneira crescente, portos fornecem a ligação para o fornecimento de energia eólica *offshore* e de ondas/marés e desempenham papel semelhante na energia *onshore* renovável gerada por biomassa, eólica e solar em áreas portuárias (ESPO, 2021), funcionando como importantes facilitadores da transição para energia renovável e *hubs* de energia limpa (INNOENERGY, 2023).

No contexto da descarbonização da indústria marítima, será imperativo para os portos auxiliarem na transição das embarcações para energia limpa. Eletrificação e o uso de hidrogênio verde ou bioenergia poderão ser cruciais para fomentar a transição, e os portos terão um papel-chave em fornecer estações de recarga/reabastecimento para as embarcações com nova propulsão. Também a hibridização de embarcações e infraestrutura relacionada pode ter um papel importante em reduzir emissões nessa fase de transição (INNOENERGY, 2023).

Diretrizes internacionais, assim como específicas de cada país, tais como as da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* - USEPA)²⁰, delineiam métodos para estimar emissões de fontes operacionais móveis tipicamente associados a portos, consideradas as cinco fontes primárias de emissão: navios; embarcações de apoio portuário, tais como rebocadores; equipamentos de movimentação de carga; ferrovias; veículos terrestres, tais como caminhões e ônibus de passageiros. A USEPA avaliou estratégias para redução de emissão em portos nos EUA baseando-se em custo de capital, penetração de mercado, barreiras de mercado, financiamento, e percentual de redução de carbono baseado no nível de linha base de emissões.

A maior parte das emissões de navios durante sua estadia no porto é proveniente das operações dos motores auxiliares quando as máquinas da propulsão do navio estão desligadas, a não ser que utilizem sistema OPS. Para a redução de emissões, o uso de energia em terra tem o maior efeito na redução de emissão de carbono de navios porta-contêineres, inclusive aqueles que transportam contêineres refrigerados, bem como navios de cruzeiro, com uma redução estimada de 22,4 a 37,6%, segundo o estudo da USEPA. Já a redução de emissões de carbono decorrente da diminuição do tempo de uso das infraestruturas por meio de melhoras de eficiência no carregamento e descarregamento de navios de contêineres é estimada em 7,8%. Por sua vez, a captura e reutilização de gases de escape do navio utilizando um Sistema Avançado de Controle de Emissões Marítimas (*Advanced Marine Emission Control System* - AMECS) reduz a emissão de NOx e material particulado, porém aumenta a emissão de carbono do escape em

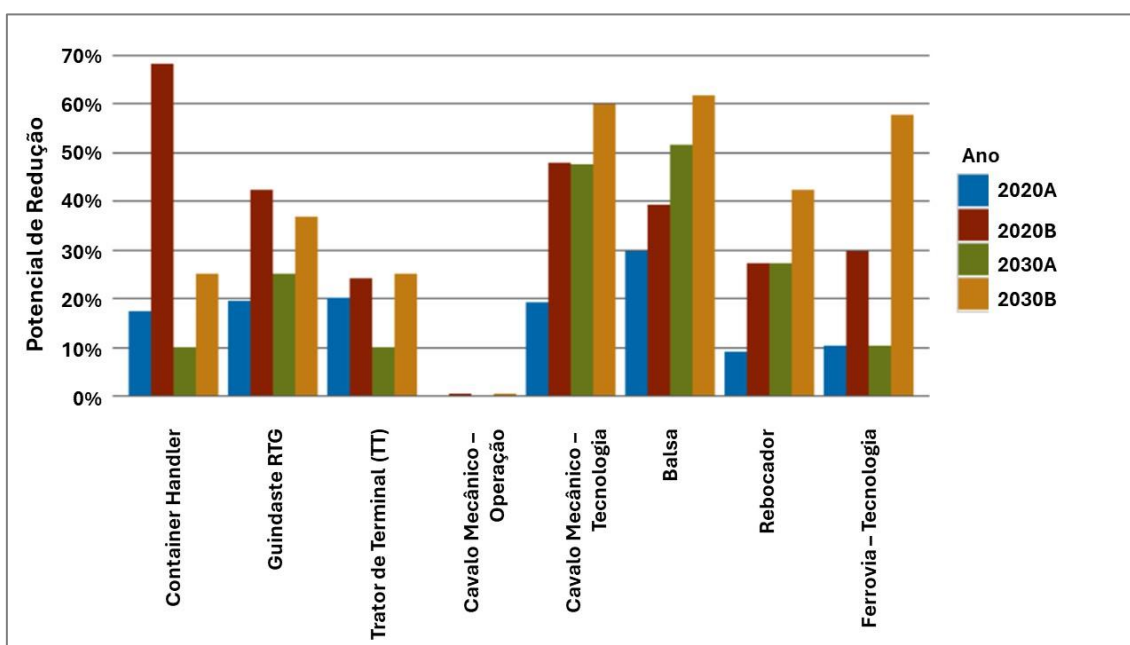
²⁰ Ver: U.S. *Environmental Protection Agency* (2009) e (2016 apud PIANC, 2019).

7,4 a 9,5% (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016 apud PIANC, 2019).

O Porto de Kaohsiung, em Taiwan, implementou medidas de mitigação de emissões do porto no âmbito de um programa de redução de velocidade dos navios para um nível ótimo de até 12 nós numa zona de 20 milhas náuticas ao redor do porto. Os resultados mostraram que emissões de carbono foram reduzidas em 68,5% por conta desta medida. Além disso, a substituição de geradores a diesel por sistemas OPS reduziu os GEE em 57,2% e as matérias particuladas em 39,4%. Ambas as estratégias reunidas reduziram as emissões em 71 a 91% (CHANG; WANG, 2012).

Os equipamentos de movimentação de contêiner (*Cargo Handling Equipment* - CHE) têm potenciais para redução de emissões de carbono estimados entre 38 e 58% para o ano de 2050, pela via da eletrificação: 1) *Container handlers*; 2) RTGs; e 3) Caminhões de pátio movidos a combustíveis alternativos (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2016 apud PIANC, 2019).

Gráfico 2: Comparativo entre potenciais de redução relativos de carbono no segmento exceto navio



Fonte: PIANC (2019, p. 57)

O mesmo estudo da USEPA avaliou também estratégias operacionais e sua otimização para redução de emissões de carbono: automatização de *gates* do terminal; redução de filas em *gates* de entrada; e ampliação do horário de funcionamento de *gates* (PIANC, 2019).

4.2. Iniciativas dos portos para redução de suas emissões de GEE e dos serviços portuários prestados

Devido à natureza complexa e multifacetada dos portos, uma estratégia coordenada e de múltiplas abordagens entre Autoridades Portuárias e todas as partes interessadas dentro dos portos é vital para maximizar a adoção de tecnologias neutras em carbono (INNOENERGY, 2023).

Nesse contexto, a Organização de Portos Marítimos Europeus (*European Sea Ports Organization* - ESPO), entidade que representa Autoridades Portuárias, associações portuárias e administrações portuárias de portos marítimos de 22 Estados-membros da União Europeia e a Noruega, integrante da EcoPorts – a principal iniciativa ambiental do setor portuário Europeu – elaborou o Guia Verde 2021 da ESPO cujo principal propósito é funcionar como um manual para auxiliar os portos em suas trajetórias verdes, desde a visão até as boas práticas; estabelecer e diferenciar os papéis e as responsabilidades da Autoridades Portuária, da área portuária e da comunidade ao redor do porto; explicar como os portos podem contribuir positivamente para a transição energética da economia como um todo, ao mesmo tempo que mitiga externalidades negativas; apresentar uma série de exemplos de práticas verdes nos portos europeus (ESPO, 2021).

Com o intuito de dar significado ao termo “Porto Verde”, o Guia Verde 2021 ESPO definiu a qual nível o termo “porto” se refere:

- a) Autoridade Portuária;
- b) Área portuária, onde uma distinção é feita entre atividades relacionadas ao transporte dentro da área portuária e outras atividades incluindo indústria, energia, imóveis, etc. dentro da área portuária; ou
- c) A comunidade geral ao redor do porto.

Nesse contexto, as Autoridades Portuárias geralmente possuem pequena pegada ambiental própria, entretanto os portos são lugares onde ocorre muita poluição e emissões. Desse modo, tornar verde o “porto” inclui

reduzir as externalidades negativas geradas tanto pela Autoridade Portuária, como também pelo transporte e indústria na área portuária. Enquanto a Autoridade Portuária é totalmente responsável pela redução de emissões e outras externalidades relacionadas à sua própria infraestrutura, equipamentos e atividades, os atores relacionados ao transporte e à indústria devem definir suas próprias agendas, objetivos e planos para a descarbonização. Autoridades Portuárias devem dar apoio e incentivar esses esforços, criando um caminho conjunto para um futuro sustentável.

A figura a seguir ilustra o nível de influência e o papel que a Autoridade Portuária desempenha sobre os esforços de descarbonização na área portuária e ao redor. As tonalidades da cor verde escuro ilustram maior grau de influência da Autoridade Portuária enquanto as tonalidades de verde mais claro ilustram a redução do poder de influência das Autoridades Portuárias nos esforços ambientais:

Figura 1: grau de influência e o papel das Autoridades Portuárias na área portuária e além



Fonte: ESPO (2021, p. 15)

Tornar a área portuária verde envolve todos os atores na área do porto. Além de tornar verde as atividades e operações sob responsabilidade direta

da Autoridade Portuária, inclui ampla gama de atividades que os diferentes *stakeholders* desempenham na área portuária. Autoridades Portuárias podem atuar como catalizadoras ao incluir ferramentas que facilitem, promovam, conscientizem e incentivem a descarbonização de seus *stakeholders* em suas estratégias portuárias e planos. As Autoridades Portuárias podem utilizar ferramentas tais como descontos verdes, metas de utilização de modais, cláusulas específicas em contratos de arrendamento e concessões, ou cartas de intenções/memorandos de entendimento.

Atividades relacionadas ao transporte em portos referem-se ao transporte marítimo, incluindo atividades relacionadas tais como movimentação de carga, serviços a passageiros, serviços de reboque, etc. assim como transporte à hinterlândia e suas infraestruturas e operações relacionadas. Medidas e iniciativas para reduzir as externalidades negativas do transporte podem incluir medidas operacionais e técnicas, assim como metas de utilização de modais, e medidas de eficiência. A Autoridade Portuária pode ter um papel significativo no aumento da eficiência e facilitação da conectividade das operações portuárias de modo geral, mas também depende da cooperação próxima e responsabilidade de todos *stakeholders* do transporte a respeito de suas próprias operações.

No que se refere a portos-indústria, embora a pegada de carbono da Autoridade Portuária em si seja frequentemente limitada, ser a localização de vários setores econômicos faz com que os portos sejam vistos como áreas de consideráveis externalidades negativas. O papel e a capacidade da Autoridade Portuária em influenciar as ações e objetivos sustentáveis de *stakeholders* não relacionados ao transporte são frequentemente muito limitadas a definir prioridades e metas quando arrendando áreas portuárias ou perseguindo uma estratégia ativa em atrair negócios mais sustentáveis. Entretanto, polos industriais em portos contribuem positivamente para a agenda de descarbonização na medida em que se reduz o transporte até o porto. No campo energético, os portos desempenham um papel crescente na produção, fornecimento e distribuição de energia renovável.

Por fim, em relação à comunidade geral ao redor do porto, apesar de seu papel relativamente reduzido, os portos podem atuar positivamente

enquanto *hubs* de energia, transporte e inovação verde, tornando-se parceiro na transição energética da economia como um todo.

As ambições do Guia Verde 2021 ESPO servem como uma declaração de intenções a que se comprometem os portos membros, fornecendo um guia e direção para os portos quando elaborando seus planos individuais sem que limite objetivos ainda mais ambicioso de emissão zero já definidos por vários portos europeus. As ambições do Guia Verde baseiam-se nas dez primeiras prioridades ambientais (*Environmental Top Priorities*) dos portos europeus, ao mesmo tempo que leva em consideração o *Green Deal* europeu e os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU. As dez prioridades ambientais do setor portuário europeu são: qualidade do ar, mudança climática, eficiência energética, ruídos, relacionamento com a comunidade local, resíduos de navios, qualidade da água, lixo/resíduos do porto, operações de dragagem e desenvolvimento portuário.

Figura 2: As prioridades ambientais do setor portuário europeu: 1º decil (Top 10)



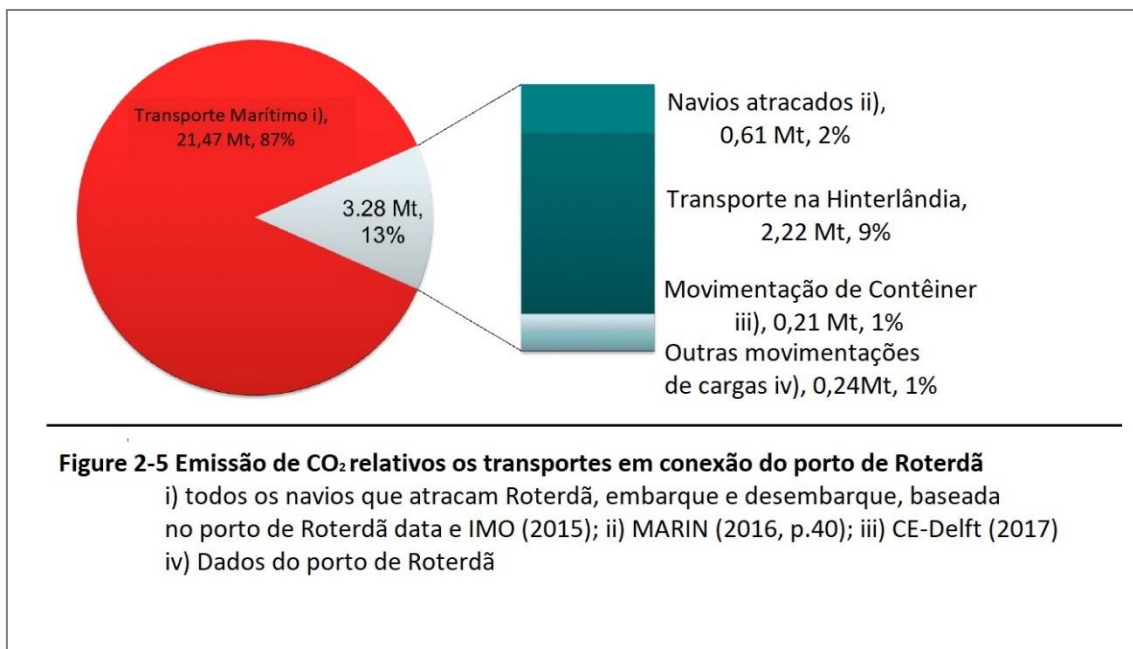
Fonte: ESPO (2021, p. 10)

Com base nessas prioridades ambientais, notam-se esforços de mitigação de externalidades negativas por parte dos portos europeus relacionados, em especial para esse estudo, a:

- **Gestão da qualidade do ar (SOx, NOx, matérias particuladas):** De acordo com o Relatório Ambiental ESPO 2020 (ESPO, 2020), cerca de dois terços dos portos europeus atualmente monitoram a poluição do ar como parte de sua gestão ambiental. Autoridades Portuárias também estão envolvidas na mitigação da poluição do ar em áreas portuárias, com um número crescente de Autoridades Portuárias fornecendo incentivos a navios que alcançam níveis superiores aos padrões regulatórios mediante tarifas portuárias diferenciadas. Outra maneira de reduzir emissões de SOx e o NOx nos portos é por meio do suporte à implantação e uso de combustíveis alternativos tais como sistemas OPS e outras soluções alternativas equivalentes. O uso de GNL como combustível para navios pode também reduzir emissões de SOx e NOx e poluição do ar nas áreas portuárias. De acordo com o Relatório Ambiental ESPO 2020, um terço dos portos europeus pesquisados tornaram o GNL disponível para abastecimento.
- **Mudança climática – GEE (Eficiência energética, redução de emissões de CO₂):** a mitigação da mudança climática por meio da redução de emissão de GEE (principalmente CO₂) em áreas portuárias requer o envolvimento de todos *stakeholders* presentes no porto. Monitorar emissões é um primeiro passo para a redução de emissões de CO₂. De acordo com o Relatório Ambiental ESPO 2020, mais da metade dos portos europeus pesquisados medem a sua pegada de carbono. De acordo com o estudo do *Wuppertal Institut*, o transporte marítimo é normalmente a maior fonte de emissões de CO₂ no porto. Naquela pesquisa, o transporte marítimo relacionado ao Porto de Roterdã respondeu por 87% do total de emissões. Adicionalmente, navios atracados contabilizam por outros 2% do total de emissões (LECHTENBÖHMER *et al.*, 2018)²¹. Um padrão semelhante ocorre no Porto de Helsinki, onde transporte marítimo responde por 78% das emissões de CO₂ no ano de 2020, incluindo emissões do navio quando no berço e navegando dentro do porto.

²¹ É importante notar que na metodologia utilizada no estudo, a parcela expressiva de 87% de emissões do transporte marítimo relacionado ao Porto de Roterdã se deve principalmente às distâncias significativamente maiores percorridas pelo transporte marítimo de/para Roterdã, de em média 7.233 km. O transporte na hinterlândia a distância média utilizada foi de 233 km.

Figura 3: Emissões de CO₂ relacionadas ao transporte em conexão com o Porto de Roterdã



Fonte: Lechtenböhmer *et al.* (2018, p. 8)

As ambições do Guia Verde 2021 ESPO para **Autoridades Portuárias** europeias, por temas e anos-meta são apresentadas nos quadros esquemáticos abaixo.

Quadro 2: Ambições do Guia Verde 2021 ESPO para Autoridades Portuárias europeia

Tópico	Ano/meta	Objetivos das autoridades portuárias europeias
Ajustando o curso para um futuro ecológico e sustentável.	2025	As autoridades portuárias europeias objetivam produzir um inventário de emissões de gases de efeito estufa durante o seu mandato, estabelecendo uma linha do tempo para o monitoramento e esforços de mitigação. Autoridades portuárias europeias devem compilar em um inventário as obrigações legais da autoridade portuária relacionadas a meio ambiente e ao clima e meios de compliance. Autoridades portuárias devem construir roteiros relacionados aos temas para aplicação.
	2030	Autoridades portuárias devem emitir zero gases estufa na realização de atividades e operações durante seu mandato.
	Esforços contínuos	Autoridades portuárias devem incluir eficiência energética e sustentabilidade quando fizerem investimentos relacionados a infraestrutura e operações. Autoridades portuárias devem considerar a eficiência energética e a sustentabilidade em suas próprias embarcações (que podem incluir a não utilização de plásticos, incentivar a mobilidade sustentável como andar de bicicleta e carona solidária e reduzir o uso de papel. Como parte do desenvolvimento dos portos, a União Europeia aplicará um grupo de diretrizes para a biodiversidade em águas portuárias e em habitats protegidos localizados dentro ou próximos das áreas portuárias. Autoridades portuária deverão trabalhar para melhorar a qualidade da água e do solo e reduzir o ruído de suas atividades. Autoridades portuárias devem incluir considerações sobre a adaptação climática quando infraestruturas existentes são modificadas ou quando se desenvolve novas estruturas.

Fonte: ESPO (2021)

Quadro 3: Ambições do Guia Verde 2021 ESPO para Autoridades Portuárias europeias (cont.)

Tópico	Ano/Meta	Objetivos das autoridades portuárias europeias
Fortalecer a rede de eco portos e realizar uma contribuição positiva à sustentabilidade.	2025	A rede de ecoportos deverá englobar portos de todos os estados da União Europeia assim como portos de nações vizinhas europeias. 80% dos portos devem ter sistema de gerenciamento ambiental e no mínimo um terço dos portos devem ter certificações como o PERS (Port Environmental Review System) ou outras normas de padrão internacional como a ISO14001. O Ecoports Environmental Mangement Index deverá estar acima de 8, em uma escala de 1 a 10 elevado a 6. O Ecoports Self-Diagnosis Method (SDM) e o Port Environmental Review System serão periodicamente revisados com o intuito de alinhar suas ferramentas com os objetivos estabelecidos neste guia e as mudanças legais relacionadas ao clima e ao meio ambiente.
Divulgar a performance ambiental para melhorar o entendimento comum sobre o tema e aumentar a transparência.	Contínuo	Autoridades portuárias europeias devem se comprometer a adotar planos de comunicação e adotar estratégia para alcançar diferentes grupos (parceiros, comunidade local, visitantes). Baseadas no plano de comunicação, as autoridades portuárias devem divulgar todas as políticas de meio ambiente para todos os seus parceiros. Em conjunto com seus parceiros, as autoridades portuárias devem divulgar suas políticas e diretrizes relacionadas ao meio ambiente em seus respectivos websites. As autoridades portuárias europeias deverão fazer uso de redes sociais e outros meios de comunicação como newsletters para interagir, engajar e atualizar a comunidade local e seus parceiros.

Fonte: ESPO (2021)

As ambições do Guia Verde 2021 ESPO para as **áreas portuárias** europeias, por tema e ano-meta são apresentadas no seguinte quadro esquemático:

Quadro 4: Ambições do Guia Verde 2021 ESPO para as áreas portuárias europeias por tema e ano-meta

Tópico	Ano/Meta	Objetivos para as áreas portuárias relacionados a legislação europeia e internacional
Reduzir o impacto ambiental das áreas portuárias.	2025	Autoridades portuárias europeias deverão desenvolver panoramas das emissões de todos os parceiros da área portuária e em cooperação com eles. Autoridades portuárias europeias devem encorajar e onde for possível incentivar a mitigação de externalidades (poluição do ar, ruídos) na área portuária.
Encorajar o reflorestamento das áreas portuárias.	2030	As autoridades portuárias deverão intimar as companhias de navegação para reduzir as emissões de gás carbônico nos berços dos portos em pelo menos 50%, de acordo com a legislação europeia para 2030 e além. As autoridades portuárias deverão intimar os operadores das áreas portuárias para melhorar a qualidade da água, ar e solo e para reduzir a emissão de ruídos. As autoridades portuárias europeias deverão atuar em acordo com companhias de navegação e outros parceiros. Em conjunto com o porto e a cidade, as autoridades portuárias europeias encorajarão a eficiência e a administração sustentável do desperdício em embarcações. Em conjunto com o porto e a cidade, as autoridades portuárias europeias procurarão reduzir o desperdício e o uso de plástico em áreas portuárias.
Contribuir positivamente para um futuro “verde”.	Esforços contínuos	As autoridades portuárias europeias deverão atuar como catalizadores encorajando atividades sustentáveis (offshore, blue growth e economia circular), facilitando a realização de projetos piloto para atrair investimentos sustentáveis. Autoridades portuárias europeias devem almejar a realização de estratégias que facilitem a recomposição do meio ambiente em toda a área portuária. As autoridades portuárias europeias devem contribuir para a realização de pesquisas em campos relevantes relacionados as áreas portuárias. As autoridades portuárias europeias devem estimular os parceiros dos portos a melhorarem a repartição modal. As autoridades portuárias devem encorajar a circularidade nas áreas portuárias, As autoridades portuárias europeias devem estar comprometidas sendo parte ativa da utilização de soluções de energias renováveis.

Fonte: ESPO (2021)

Um roteiro do Guia Verde 2021 ESPO é apresentado a seguir em forma de *check-list* com o intuito de auxiliar os portos europeus a prepararem seus próprios planos de descarbonização, de acordo com seus recursos e

circunstâncias individuais, fornecendo-se aspectos-chave a serem considerados quando na elaboração ou atualização dos planos portuários de descarbonização:

Quadro 5: Roteiro do Guia Verde 2021 ESPO para preparação de planos de descarbonização pelas Autoridades Portuárias

Como/O Que Fazer?	Como proceder
1. MEDIR Faça um inventário do status ambiental do porto.	A. Identifique as emissões, externalidades e a “pegada” ecológica das atividades da autoridade portuária. B. Faça o mesmo ou contribua para tal exercício até a área portuária mais profunda. C. Faça uso de estoques de informações existentes. D. Identifique os principais desafios tecnológicos e práticos.
2. PRIORIZAR Identifique prioridades ambientais, sustentáveis e climáticas (desafios e oportunidades).	A. Discuta os resultados do passo 1 no nível técnico, envolvendo os departamentos mais relevantes (infraestrutura, comercial, comunicações e harbour master). B. Eleve as discussões ao nível de diretoria. C. Baseado no inventário faça escolhas e priorize-as, utilizando a ESPO Top 10 Environmental Priorities como referência.
3. DEFINA SUAS METAS Identifique o que você quer alcançar e defina metas.	A. Para cada uma das prioridades identificadas no passo 2, considere as obrigações legais vigentes em âmbito internacional, europeu, nacional e possíveis legislações futuras (veja anexo). B. Considere os objetivos do Guia Verde ESPO. C. Defina objetivos e metas mensuráveis para a identificação de prioridades.
4. FERRAMENTAS E TAREFAS Identifique ferramentas, parceiros e medidas.	A. Planeje orçamento e investimentos considerando a eficiência do custo e benefícios sociais. B. Considere a mitigação e possíveis contribuições positivas de estudos de caso individuais/investimentos. C. Identifique possíveis ferramentas (veja a seção de ferramentas do guia verde, levando em conta o orçamento e os funcionários/empregados disponíveis para tal responsabilidade).
5. COMPARTILHAR Compartilhe seu plano e faça com que ele se torna parte do DNA do porto.	A. Divulgue e explique as prioridades e a estratégia do seu plano com a equipe de comunicação interna e em todos os departamentos e atividades. B. Trabalhe motivadamente para apresentar, atualizar ou melhorar seu roteiro.
6. PROGRAME-SE Desenvolva etapas tangíveis.	A. Desenvolva uma linha do tempo e marcos temporais para cada uma das prioridades/metadados – o quando atingir isso. B. Mapeie os parceiros envolvidos e suas responsabilidades – quem deve fazer o que
7. MONITORE Implemente o monitoramento e comunique resultados internamente.	a) Meça o progresso em relação aos marcos e etapas tangíveis e comunique o progresso internamente. b) Identifique problemas e discuta possibilidades de melhoramentos e soluções. c) Comunique falhas e obstáculos de forma transparente. d) Monitore o que foi alcançado e utilize isso como base para atualizar o seu projeto.
8. COMUNIQUE Engaje-se na comunicação externa.	A. Identifique e entre em contato com parceiros da área portuária, assim como a comunidade ao redor do porto, adaptando a linguagem do projeto a linguagem da audiência que pretenda alcançar. B. Comunique prioridades, progresso e falhas do projeto de forma transparente (compartilhe boas práticas e problemas e o seu contexto, C. Compartilhe contribuições positivas e casos de práticas empresariais ecológicas.

Fonte: ESPO (2021)

O Guia Verde 2021 ESPO apresenta ainda as ferramentas disponíveis para tornar verdes as Autoridades Portuárias, as áreas portuárias e as comunidades ao redor do porto, apresentadas em três quadros distintos para cada um dos níveis mencionados, e organizados em categorias de ferramentas seguidos de exemplos para cada ferramenta.

Quadro 6: Ferramentas do Guia Verde 2021 ESPO para tornar verdes as Autoridades Portuárias

Autoridade Portuária	
Categoria de ferramentas	Ferramentas
FAZER CUMPRIR Meios pelos quais a autoridade portuária tem a competência de exercer requisitos legais relacionados ao clima e ao meio ambiente.	Regras e políticas da autoridade portuária. Exemplos: Diretrizes de HR e mobilidade de pessoal. Monitoramento da autoridade portuária/coleta de dados. Exemplo: um inventário de emissões de um ou mais parceiros do porto (indústria, navegação, transporte terrestre) utilizados para monitorar seu desenvolvimento, demonstrando compliance com leis e regras aplicáveis. Normas da autoridade portuária Exemplo: encorajar a reciclagem e outros comportamentos sustentáveis para criar um ambiente de trabalho ecológico.
INVESTIMENTO Meios pelos quais as autoridades portuárias podem dedicar recursos financeiros para encorajar atividades ecológicas.	Políticas de aquisição e concessão. Exemplo: cláusulas ecológicas em contratos de serviços. Infraestrutura portuária. Exemplos: adaptação climática das infraestruturas, melhoramento da eficiência energética das instalações das autoridades portuárias. Equipamento portuário. Exemplo: soluções ecológicas para as embarcações das autoridades portuárias. Serviços ecológicos. Exemplo: instalação de infraestrutura de abastecimento de combustíveis alternativos, facilitando a mobilidade sustentável. Evitar e reduzir o impacto na biodiversidade e no meio ambiente local. Exemplos: considerar soluções de infraestrutura, que minimizem o impacto ou permitam a biodiversidade (como último recurso); utilizar esquemas de compensação que sejam locais ou eficazes na UE, se possível.

Fonte: ESPO (2021)

Quadro 7: Ferramentas do Guia Verde 2021 ESPO para tornar verdes as Autoridades Portuárias (cont.)

PENSE ESTRATEGICAMENTE Meios pelos quais as autoridades portuárias devem integrar soluções ecológicas as suas estratégias.	Desenvolvimento da infraestrutura e integração climática. Exemplo: avaliação climática e ambiental do impacto de todas as atividades portuárias e considerá-la como um importante fator nas decisões estratégicas. Estratégias negociais ativas para atrair investimentos ecológicos. Exemplo: realizar encontros e workshops para investidores do setor ecológico e parceiros relevantes dos portos. Contabilidade “verde”. Exemplo: introduzir uma sistemática de monitoramento e quantificação do impacto climático e ambientes das atividades das autoridades portuárias.
ESTÍMULO E INCENTIVO Outras formas não financiáveis para as autoridades portuárias encorajarem soluções ecológicas.	Benefícios de pessoal/recursos humanos. Exemplos: competições e recompensas para práticas de trabalhos ecológicas.
MOTIVAÇÃO Meios pelos quais as autoridades portuárias encorajam soluções ecológicas e providenciam oportunidades para atividades ecológicas.	Comunicação (engajamento transparente das autoridades portuárias). Exemplos: organização de encontro de parceiros e divulgação em redes sociais. Promoção e reconhecimento de pessoas que divulgam boas práticas. Exemplos: Ecoportos (SDM e PERS) com baixas temperaturas em escritórios da autoridade portuária, evitando modos de espera em equipamentos eletrônicos. Treinamento de pessoal Exemplo: workshops sobre como minimizar os efeitos do carbono na vida diária.

Fonte: ESPO (2021)

Quadro 8: Ferramentas do Guia Verde 2021 ESPO para tornar verdes as áreas portuárias

ÁREA PORTUÁRIA (INTERAÇÕES ENTRE A AUTORIDADE PORTUÁRIA, PARCEIROS DO PORTO E CLIENTES)	
CATEGORIA DE FERRAMENTAS	FERRAMENTAS
FAZER CUMPRIR Meios pelos quais as autoridades portuárias atuam de acordo com requisitos legais ambientais e climáticos.	Procedimentos formais/legais relativos ao meio ambiente portuário. Exemplos: introdução de regras específicas ambientais para a área portuária e regras de segurança para abastecimento. Normas – regras impostas para encorajar certos comportamentos. Exemplo: regra para embarcações comunicarem agenda e planejamento com antecedência para facilitar a escala da embarcação no porto. Contratos e propostas Exemplos: cláusulas ecológicas como obrigações de repartição modal e cláusulas ambientais na concessão/arrendamento de terras interiores.

Fonte: ESPO (2021)

Quadro 9: Ferramentas do Guia Verde 2021 ESPO para tornar verdes as áreas portuárias (cont.)

INVESTIMENTO Meios pelos quais as autoridades portuárias dedicarão recursos financeiros para encorajar atividades ecológicas.	Fornecer ou co-investir em infraestruturas ou superestruturas ecológicas para beneficiar os parceiros dos portos. Exemplos: infraestruturas para limpeza e baixa emissão de combustíveis, projetos de economia circular e taxas portuárias. Infraestrutura habilitada para alternativas sustentáveis ao transporte rodoviário. Exemplos: IWT e infraestrutura de trilhos no porto. Digitalização e sistemas de tecnologias de informação nas infraestruturas portuárias nas quais serão possíveis aperfeiçoar os esforços ecológicos. Exemplos: introdução de luzes de tráfego inteligente, sensores e instalação de um centro de controle de tráfego no porto. Sustentabilidade integrada Exemplos: aplicação de regras para todos os novos investimentos na área portuária.
INCENTIVO E ESTÍMULO Outros meios não financiáveis para autoridades portuárias encorajarem atividades ecológicas.	Certificações e vantagens para parceiros precursores em projetos ecológicos. Exemplos: tratamento diferenciado nos portos, certificação via Environmental Port Index, ISO, ESI, Green Marine, Blue Angel. Facilitação e encorajamento de sinergia e simbiose. Exemplos: serviços portuários oferecidos para clientes com consciência sobre a sustentabilidade, provendo expertise em vários grupos de especialistas.
COOPERAÇÃO/PARceria Meios de colaboração que envolvam outras autoridades portuárias e parceiros em projetos ecológicos na área portuária.	Coalizões de portos e parceiros e conjuntos de acordos. Exemplos: Coalizão da OPS Estabelecimento de regras similares em portos para aplicá-las a clientes e parceiros. Exemplos: regras para armazenamento de combustíveis, compartilhamento de riscos, velocidade voluntária/zonas para redução de emissões para navios, trocas de experiências e boas práticas em organizações europeias e internacionais. Participação em projetos de inovação e sustentabilidade internacionais e da União Europeia. Exemplo: ecoportos, Horizon, Interreg. Diálogos estruturados com parceiros do porto. Exemplos: otimização, coordenação e planejamento com atores da hinterlândia e interlocutores da cadeia de suprimentos.
MOTIVAÇÃO Meios pelos quais as autoridades portuárias encorajam e financiam iniciativas ecológicas.	Comunicação e promoção de boas práticas entre os parceiros do porto. Exemplos: prêmios para melhor performance ambiental entre os parceiros do porto, promoção através das ferramentas de comunicação social da autoridade portuária (redes sociais, newsletters). Organização e recepção de conferências e webinars. Exemplos: conferências e eventos relacionados a temas relevantes como o dia mundial dos oceanos e outros tópicos. Treinamento dos parceiros do porto. Exemplo: workshop sobre gestão ambiental com parceiros-chave do setor.

Fonte: ESPO (2021)

Por último, as ferramentas do Guia Verde 2021 ESPO disponíveis às Autoridades Portuárias para tornar verde as **comunidades no entorno do porto**:

Quadro 10: Ferramentas do Guia Verde 2021 ESPO para tornar verde as comunidades no entorno do porto

Comunidade ao redor do porto	
Categoria de ferramentas	Ferramentas
INVESTIMENTO Meios pelos quais as autoridades portuárias dedicam recursos financeiros para encorajar iniciativas ecológicas.	Cofinanciamento de projetos ecológicos que são benéficos para o porto e para a cidade. Exemplos: Aperfeiçoamento da resiliência da cidade contra ameaças operacionais relacionadas a mudança climática adaptando infraestruturas para tal propósito. Projetos que promovam a biodiversidade. Desenvolver áreas naturais no porto e disponibilizá-las ao público em geral. Implantação de projetos de parcerias para gasodutos, líquidos, eletricidade. Implantação de áreas 5g e conexões via cabo de alta velocidade. Iniciativas de economia circular. Iniciativas de compensação de carbono ou equivalentes.
INCENTIVANDO E ESTIMULANDO Formas não financiadas para autoridades portuárias encorajarem iniciativas ecológicas.	Facilitação e encorajamento de sinergias e simbioses. Exemplos: envolvimento de autoridades locais, comunidade local, parceiros de transporte da hinterlândia e indústria local.
COOPERAÇÃO E PARCERIA Meios de colaboração com outras autoridades portuárias e parceiros em iniciativas ecológicas na área portuária.	Participação em projetos relevantes sobre sustentabilidade na união europeia e na comunidade internacional. Exemplos: navigating a changing climate platform, European Green Leaf. Colaboração e desenvolvimento de projetos com a comunidade local. Exemplo: Portos de Helsinque e Oslo alinham seus principais esforços climáticos com meta de zero emissão em suas respectivas cidades. Apoio e colaboração em relevantes iniciativas de pesquisa. Exemplo: Horizon. Uso misto da infraestrutura. Exemplo: uso das instalações das autoridades portuárias para a realização de eventos da cidade. Busca por soluções comuns para aliviar o tráfego da cidade. Exemplo: incentivar o bilhete multimodal e facilitar as conexões entre os transportes públicos na área portuária. Engajamento em iniciativas energéticas transnacionais. Exemplo: European clean hydrogen alliance.
MOTIVAÇÃO Meios pelos quais as autoridades portuárias apoiam e encorajam iniciativas e oportunidades ecológicas.	Regras e políticas da autoridade portuária (indiretamente) Exemplos: iniciativas de mobilidade sustentável de funcionários, regras para a proteção e desenvolvimento de áreas naturais, habitats e biodiversidade. Esforços de comunicação. Exemplos: diálogos estruturados com a comunidade portuária. Promoção de exemplos entre os funcionários do porto. Exemplo: lançamento de competições ou prêmios para a iniciativa ecológica do mês. Educação e treinamento. Exemplos: visita guiada e dias de porto aberto a comunidade para ações relacionadas a sustentabilidade e iniciativas ecológicas.

Fonte: ESPO (2021)

Por fim, uma importante parte do Guia Verde 2021 ESPO é a base de dados digital²², continuamente atualizada com mais de 60 exemplos de boas

²² Disponível em <https://www.espo.be/practices>

práticas ambientais implementadas por portos europeus cobrindo as áreas de: 1) energia e combustível; 2) clima e ar; 3) porto e cidade; 4) lixo e economia circular; 5) meio ambiente e biodiversidade.

No âmbito da IMO, a Comissão MEPC adotou a Resolução MEPC.327(75) que encoraja Estados-membros a desenvolver e submeter voluntariamente à IMO Planos de Ação Nacionais (*National Action Plans - NAP*) que tratem das emissões de GEE por navios. Atualmente, os seguintes países submeteram seus Planos Nacionais: Reino Unido, Cingapura, Noruega, Ilhas Marshall, Japão, Índia e Finlândia.

O NAP da Noruega afirma que o governo da Noruega, em cooperação com municipalidades e Autoridades Portuárias, objetiva que os portos sejam livres de emissões em 2030. Afirma também ser vital para o desenvolvimento de um setor marítimo verde que os portos forneçam sistemas OPS, instalações de carregamento e serviços de abastecimento de combustível adequados para combustíveis sustentáveis tais como hidrogênio e biogás (NORUEGA, 2019).

Diversos portos noruegueses têm introduzidos descontos para navios verdes baseados em informação do *Environmental Ship Index* (ESI), além do *Environmental Port Index* (EPI), este último desenvolvido pela Noruega para navios de cruzeiro marítimo.

Em 2018, o Porto de Kristiansand na Noruega inaugurou o então maior sistema OPS da Europa para navios de cruzeiro. O Porto de Oslo, maior porto da Noruega, recentemente inaugurou seu sistema OPS.

Os 13 maiores portos para navios de cruzeiro da Noruega recentemente concordaram numa abordagem consensual para o setor, com 14 medidas conjuntas para reduzir emissões e tornar os portos mais verdes. Entre essas medidas, incluíram-se: a introdução do requisito comum a todos navios de cruzeiro para utilização de sistemas OPS em todos os destinos noruegueses, com efeito a partir de 2025; a priorização de alocação de berços para navios de cruzeiro que consigam documentar a implementação de medidas climáticas e ambientais (NORUEGA, 2019).

Por sua vez, o Relatório EnviCom da PIANC nº 188 (PIANC, 2019) afirma que, mundialmente, diversos portos já realizaram significativos esforços na redução de emissões de carbono. Esses esforços ocorrem de mãos dadas com

declarações claras de missão e visão na redução de carbono. Eles também possuem relatório transparente e comunicação sobre seus planos de descarbonização, bem como a elaboração de relatórios de sustentabilidade, para medir, gerir, e comunicar esforços de cortes de emissão. Uma vasta quantidade de dados envolve medir e gerir os impactos de sustentabilidade das organizações e novas tecnologias têm sido desenvolvidas para gestão desta quantidade de dados (INNOENERGY, 2023).

No Porto de Antuérpia, a gestão mais eficiente de rebocadores portuários tem contribuído para a redução de emissões de carbono, inclusive com o uso de rebocadores híbridos, movidos também a eletricidade, GNL ou metanol (PIANC, 2019).

Em razão dos portos e instalações gerarem emissões significativas de carbono, diversas fontes alternativas de energia vêm sendo exploradas para diferentes usos nos portos e instalações, tais como gás natural (seja liquefeito – GNL ou comprimido – GNC), eletricidade e biocombustíveis. O uso de GNL e GNC tem sido avaliado e implementado pelos portos de Long Beach, Hamburgo, Antuérpia, Roterdã, Amsterdã, entre outros, muito embora o uso de grandes quantidades de GNL traga consigo considerações sobre armazenagem e segurança que precisam ser solucionadas (WORLD PORTS CLIMATE INITIATIVE apud PIANC, 2019).

Além da escolha do combustível, portos e instalações estão buscando soluções tecnológicas²³ e estratégias para reduzir o consumo de combustível e operar navios limpos.

São citados como exemplos de iniciativas:

- Porto de Oakland²⁴;
- Porto de San Diego²⁵.

E por fim, mas não menos importante, o Apêndice B do Relatório EnviCom da PIANC nº 188 (PIANC, 2019) apresenta Estudos de Caso contendo

²³ O Guia prático para a descarbonização dos portos, catálogo de soluções inovadoras, da EIT InnoEnergy delinea diversas soluções práticas e inovadoras a serem incluídas em estratégias de descarbonização dos portos e encoraja autoridades portuárias e *stakeholders* a ativamente explorarem essas soluções (INNOENERGY, 2023).

²⁴ Para mais detalhes ver:

<https://www.portofoakland.com/community/environmental-stewardship/maritime-air-quality-improvement-plan/>.

²⁵ Para mais detalhes, ver: <https://www.portofsandiego.org/environment/energy-sustainability/climate-action-plan>.

medidas implementadas para gestão do carbono em cinco portos cuja análise cingiu-se aos seguintes tópicos: fator impulsionador (*driver*); escopo da gestão do carbono (*scope of carbon management*); ações (*actions*); resultados alcançados (*outcomes achieved*); resultados emergentes (*outcomes emerging*); lições aprendidas (*lessons learned*); fatores críticos de sucesso (*critical success factors*) nos seguintes portos/programas:

- Apêndice B.1) Port of San Diego Climate Action Plan (CAP)
- Apêndice B.2) DP World London Gateway Carbon Reduction Programme 2015-2020
- Apêndice B.3) Horseshoe Bend Island, Lower Atchafalaya River, Louisiana (USACE)
- Apêndice B.4) San Pedro Ports Clean Air Action Plan (CAAP) "Port of LA/LB new CAAP"
- Apêndice B.5) Port Le Havre Carbon Emission Regulatory Reporting

5. CONCLUSÕES

Como vimos no tópico sobre regulação, a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), tutelada pela IMO, inicialmente voltada para a prevenção da poluição marinha por óleo, foi emendada em várias ocasiões para incorporar outros temas relacionados à poluição causada por navios, como a prevenção da poluição do ar que foi tratada no Protocolo de 1997, que corresponde ao Anexo VI da MARPOL e foi adotado em 1997, mas entrou em vigor apenas em 19 de maio de 2005.

O indigitado Anexo VI da Marpol estabelece limites para as emissões de óxido de enxofre (SOx) e óxido de nitrogênio (NOx) de escapamentos de navios e proíbe emissões de substâncias que destroem a camada de ozônio; estabelece limite para o teor de enxofre do óleo combustível utilizado pelos navios; e contém disposições que permitem o estabelecimento de áreas com controles mais rigorosos sobre as emissões de enxofre, denominadas áreas com controles de emissões (ECA). Alternativamente a essas disposições, o Anexo VI estabelece que os navios devem possuir um sistema de limpeza de gases de escape ou usar qualquer outro método tecnológico para limitar as emissões de SOx.

O Comitê de Proteção ao Ambiente Marinho (MEPC) da IMO adotou a Resolução MEPC.203(62) que incluiu, no Anexo VI da MARPOL, regulações sobre eficiência energética para navios com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos navios, expressas em índice de projeto de eficiência energética (EEDI), com a expectativa de estimular a inovação e o desenvolvimento de componentes e equipamentos que influenciem a eficiência de combustível de um navio desde a fase de projeto, em consonância, também, com o plano de gerenciamento de eficiência energética de navios (SEEMP), que é uma medida operacional que estabelece um mecanismo para melhorar a eficiência energética de um navio de maneira econômica.

As resoluções MEPC.278(70), que introduziu emendas ao Anexo VI da MARPOL e estabeleceu que os navios obrigatoriamente devem registrar e relatar seu consumo de óleo combustível, e MEPC.304(72) que trata da Estratégia Inicial da IMO para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de Navios (Estratégia Inicial da IMO ou apenas Estratégia Inicial), respectivamente adotadas em 2016 e 2018, integram a estrutura normativa que busca orientar os países na trajetória da descarbonização do transporte marítimo.

A Estratégia Inicial da IMO, além de representar uma estrutura para ação futura, visando reduzir as emissões do transporte marítimo, também apresentou propostas de medidas pleiteadas de curto prazo, a serem acordadas entre 2018 e 2023; de médio prazo, a serem acordadas entre 2023 e 2030; e de longo prazo, que poderiam ser acordadas depois de 2030.

Entre as medidas não mandatórias, ou seja, de caráter voluntário adotadas pelo MEPC, merecem destaque a Resolução MEPC.323(74), adotada em 17 de maio de 2019 – convida os países-membros a incentivarem a cooperação voluntária entre portos e o setor marítimo para contribuir para a redução das emissões dos navios –, e a Resolução MEPC.327(75), adotada em 20 de novembro de 2020, que convida os países-membros, a elaborarem planos de ação nacionais visando a contribuir para a redução das emissões de GEE do transporte marítimo internacional.

A experiência internacional visando à descarbonização do transporte marítimo foi sumariada em medidas propostas e/ou implementadas em países

de três regiões geopolíticas no hemisfério norte, de mesma matriz econômica, representativas do enfrentamento global às mudanças climáticas e redução sistêmica de emissões de gases de efeito estufa: União Europeia (EU), Estados Unidos (EUA) e Cingapura.

Em 2013, a União Europeia estabeleceu uma estratégia para reduzir as emissões de GEE da indústria marítima que consiste em três etapas consecutivas: monitoramento, comunicação e verificação (MRV) das emissões de CO₂ de grandes navios que frequentam os portos da EU; metas de redução de GEE para o setor de transporte marítimo; outras medidas, incluindo medidas baseadas em mercado, a médio e longo prazo.

Como parte dos compromissos dos Estados Unidos para enfrentar a crise climática, o governo norte-americano anunciou vários investimentos visando promover a transição para um cenário de zero-emissões do transporte marítimo, destacando-se as seguintes ações prioritárias e alavancas para descarbonizar o setor marítimo, abrangendo: pesquisa e inovação em combustíveis alternativos e novas tecnologias, tais como combustíveis líquidos e gasosos sustentáveis, navios elétricos, fornecimento de energia elétrica limpa gerada em terra (*cold-ironing*) para grandes navios enquanto estiverem atracados, eficiência energética e hibridização, energia renovável e tratamento de exaustão e captura de carbono; engajamento das partes interessadas, tanto domésticas quanto internacionais, para desenvolver e implementar estratégias de inovação; e investimentos em infraestrutura e melhoria do projeto e planejamento em tecnologias limpas e combustíveis para aplicação marítima, financiados por programas federais novos ou já existentes.

A Autoridade Marítima e Portuária de Cingapura (MPA) possui programas voluntários que visam a reconhecer e incentivar as empresas que adotam práticas de transporte limpo e ecológico, além do mínimo exigido pelas convenções da IMO, que reúnem iniciativas com o objetivo de reduzir o impacto ambiental da navegação e das atividades relacionadas e promover a descarbonização da navegação marítima.

No que tange à descarbonização no transporte marítimo em seu todo, o levantamento do estado atual das iniciativas e avanços identificados inclui:

- medidas de eficiência energética adotadas pelo setor de transporte marítimo, destacando-se aquelas em cumprimento às exigências da IMO para redução das emissões, com implicações na provável redução da capacidade de transporte ao estipular velocidades de navegação mais lentas para economizar combustível, e na classificação de navios internacionalmente verificada e reconhecida, com o risco de tornar navios menos atraentes para os proprietários de cargas nos mercados de afretamento e aumentar dificuldades para acessar investidores e capital financeiro;
- possibilidade de os proprietários das embarcações buscarem combustíveis alternativos, como GNL (gás natural liquefeito), metanol, amônia ou eletricidade, que, no entanto, ainda não são viáveis comercialmente;
- substituição de combustíveis fósseis amplamente utilizados no setor marítimo – sendo o óleo combustível marítimo (OCM) e o óleo diesel marítimo os mais comuns – por combustíveis de fontes renováveis, dentre os quais destacam-se como mais promissores biocombustíveis e hidrogênio – este cuja opção mais sustentável é o hidrogênio verde, produzido por eletrólise da água alimentada por energia renovável, por ter pegada de carbono quase zero, quase zero emissões de GEE e zero emissão de óxido de nitrogênio (NOx), óxido de enxofre (SOx) e material particulado; a amônia verde, que no entanto apresenta desafios para o transporte de longa distância, elevado custo para eletrólise e não é considerada uma tecnologia totalmente madura, especialmente em termos de uso como combustível, apesar de ter grande aplicação na indústria química, e sistemas totalmente elétricos, alternativa no momento limitada a um número bastante reduzido de tipos e porte de embarcações que trafegam pequenas distâncias de navegação. Todas essas alternativas, portanto, ainda não admissíveis para utilização comercial, devido a ponderáveis fatores tecnológicos e econômicos;

- corredores verdes, que podem ser definidos como rotas marítimas entre dois ou mais *hubs* portuários nos quais soluções tecnológicas, econômicas e regulatórias viáveis de operação com emissão zero para o transporte marítimo são demonstradas e apoiadas por meio de ações público-privadas oferecendo oportunidade para aceleração do progresso para lidar com os desafios de descarbonização marítima, sobre os quais, no entanto, pesa a possibilidade de limitar o número de rotas potenciais ante a perspectiva de dar origem a um sistema de dois níveis de portos, navios e corredores marítimos em que apenas uma pequena proporção está pronta para a energia alternativa.

Não obstante o pouco foco nas infraestruturas que dão suporte ao transporte aquaviário *vis-à-vis* as estratégias de curto, médio e longo prazos para redução de emissões de GEE no transporte marítimo mundial, a descarbonização dos portos vem sendo cada vez mais uma exigência regulatória.

A par de atividades portuárias tradicionais com carga, logística e apoio à indústria marítima, os grandes portos também dão suporte a indústrias intensivas em energia tais como a indústria química, de cimento, e fabricação, que apresentam variados caminhos para a descarbonização e a transição para energia limpa.

No contexto da descarbonização da indústria marítima, será imperativo para os portos auxiliar na transição das embarcações para energia limpa. Devido à natureza complexa e multifacetada dos portos, uma estratégia coordenada e de múltiplas abordagens entre Autoridades Portuárias e todas as partes interessadas dentro dos portos é vital para maximizar a adoção de tecnologias neutras em carbono.

As informações reunidas em nível deste Eixo 1 do diagnóstico sobre descarbonização no setor portuário consubstanciam-se em abundante exposição analítica – textual e gráfica – do papel e da importância dos agentes intervenientes no esforço de elevar os portos a situação de protagonismo equiparável à da navegação de embarcações na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) dos navios, em linha com o Acordo

de Paris e a Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável.

Nessa perspectiva, este relatório aborda a estratégia conduzida pela Organização de Portos Marítimos Europeus (ESPO), formalizada no Guia Verde 2021, cujo principal propósito é funcionar como um manual para auxiliar os portos em suas trajetórias verdes, desde a visão até as boas práticas; estabelecer e diferenciar os papéis e as responsabilidades da Autoridade Portuária, da área portuária e da comunidade ao redor do porto; explicar como os portos podem contribuir positivamente para a transição energética da economia como um todo, ao mesmo tempo que se mitigam externalidades negativas; e apresentar uma série de exemplos de práticas verdes nos portos europeus.

As ambições do Guia Verde 2021 ESPO servem como uma declaração de intenções a que se comprometem os portos membros, fornecendo um guia e direção para os portos quando elaborando seus planos individuais sem que limite objetivos ainda mais ambicioso de emissão zero já definidos por vários portos europeus. As ambições do Guia Verde baseiam-se nas dez primeiras prioridades ambientais (*Environmental Top Priorities*) dos portos europeus, ao mesmo tempo que leva em consideração o Pacto Ecológico Europeu (*Green Deal*) e os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU.

As ambições do Guia Verde 2021 ESPO estão sumariadas em quadros sinóticos que as sistematizam em temas e anos-meta para Autoridades Portuárias e áreas portuárias europeias, bem assim em roteiro para preparação de planos de descarbonização pelas Autoridades Portuárias, ferramentas para torná-las verdes e às áreas portuárias e comunidades no entorno do porto.

6. Referências Bibliográficas

BRASIL. Decreto nº 52.493, de setembro de 1963. Promulga a **Convenção sobre a Organização Marítima Consultiva Internacional**, assinada em Genebra, a 6 de março de 1975. Brasília: Câmara dos Deputados, [S.l.]. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-52493-23-setembro-1963-392522-publicacaooriginal-1-pe.html#:~:text=Promulga%20a%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20s%C3%B4bre%20a,06%20de%20mar%C3%A7o%20de%201948>. Acesso em: 30 jun. 2023.

CHANG, Ching-Chih; WANG, Chih-Min. Evaluating the effects of green port policy: Case study of Kaohsiung harbor in Taiwan. **Transportation Research Part**

D: Transport and Environment, v. 17, n. 3, p. 185-189, 2012. ISSN 1361-9209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2011.11.006>.

ESPO. **Green Guide 2021**, A Manual for European Ports towards a Green Future. Bruxelas: ESPO, 20 set. 2021. Disponível em: <https://www.espo.be/media/ESPO%20Green%20Guide%202021%20-%20FINAL.pdf>. Acesso em: maio 2023.

ESPO. **ESPO Environmental Report 2020: EcoPortinSights 2020**. Bruxelas: ESPO, 10 nov. 2020. Disponível em: www.espo.be/media/Environmental%20Report-WEB-FINAL.pdf. Acesso em: maio 2023.

FONSECA, Luiz Henrique Pereira da. **Organização Marítima Internacional (IMO): Visão Política de um Organismo Especializado das Nações Unidas**. Brasília: FUNAG, 1989.

GETTING TO ZERO COALITION. **THE NEXT WAVE: Green Corridors**. 10 nov. 2021. Disponível em: <https://www.globalmaritimeforum.org/publications/the-next-wave-green-corridors>. Acesso em: 12 jul. 2023.

IMO. Clean air in shipping. **Historic Background**. 31 mai. 2023. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Historic-Background-.aspx>. Acesso em: 31 mai. 2023. (a)

IMO. **Energy Efficiency Measures**. 31 mai. 2023. Disponível em: <https://www.imo.org/fr/ourwork/environment/pages/technical-and-operational-measures.aspx>. Acesso em: 31 mai. 2023. (b)

IMO. **Improving the Energy Efficiency of Ships**. 02 jun. 2023. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Improving%20the%20energy%20efficiency%20of%20ships.aspx>. Acesso em: 2 jun. 2023 (c)

INNOENERGY. **A Practical Guide to Decarbonising Ports**: Catalogue of innovative solutions. Disponível em: <https://www.innoenergy.com/discover-innovative-solutions/reports/a-practical-guide-to-decarbonising-ports/>. Acesso em: maio 2023.

LECHTENBÖHMER, S. *et al.* **Deep Decarbonisation Pathways for Transport and Logistics Related to the Port of Rotterdam**. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, abr. 2018. Disponível em: epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7140/file/7140_Rotterdam.pdf. Acesso em: maio de 2023.

MPA SINGAPORE. **Maritime Singapore Green Initiative**. Disponível em: <https://www.mpa.gov.sg/maritime-singapore/sustainability/maritime-singapore-green-initiative>. Acesso em: 28 jun. 2023.

MPA SINGAPORE. **Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint: Working Towards 2050**. Cingapura: Maritime and Port Authority of Singapore, 2022. p. 64.

NORUEGA. **The Government's Action Plan for Green Shipping**. 2019. Disponível em: <https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/relevant-national-action-plans-and-strategies.aspx>. Acesso em: maio 2023

OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. **The U.S. National Blueprint for Transportation Decarbonization – A Joint Strategy to Transform Transportation**. Jan. 2023. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-01/the-us-national-blueprint-for-transportation-decarbonization.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PETROBRAS. **COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS: Informações Técnicas**. Jan. 2021.

PIANC. **Carbon Management for Port and Navigation Infrastructure**. Bruxelas: EnviCom WG Report nº 188, 2019. Disponível em: <https://www.pianc.org/publications/envicom>. Acesso em: maio 2023.

SUBCOMITÊ DE COMBUSTÍVEIS MARÍTIMOS. **RELATÓRIO FINAL DO SUBCOMITÊ**. 10 jun. 2022.

UNCTAD. **REVIEW OF MARITIME TRANSPORT 2022: Navigating Stormy Water**. Genebra: United Nations, 2022, p. 195.

UNIÃO EUROPEIA. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Integrating maritime transport emissions in the EU's greenhouse gas reduction policies. **COM(2013) 479 final**. Bruxelas, 28 jun. 2013. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/com_2013_479_en.pdf Acesso em: 13 jun. 2023.

U.S. DEPARTMENT OF STATE. **U.S. Announcements Under the Green Shipping Challenge at COP21**. 07 nov. 2022. Disponível em: <https://www.state.gov/u-s-announcements-under-the-green-shipping-challenge-at-cop27/>. Acesso em: 20 jun. 2023.

U.S. EMBASSY & CONSULATE IN THE REPUBLIC OF KOREA. **U.S. – Republic of Korea Joint Statement Announcing Collaboration on Green Shipping Corridors**. 7 nov. 2022. Disponível em: <https://kr.usembassy.gov/110722-u-s-republic-of-korea-joint-statement-announcing-collaboration-on-green-shipping-corridors/>. Acesso em: 16 jun. 2023. (a)

U.S. EMBASSY & CONSULATES IN CANADA. **U.S. – Canada Joint Statement on the Great Lakes – St. Lawrence Seaway System Green Shipping Corridor Network Initiative**. 7 nov. 2022. Disponível em: <https://ca.usembassy.gov/u-s-canada-joint-statement-the-great-lakes-st-lawrence-seaway-system-green-shipping-corridor-network-initiative/>. Acesso em: 20 jun. 2023. (b)

U.S. EMBASSY & CONSULATES IN THE UNITED KINGDOM. **U.S. – UK Joint Statement on Green Shipping Corridor Collaboration Announcement at COP21 World Leaders Summit**. Disponível em: <https://uk.usembassy.gov/u-s-uk-joint-statement-on-green-shipping-corridor-collaboration-announcement-at-cop27-world-leaders-summit/>. Acesso em: 20 jun. 2023 (c)

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emissions Inventories** (2009). Washington: U.S. Environmental Protection Agency, abr. 2009. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/2009-port-inventory-guidance.pdf>. Acesso em: maio 2023.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **National Port Strategy Assessment: Reducing Air Pollution and Greenhouse Gases at US Ports**. Office of Transportation Air Quality, set. 2016. Apud PIANC. **Carbon Management for Port and Navigation Infrastructure**. Bruxelas: EnviCom WG Report n° 188, 2019. Disponível em: <https://www.pianc.org/publications/envicom>. Acesso em: maio 2023.

WORLD PORTS CLIMATE INITIATIVE. **LNG Fuelled Vessels**. Apud PIANC. **Carbon Management for Port and Navigation Infrastructure**. Bruxelas: EnviCom WG Report n° 188, 2019. Disponível em: <https://www.pianc.org/publications/envicom>. Acesso em: maio 2023.

