

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

LUIZ CARLOS BATISTA JUNIOR

PROPOSTA DE MODELO PARA DESMANTELAMENTO DE NAVIOS COM  
INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR

Joinville

2024

LUIZ CARLOS BATISTA JUNIOR

PROPOSTA DE MODELO PARA DESMANTELAMENTO DE NAVIOS COM  
INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Pedro Paulo de Andrade Júnior.

Coorientador: Me. Luiz Eduardo Bueno Minioli

Joinville

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.  
Dados inseridos pelo próprio autor.

Batista Junior, Luiz Carlos  
PROPOSTA DE MODELO PARA DESMANTELAMENTO DE NAVIOS COM  
INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR, coorientador, Luiz  
Eduardo Bueno Minioli, 2024.  
80 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville,  
Graduação em Engenharia Naval, Joinville, 2024.

Inclui referências.

1. Engenharia Naval. 2. desmantelamento de navio. 3.  
economia circular. 4. economia marítima. I. de Andrade  
Júnior, Pedro Paulo . II. Bueno Minioli, Luiz Eduardo.  
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Naval. IV. Título.

LUIZ CARLOS BATISTA JUNIOR

PROPOSTA DE MODELO PARA DESMANTELAMENTO DE NAVIOS COM  
INTEGRAÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval, no Centro Tecnológico de Joinville, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Joinville (SC), 10 de dezembro de 2024.

**Banca Examinadora:**

---

Profº Dr. Pedro Paulo de Andrade Júnior  
Orientador(a)/Presidente

---

Me Engº Luiz Eduardo Bueno Minioli  
Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dra. Engª Vanina Macowski Durski Silva  
Membra  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a todos que desbravam a ciência e os mares deste país, transformando sonhos em realizações, como disse Fernando Pessoa: '*Navegar é preciso; viver não é preciso.*' Que a busca pelo conhecimento continue sendo nosso Norte.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais. À minha mãe, Rosicléia Reis, Rosi, e ao meu pai, Luiz Carlos Batista, Lulu (*in memoriam*), que desde sempre me incentivaram a acreditar na educação como a chave para a transformação da sociedade em que vivemos.

Aos meus irmãos, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando nos momentos mais difíceis. Vocês fazem parte dessa conquista, e por isso, meu muito obrigado! Roselú (Lú), Marilú (Má), Calú e Gabriel, sou profundamente grato por vocês.

Deixo um agradecimento especial a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui. Minha gratidão à tia Consuelo Reis (Sú), ao Roseno João, ao Luis Claudio da Costa e ao Sandro Luis da Maia. A cada um que, direta ou indiretamente, me incentivou e apoiou ao longo desta jornada, o meu muito obrigado.

Aos meus amigos e colegas da graduação, que, juntos, dividimos esforços, estudos e sonhos, como o tão esperado CREA. Filipe, Maurício, Rodson, Geisiely, Adriana, Daniel e tantos outros, cada um de vocês deixou um ensinamento valioso. Obrigado por terem feito parte dessa caminhada.

Aos professores da Universidade Federal de Santa Catarina, a melhor universidade do sul do mundo, pública, gratuita e de qualidade, minha admiração e respeito. Às professoras Andrea, Vanina, Vanessa e Viviane, exemplos de profissionalismo e inspiração. Aos professores Diego Duarte, Modesto e Fjarra, que me ensinaram com excelência e me inspiraram com seu exemplo de dedicação como servidores e cidadãos.

Por fim, agradeço ao meu orientador, professor Pedro Paulo, pela paciência e dedicação em me orientar para alcançar a melhor versão deste trabalho. E ao professor Minioli, pelos conselhos valiosos e pela orientação precisa nos momentos em que mais precisei.

**Muito obrigado a todos que fizeram parte  
dessa jornada. Essa vitória é nossa!**

;

Seja qual for a tecnologia, a construção naval mantém-se um negócio em que alguém tem de sujar as suas mãos.

(Stopford, 2017).

## RESUMO

Com o intuito de contribuir para o avanço do desmantelamento de navios, por meio de método que busca subsidiar a indústria naval as questões de sustentabilidade, no que tange as questões ambientais, sociais e econômicas. Este trabalho propõe um modelo de desmantelamento de navios com a integração da economia circular, com o objetivo de analisar os benefícios sociais, ambientais e econômicos. A pesquisa baseia-se pelo método de triangulação de dados, o qual faz o uso da revisão bibliográfica, utilizando-se de diversas fontes acadêmicas e relatórios de organizações especializadas, com dados da Scipioni *at al* (2023), assim como a Shipbreaking Platform e Escola de Negócios de Copenhagen. Os resultados demonstram que a aplicação de práticas sustentáveis no desmantelamento de navios tende a trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais. A reciclagem pode aumentar a geração de receita se criar empregos qualificados, enquanto estaleiros regulamentados reduzem acidentes e melhora más condições de trabalho. O modelo proposto, adaptável a diferentes estaleiros, promove a redução de resíduos e reutilização de materiais, mitigando impactos ambientais e alinhando-se às normas internacionais, destacando-se como uma estratégia viável e eficiente para o setor naval, com ganhos que pode chegar a cinco vezes o valor investido ao adotar o desmantelamento com integração de economia circular.

**Palavras-chave:** economia circular; desmantelamento de navio; economia marítima.

## **ABSTRACT**

With the aim of contributing to the advancement of ship dismantling through a method that seeks to support the naval industry in sustainability issues—concerning environmental, social, and economic aspects—this work proposes a ship dismantling model integrated with the circular economy, with the objective of analyzing its social, environmental, and economic benefits. The research is based on the data triangulation method, which uses bibliographic review drawing from various academic sources and reports from specialized organizations, including data from Scipioni et al. (2023), as well as the Shipbreaking Platform and the Copenhagen Business School. The results demonstrate that the application of sustainable practices in ship dismantling tends to bring economic, social, and environmental benefits. Recycling can increase revenue generation by creating skilled jobs, while regulated shipyards reduce accidents and improve poor working conditions. The proposed model, adaptable to different shipyards, promotes waste reduction and material reuse, mitigating environmental impacts and aligning with international standards. It stands out as a viable and efficient strategy for the naval sector, with gains that can reach up to five times the invested value when adopting dismantling integrated with the circular economy.

**Keywords:** circular economy; vessel dismantling; maritime economy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida de um navio .....	19
Figura 2 - Demanda e oferta de reciclagem de navios.....	20
Figura 3 - Destino dos navios BR para desmantelamento – 2012/2018 .....	21
Figura 4 - Número de navios desmantelados e encalhados no mundo.....	22
Figura 5 - <i>Beach Method</i> no Sul da Ásia.....	23
Figura 6 - Fases do <i>beach method</i> .....	23
Figura 7 - Dry dock.....	24
Figura 8 - Fases do Dry Dock.....	24
Figura 9 - Processo geral do desmantelamento.....	26
Figura 10 - Fases do desmantelamento.....	29
Figura 11 – Mortes no Sul da Ásia por desmantelamento de embarcações - 2023 ..	30
Figura 12- Balsa abandonada em Guaratuba .....	32
Figura 13 - Níveis de economia circular.....	35
Figura 14 - Ciclo técnico.....	36
Figura 15 - Os 9 R's da EC .....	37
Figura 16 -Materiais oriundo de desmantelamento de navio.....	40
Figura 17 - Visão geral do desmantelamento e seus players.....	44
Figura 18 - Projeção de Navios brasileiros para desmantelamento .....	45
Figura 19 - Modelo de Desmantelamento e EC .....	48
Figura 20 - Modelo de reciclagem na Escola de Negócios de Copenhagen .....	49
Figura 21 - Modelo Scipioni, Dini e Niccolini .....	51
Figura 22 - Fluxograma das etapas de metodologia .....	52
Figura 23 - Modelos na análise do método da triangulação.....	60
Figura 24 - Mapa de situação e localização estaleiros brasileiros.....	62
Figura 25 - Modelo de desmantelamento integrando EC.....	73

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das fases de desmantelamento.....	27
Quadro 2 - Relação de legislação nacional e internacional.....	33
Quadro 3 - Desmantelamento e EC .....	39
Quadro 4 – Publicações encontradas na revisão bibliométrica .....	57

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1.1 Contextualização e importância do descomissionamento de navios .....	13
1.1.2 Justificativa e relevância do estudo .....	14
1.2 OBJETIVOS .....	15
1.2.1. Objetivo Geral .....	15
1.2.2. Objetivos Específicos .....	15
1.2.3 Estrutura do trabalho .....	16
<b>2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>19</b>
2.1. DESMANTELAMENTO DE EMBARCAÇÃO .....	20
2.1.1. Processos de desmantelamento de navios .....	25
2.1.2 Mão de obra envolvida no desmantelamento de embarcações .....	29
2.1.3 Questões ambientais do desmantelamento de embarcações.....	31
2.2 LEGISLAÇÃO ENVOLVENDO DESMATELAMENTO .....	33
2.3 ECONOMIA CIRCULAR.....	35
2.4 DESMANTELAMENTO DE NAVIO E ECONOMIA CIRCULAR .....	38
2.4.1 Benefícios Ambientais .....	41
2.4.2 Benefícios Sociais.....	42
2.4.3 Benefícios econômicos .....	43
2.5 MODELO ONG SHIPBREAKING PLATFORM .....	46
2.6 MODELO ESCOLA DE NEGÓCIOS DE COPENHAGEN.....	48
2.7 MODELO DE SCIPIONI; DINI; NICCOLINI. ....	50
<b>3.METODOLOGIA</b> .....	<b>52</b>
3.1REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E ANÁLISE POR TRIANGULAÇÃO DE DADOS....	53
3.2ANÁLISE DE DESMANTELAMENTO DE NAVIOS.....	54
3.3QUESTÕES ECONOMICA .....	54
3.4QUESTÕES AMBIENTAIS.....	55
3.5QUESTÕES SOCIAIS .....	55
<b>4.RESULTADO DE PESQUISA</b> .....	<b>57</b>
4.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E TRINAGULAÇÃO DE DADOS.....	57
4.2ANÁLISE DE DESMANTELAMENTO DE NAVIO .....	60
4.3ANÁLISE ECONOMICA .....	61
4.4QUESTÕES AMBIENTAIS.....	63

4.5 QUETÕES SOCIAIS .....	64
<b>5. MODELO PROPOSTO .....</b>	<b>66</b>
5.1.1 Caracterização Inicial do Navio.....	66
5.1.2 Planejamento do Processo de Desmantelamento.....	67
5.1.3 Gestão do Resíduos Perigosos .....	68
5.1.4 Segurança e Condições de Trabalho.....	68
5.1.5 3 R's da Economia Circular no Desmantelamento .....	69
5.1.6 Monitoramento e Avaliação de Impactos .....	70
5.1.7 Alinhamento com Regramento Nacionais e Internacionais .....	70
5.2 FRAMEWORK DO MODELO.....	71
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1.1 Contextualização e importância do descomissionamento de navios

A motivação para realizar estudo está relacionada ao setor do transporte marítimo global, é crescente a necessidade de desenvolver soluções sustentáveis e eficientes para o desmantelamento de navios, e com a crescente conscientização sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos das práticas tradicionais de desmantelamento, surge a oportunidade de integrar a economia circular como modelo de gestão. O uso de técnicas que promovem a redução, reutilização e reciclagem de materiais não só pode minimizar os impactos ambientais, mas também gerar benefícios econômicos e melhorar as condições de trabalho.

Com *marketing share* de 80% do comércio mundial, o transporte marítimo tem peso relevante no que tange os modais de transporte (Nações Unidas Brasil, 2023). O mercado de transporte marítimo é cíclico, passando períodos de alta e depois baixas, diante desta informação, quando o mercado se encontra em crise, os armadores (donos dos navios) tendem a vender suas embarcações, seja por necessidade financeira ou pelo fato da embarcação ter chegado no fim da vida útil (Stopford, 2017), assim, surge o desmantelamento de navio, um dos mercados da economia marítima.

O desmantelamento de navios é dividido em três grandes fases, primeira fase é a preparação da embarcação, para seguir então para o corte dos blocos, e por fim divisão em blocos menores para realizar a venda (Stopford, 2017). Cada etapa apresenta subetapas que precisam ser seguidas para que o processo ocorra. Por isso realizar o planejamento do desmantelamento é necessário.

Realizar a reciclagem de navios é um desafio para a indústria naval, já que os estaleiros que fazem esse tipo de trabalho precisam garantir a segurança ambiental e dos trabalhadores que entraram em contato com materiais nocivos ao meio ambiente (Ocampo; Pereira, 2019). Essa demanda pode ser atendida, com uma solução advinda da economia circular.

A economia circular (EC) é um sistema econômico que leva em conta a redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais nos processos produtivos e de consumo, presente em diferentes níveis, visando a sustentabilidade

no equilíbrio do meio ambiente (Kirchherr; Reike; Hekkert, 2017). É possível utilizar a EC nas áreas de compras, projeto e operação, gestão de inventário, pós-venda e gestão de fim de vida (Scipioni; Dini; Niccolini, 2023), desta maneira conforme o autor citado anteriormente, ao tratar do desmantelamento de navio, o foco da aplicação da EC é a gestão de fim de vida.

Com o surgimento de normas internacionais para o desmantelamento ocorra de forma segura tanto ambientalmente quanto social, como por exemplo, a Convenção de Hong Kong (CHK) de 2009, Regulamento do Parlamento Europeu na temática de reciclagem de navio nº1257/13. Dessa forma, estudos que venham a corroborar com esse tema se mostram necessários para que os países que queiram buscar participar deste mercado consigam seguir as normas e ser competitivos.

Com essa temática cada vez mais latente na sociedade, no que tange os impactos ambientais dos produtos, apresenta-se neste trabalho uma busca pela compreensão dessa demanda nesse importante setor para o transporte mundial, alinhando práticas que visam minimizar os impactos ambientais, sociais e maximizar os impactos econômicos, trazendo então, a importância da aplicação do desmantelamento integrado à economia circular. Conforme Scipioni *et al.* (2023), buscar desenvolver a EC circular no setor naval é uma das formas de realizar a transição circular industrial.

Com o intuito de indicar como o desmantelamento de navios pode ser economicamente viável, enquanto traz benefícios sociais, levando em consideração os aspectos ambientais, o trabalho apresenta um modelo de desmantelamento de navio integrando economia circular.

Como desenvolver um modelo integrado de desmantelamento de navios baseado nos princípios da economia circular, que maximize os benefícios econômicos, sociais e ambientais, promovendo a sustentabilidade e a eficiência no setor naval?

### **1.1.2 Justificativa e relevância do estudo**

A busca em banco de dados acadêmicos demonstrou que as publicações são limitadas, relacionadas ao desmantelamento com economia circular, quando se trata do Brasil, os dados encontrados são ainda mais limitados, revelando que o assunto

se mostra novo e ainda pouco explorado no país, como os trabalhos realizados por Benjamim, Figueiredo (2019), Ocampo, Pereira (2019), Sant'Ana *et al* (2023) que são pesquisas realizadas por autores brasileiros sobre o tema.

O Brasil pode ser um país importante no cenário mundial da reciclagem de navios, um dos passos necessários é a estar apto a entrar na lista de estaleiros certificados pela União Europeia para realizar esse tipo de operação, além de realizar a integração com as demais cadeias produtivas (Ocampo; Pereira, 2019).

Durante a pesquisa os dados encontrados em bases científicas somente um artigo traz a temática de reciclagem com EC, no entanto dois outros trabalhos foram utilizados como base para o desenvolvimento do modelo, os dados apresentados nos bancos científicos foram utilizados nesta pesquisa principalmente para buscar realizar a definição dos temas, além de ser suporte para levantamento de informações acerca da pesquisa. O modelo foi desenvolvido com base em informações da Organização Não Governamental Shipbreaking Platform (2022), assim como os dados da Copenhagen Business School (2021) e dos autores Scipioni, Dini e Niccolini (2023).

## 1.2 OBJETIVOS

Para compreender o cenário da utilização do desmantelamento de navios aplicando economia circular, propõem-se os seguintes objetivos.

### 1.2.1. Objetivo Geral

Propor um modelo integrado para o desmantelamento de navios, fundamentado nos princípios da economia circular, com o objetivo de aumentar os benefícios econômicos, sociais e ambientais, promovendo a sustentabilidade no setor naval.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- a. Realizar levantamento bibliográfico sobre desmantelamento de navios, economia circular e integração de seus conceitos para propor soluções sustentáveis.

- b. Analisar os processos atuais de desmantelamento de navios, identificando lacunas e oportunidades para aplicar princípios da economia circular.
- c. Avaliar os aspectos econômicos envolvidos no desmantelamento de navios.
- d. Estudar os impactos sociais e ambientais relacionados ao processo, enfatizando os benefícios da economia circular.

### **1.2.3 Estrutura do trabalho**

Este trabalho visa atender o objetivo geral e específico. Está estruturado da seguinte forma: no primeiro capítulo será apresentado a introdução, ao qual traz em seu texto, os pontos que serão analisados neste trabalho, subdividida em objetivos gerais, que tem como premissa a elaboração de uma proposta de desmantelamento de navio com a integração da economia circular, para chegar neste objetivo maior, foi então realizado a definição dos objetivos específicos, que inicialmente será a revisão bibliográfica, que traz a relação dos principais materiais encontrados em bases científicas sobre o tema, assim como também apresenta os modelos de desmantelamento e integração de economia circular, buscando analisar as questões econômicas, sociais e ambientais.

No capítulo 2, foi então desenvolvido a fundamentação teórica, descrita em quatro seções, desmantelamento de navio, legislação aplicada, economia circular, e aplicação de desmantelamento com a integração de EC. No que se refere a desmantelamento de navio, ainda se tem a subdivisão em processo de desmantelamento, o qual traz a explicação detalhada de como é realizado o procedimento, na sequência é tratada a mão de obra que envolve o processo, pelo fato de ser um dos elementos afetada diretamente pelo desmantelamento, assim como dados de condição de trabalho, envolvendo por exemplo, segurança do trabalho. Por fim, as questões ambientais e seus impactos são analisados, mostrando que os métodos utilizados atualmente, principalmente no sul da Ásia, são prejudiciais à fauna e à flora local.

Os dados de legislações são apresentados, tanto numa visão de normas do Brasil, como em um panorama internacional, levando em consideração leis que o Brasil pode não ser signatário, no entanto, para realizar a competição internacional é necessário seguir, como o caso no Regulamento Europeu 1257/13.

Com objetivo de compreender o que é Economia Circular, foi então descrito no subcapítulo 2.3 o detalhamento do tema, buscando explorar as definições sobre o tema, e suas peculiaridades, analisando os contrapontos dos autores sobre o tema. Para assim, conseguir realizar a aplicação da melhor maneira possível na proposta deste trabalho.

Realizando a exploração dos dados, no que se refere ao desmantelamento unindo a economia circular, foi analisado em três óticas diferentes, benefícios ambientais, sociais e econômicos, pois desta maneira, conseguindo compreender esses três elos e suas peculiaridades e importância para descrição da proposta.

Três modelos foram encontrados, os quais são detalhados, buscando entender suas peculiaridades e extrair as informações que mais se adequem à proposta, sem deixar de levar em conta que o modelo proposto tem um viés generalista, que cada estaleiro deve adaptar a sua realidade, sem deixar de seguir parâmetros obrigatórios, como as legislações vigentes. Os modelos analisados são da ONG Shipbreaking Platform e da Escola de Negócios de Copenhague da Universidade da Dinamarca, assim como proposto pelos autores Scipioni; Dini; Niccolini.

No Capítulo 3 tem a metodologia utilizada neste trabalho, que fez o uso da metodologia de triangulação de dados, por meio da revisão bibliográfica para encontrar os modelos estudados, assim conseguir realizar a triangulação dos dados e apresentar o modelo proposto.

Ao chegar no capítulo 04 são apresentados os resultados da pesquisa no que tange a ao levantamento da bibliografia e triangulação de dados, os resultados referentes as questões econômicos, ambientais e social, fazendo os devidos apontamentos dos achados.

Por fim, no capítulo 5 é apresentado o modelo de desmantelamento de navios com a integração da economia circular, descrevendo as etapas do modelo, assim como ilustração do mesmo.

Destaca-se que o desmantelamento de navios, quando integrado aos princípios da economia circular, representa uma oportunidade estratégica para o setor naval, combinando sustentabilidade ambiental, benefícios econômicos e avanços sociais. A adoção de modelos que sigam normas internacionais e promovam práticas sustentáveis posiciona o Brasil como um potencial participante competitivo nesse mercado global, trazendo desenvolvimento para o país enquanto minimiza os

impactos ambientais e promove a transição para uma economia mais circular e eficiente.

## 2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tratar do desmantelamento de navio, é falar de uma das etapas presente no processo do ciclo de vida da embarcação, pode-se destacar a seguinte estrutura, projeto e construção, operação do navio, identificação do navio em fim de ciclo de vida, desmantelamento, e por fim, a comercialização dos produtos oriundos desta última etapa. A Figura 1 apresenta um diagrama das fases do ciclo de vida de um navio. Um navio pode ser entendido como um bem capital que tem como finalidade realizar o transporte de pessoa e/ou carga por vias navegáveis (Sornn-Friese, Roth, Sofev, 2019).

Figura 1 - Ciclo de vida de um navio



Fonte: ADAPTADO DE SORNN-FRIESE *et al.* (2019, P. 9).

Está destacado na Figura 1 a etapa de desmantelamento de um navio, que faz parte das etapas do ciclo de vida do navio.

Considerando os desafios da indústria naval para o desmantelamento de navio, é necessário compreender as etapas do processo que envolvem o setor produtivo, como as questões econômicas, a mão de obra e a sustentabilidade ambiental. Também é necessário identificar como a EC pode contribuir para resolver os desafios da indústria naval nessa área.

Para tanto, neste capítulo são apresentados os processos produtivos envolvidos no desmantelamento de embarcações, assim como a mão de obra do mesmo, questões ambientais que envolvem o desmantelamento inadequado, bem como a noção de legislação envolvida. Por fim, será conceituada e explicada a EC, especialmente, aplicada ao desmantelamento de embarcações.

## 2.1. DESMANTELAMENTO DE NAVIO

O desmantelamento de navios é um dos quatro mercados existentes na economia marítima e, após o fim de vida de um navio, em média 25 anos, é preciso realizar seu desmantelamento. Para isso, as embarcações são enviadas para os estaleiros de sucata. As instalações para o desmantelamento de embarcações, na maior parte, são feitas em locais onde faltam cuidados com o meio ambiente e com a segurança dos trabalhadores (Stopford, 2017).

O motivo que leva um navio para ser desmantelado é determinado pelo mercado global que dita quando irá virar sucata, leva em consideração as variáveis de custo de frete, custo de operação, regulamentação, assim como eficiência da frota. O local de escolha para realizar a operação é determinado por fatores específicos do país, como demanda por sucata de aço, demanda outros materiais além do aço, custo de mão de obra e regulamentação, conforme Figura 02 (Sornn-Friese *et al.* 2019)

Figura 2 - Demanda e oferta de reciclagem de navios



Fonte: SORNN-FRIESE *et al.*, tradução do autor (2019).

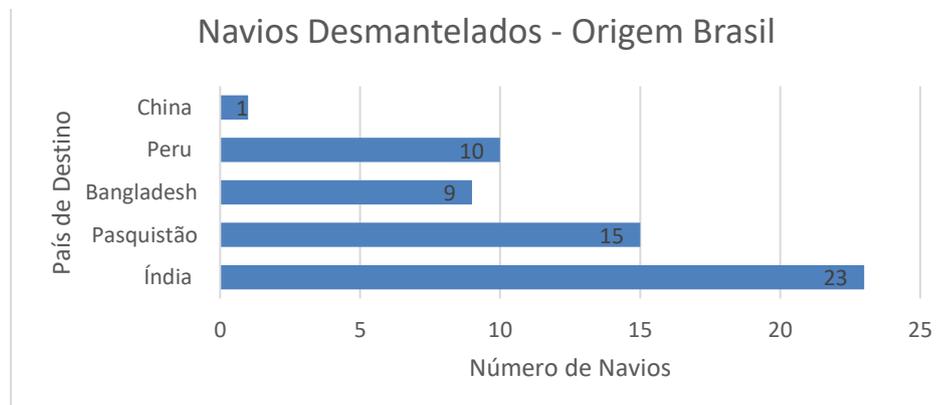
Para o Carreteiro (2020), os fatores que levam o armador tomar a decisão para o desmantelamento são: embarcação obsoleta, embarcação fora de classe, custo operacional elevado, tempo de construção e de operação muito acima do projetado, acidentes que deixam a embarcação fora de uso, alienação para renovação da frota.

A operação de desmantelamento de um navio, de forma prática, consiste em desmantelar a estrutura e componentes, reduzindo o navio a lotes, separados por tipo de material, como metal, madeira e polímero (Ocampo; Pereira, 2019).

O processo de desmantelamento de navios no Brasil pode se tornar competitivo, no mercado de desmantelamento, o país possui diversos estaleiros, para conseguir atender a demanda, que ultrapassa os 400 navios por ano, um dos fatores que os estaleiros precisam atender são as legislações internacionais, como a Convenção de Hong Kong (2009) e Regulamento Europeu (2013), conforme explica o professor Newton Narciso Pereira (SINAVAL, 2022).

No Brasil, o desmantelamento de embarcações não ocorre dentro do território nacional, as embarcações do país são encaminhadas, principalmente, para o Sul da Ásia. O Brasil não possui estaleiro que realize a reciclagem das embarcações, pois estão focando na construção e reparo naval (Ocampo; Pereira, 2019). Sendo a Índia o país que mais recebeu embarcações do Brasil entre 2012 e 2018, conforme Benjamin; Figueiredo (2019), ilustrado na Figura 2.

Figura 3 - Destino dos navios BR para desmantelamento –  
2012/2018

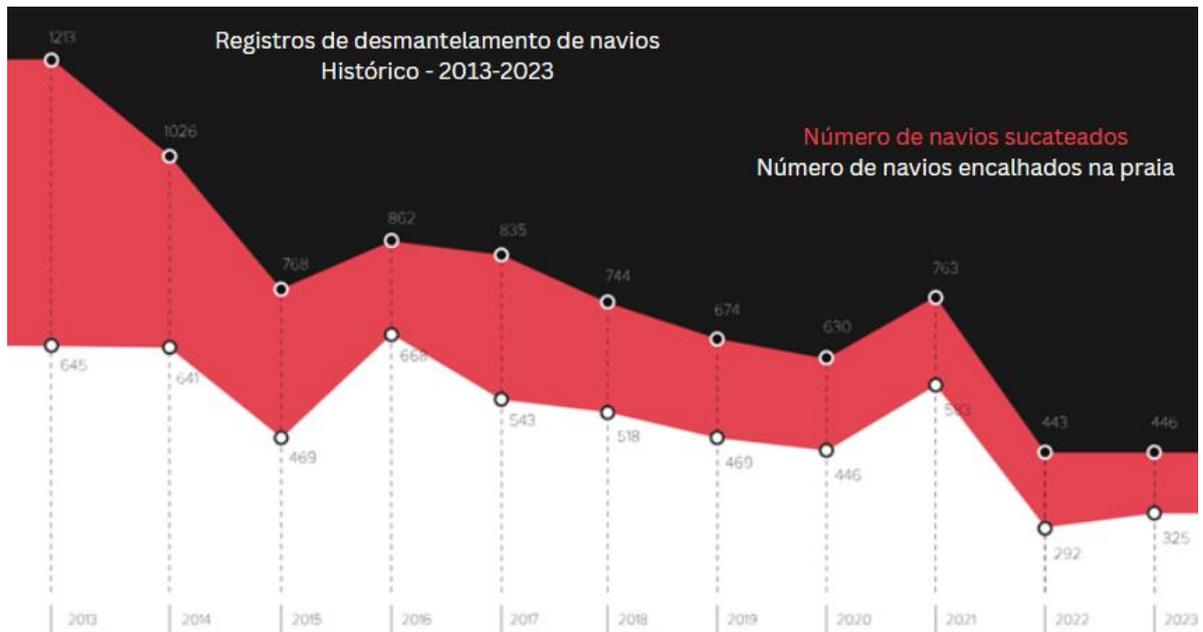


Fonte: o Autor (2024).

A Figura 3 aponta para o potencial desse segmento no Brasil, no entanto, é preciso avançar em entraves que deixam o país como exportador de navios, e manter essa fonte de receita e matéria prima em solo brasileiro (Benjamin; Figueiredo, 2019).

Os navios que são encalhados nas praias nem todos são desmantelados, na Figura 4 é possível verificar que com o advento da pandemia o número de navios encalhados e desmantelados nessas regiões diminuíram, Figura 03, essa situação também se deve ao fato de que em 2019 começou a vigorar a Resolução nº 1257/2013 da União Europeia, o qual os navios com bandeiras pertencentes ao bloco europeu, devem realizar desmantelamento em estaleiros certificados (ONG SHIPBREAKING PLATFORM, 2023).

Figura 4 - Número de navios desmantelados e encalhados no mundo



Fonte: ONG SHIPBREAKING PLATFORM (2023).

Os métodos que podem ser empregados no desmantelamento de embarcações são 04 tipos (Carreteiro, 2020):

- 1- *Beach method*;
- 2- *Dry Dock*;
- 3- *Quay*;
- 4- *Slip way*.

O *beach method* é o mais conhecido, sendo também o mais poluente dentre os descritos, consiste encalhar o navio na praia e fazer todo o serviço, sem qualquer tipo de controle, Figura 5, comum no sul da Ásia.

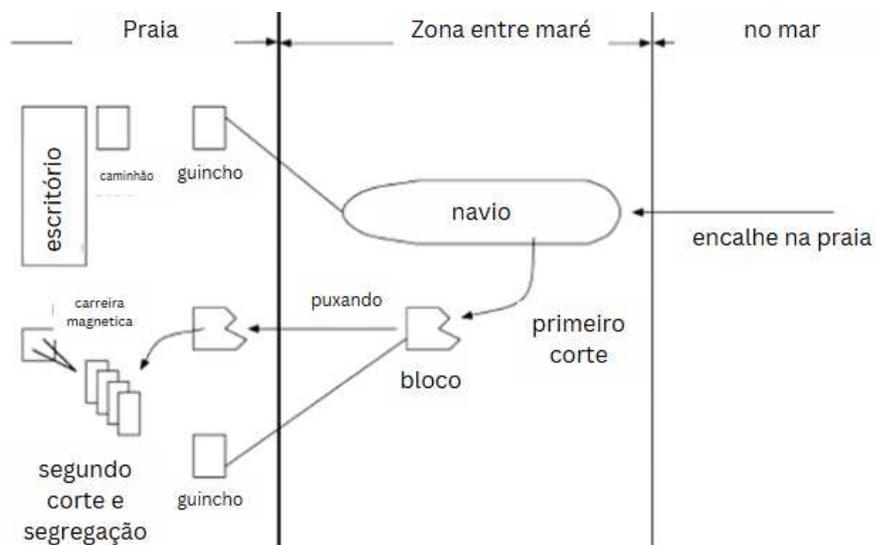
Figura 5 - *Beach Method* no Sul da Ásia



Fonte: SEAMAN MEMORIES (2023).

O navio antes de ser trazido para a praia, normalmente sem nenhuma carga, realiza a descarga da água de lastro e aguarda a autorização do governo local, com a maré baixa são cortados em blocos, e levados a praia e reduzidos em partes menores e classificados de acordo com o tipo de material, para então ser vendidos, aqui óleos e materiais perigosos são removidos e vendidos conforme saem do navio, com pouco ou nenhuma preocupação ambiental, na Figura 06 ilustra o método e suas peculiaridades (Sujauddin *at al.*, 2013).

Figura 6 - Fases do *beach method*



Fonte: SUJAUDDIN *at al.*, (2013).

O método que vem ganhando maior espaço dentre os possíveis, é o *dry dock*, doca seca, Figura 7, pelo fato de apresentar bom controle ambiental, pois é realizado em um estaleiro com doca seca (Carreteiro, 2020).

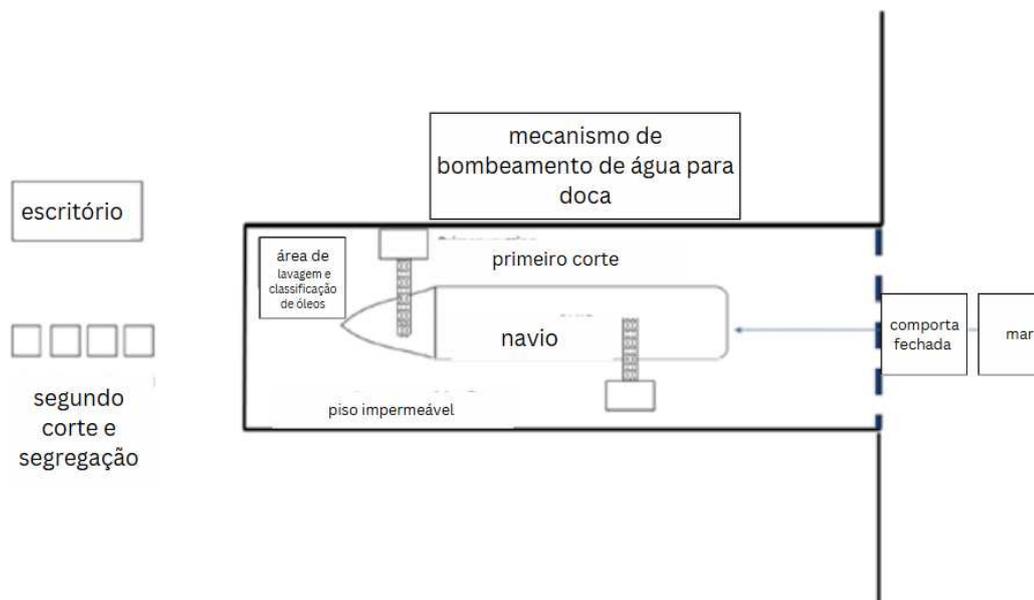
Figura 7 - Dry dock



Fonte: ONG SHIPBREAKING PLATFORM (2022).

No entanto, por necessitar de uma infraestrutura mais elaborada, se torna um dos métodos mais caros, pois é preciso que se tenha um piso impermeável, apresentando um sistema de bombeamento de água, como fechamento de comportas, também apresenta limitação de comprimento de navio, na Figura 08 é possível observar o procedimento descrito (Mannan *at al.* 2023), a Figura 7 ilustra o método.

Figura 8 - Fases do Dry Dock



Fonte: MANNAN *at al.* (2023).

O *quay*, utiliza o cais para realizar o processo, neste caso é utilizado como apoio ao método 2, por fim, o *slip way*, tem como objetivo fazer uso de rampas, neste método serve como auxiliar do método 2, pelo fato de facilitar o acesso da embarcação a doca, no entanto o processo pode ocorrer na própria rampa (Carreteiro, 2020).

Entender, como ocorre o processo de desmantelamento de navios é necessário, estudando o seu passo a passo, para que se possa conhecer suas especificidades, assim na próxima seção está descrito o processo de desmantelamento de navios.

### **2.1.1. Processos de desmantelamento de navios**

Para realizar o desmantelamento de forma segura e eficiente, é fundamental elaborar um plano de reciclagem para os lotes que serão retirados da embarcação, de acordo com as diretrizes estabelecidas pela legislação. O local deve estar certificado por autoridade competente, que pode ser uma empresa de vistoria habilitada pelo governo local para realizar essa operação (Convenção Internacional de Hong Kong para a Reciclagem Segura e Ambientalmente Adequada de Navios, 2009).

O processo de desmantelamento utiliza pouco ferramental pelo fato de, na maior parte das vezes, serem feitos de forma manual. Para isso, três etapas são definidas, conforme apresentado Figura 9 (Stopford, 2017):

- Na primeira fase do processo, que consiste em preparar o navio para o processo de desmantelamento, inicia-se realizando o fechamento de todas as aberturas de admissão, bombear água dos porões, retirar os materiais não metálicos, não esquecendo dos itens com potencial de explosão. Se for um navio-tanque, ter atenção para limpeza dos gases explosivos;
- Na segunda etapa, o navio é encaminhado para área de desmantelamento, é o momento de encalhar o navio na praia ou dique, varar, e realizar o corte das grandes estruturas metálicas, como: mastros, tubos, superestrutura, equipamento do convés, máquina principal, equipamento auxiliar, pavimentos, plataformas, anteparas

transversais, eixos propulsores, mancais do eixo propulsor, seções superiores e seções de proa e popa;

- Por fim, segue-se para o corte e preparação dos lotes para venda, o que resta da embarcação então é cortada em seções e levada até o mais próximo da margem, para assim, ser juntada com as outras partes da sucata, para então ser transportada ao comprador. Os tamanhos do corte final dependem do comprador.

Figura 9 - Processo geral do desmantelamento



Fonte: AUTOR (2024).

É necessário estar atento aos riscos envolvidos nessa operação, não somente pelo fato do material que está sendo trabalhado, mas também em relação ao ambiente aos quais os trabalhadores estarão expostos, como pelo risco de queda de altura, morte em espaço confinado (Gunbeyaz *et al.*, 2023).

Após o navio estar em condições de ser desmantelado, o processo que se segue é de retirar os itens como mobiliário, utensílios e demais moveis leves, assim como as tubulações. Ao passo que os demais trabalhadores irão realizando o corte da superestrutura, os outros seguem cortando o navio em blocos, assim que os blocos vão se separando uma equipe é responsável por prender os blocos em cabos de aço e levar até a praia utilizando guinchos. Nesta etapa, ainda mais próxima a margem, uma equipe divide em seções menores de chapas de metais, que por sua vez são encaminhados via modal terrestre para as empresas de transformação de aço, dependendo da qualidade passarão por laminadoras ou serão utilizados em fundição, todo o processo depende do tamanho da embarcação, no caso do navio Al Nabila IV IMO 8006426, LOA 170,75 m, levou cerca de 5 meses. (Gregson *et al.*, 2009).

De acordo com Carreiro (2020), o processo pode ser dividido em três fases, levantamento de informações, o desmantelamento em si e na terceira fase ocorre a

consolidação de informações e comercialização dos equipamentos e partes desmanteladas.

Cada uma das fases apresenta especificidades que devem ser seguidas, pois desta forma consegue-se obter o processo mais adequado de desmantelamento, na primeira fase pode ser desdobrada em outras 06 fases, na segunda apresenta outras 06 fases e por fim, a terceira fase é mais enxuta com 03 fases, apresentadas no Quadro 1 (CARRETEIRO, 2020).

Quadro 1 - Descrição das fases de desmantelamento

<b>PRIMEIRA FASE</b> <b>levantamento de informações</b>	<b>SEGUNDA FASE</b> <b>desmantelamento</b>	<b>TERCEIRA FASE</b> <b>consolidação das</b> <b>informações e</b> <b>comercialização dos</b> <b>equipamentos e partes</b> <b>desmanteladas</b>
<p>Identificação e localização das embarcações inservíveis;</p> <p>Verificação da situação de baixa do navio – análise jurídica, econômica, de qualificação de potenciais compradores e locais de desmantelamento;</p> <p>Preparação de documentos, termos e as condições de alienação;</p> <p>Conhecimento de regras nacionais e internacionais;</p> <p>Logística para entrega da embarcação no estaleiro indicado</p>	<p>Identificação do estaleiro que irá realizar o trabalho e do método de desmantelamento;</p> <p>Análise dos custos de docagem, traslado e corte;</p> <p>Processo de engenharia reversa com definição das dimensões de corte da chapa naval – obedecer a critério logísticos;</p> <p>Início do processo de desmantelamento, retirada de equipamentos, cabos, correntes, dutos, módulo de acomodação, <i>top side</i> (navios superestrutura), motorização;</p> <p>Corte da chapa naval;</p> <p>Estocagem dos produtos finais desmantelados.</p>	<p>Análise e quantificação do volume dos materiais comerciáveis – ferrosos e não ferrosos, peças, equipamentos, cabos, dutos;</p> <p>Identificação de potenciais compradores – de peças, equipamentos, chapas navais, correntes, cabos, dutos.</p> <p>Comercialização das partes desmanteladas.</p>

Fonte: AUTOR, (2024).

As fases são formas de se ter uma melhor visualização de como será realizada todo o processo, mas nada impede de que o armador realize prospecção de estaleiros para futuros desmantelamentos, o que poderia causar sobre posição, mas sem prejuízo do objetivo final, pois estaria pulando a etapa 01 indo para 02, no entanto

de forma pontual, sem esquecer que quando de fato for realizar o planejamento as etapas devem ser seguidas.

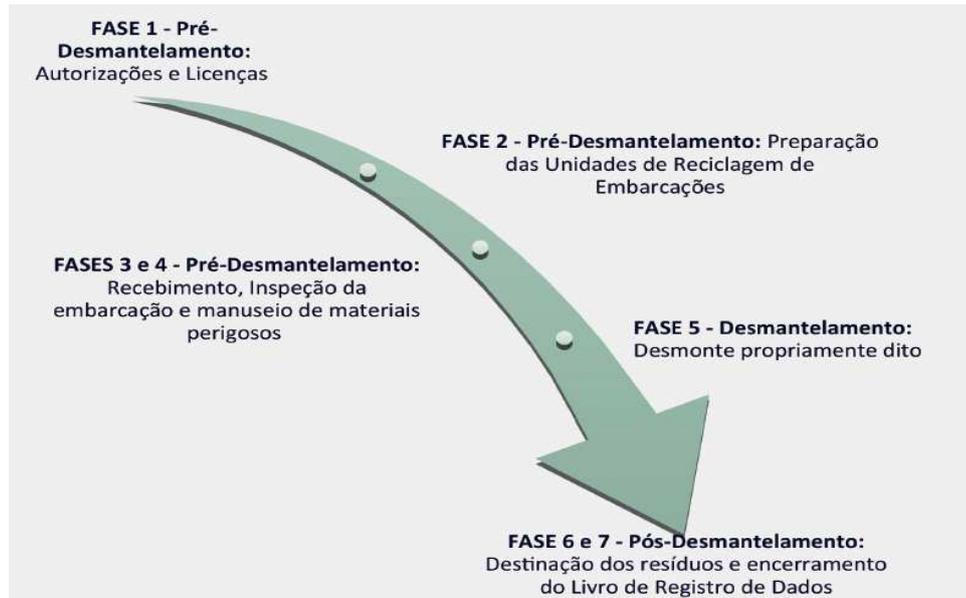
Carreiro (2020) ressalta que no Brasil a comercialização de materiais ferrosos e não ferrosos tem mercado disponível para compra, por meio de siderúrgicas para ferrosos e não ferrosos por meio das metalúrgicas.

O Guia do Empreendedor para a Reciclagem de Embarcações (2021) elenca 7 fases:

- Na primeira fase a parte de licenças, ou seja, toda a documentação necessária;
- O segundo momento trata do local, a instalação que irá receber a embarcação, o qual deve estar adequada às normas, conforme descritos nas licenças emitidas na fase 1;
- A fase 3 é o momento de fazer a inspeção da embarcação no estaleiro que realizará o desmantelamento;
- Na fase 4 após a inspeção minuciosa, é o momento de preparar então para o desmantelamento;
- Etapa de desmantelamento, fase 0, preferencialmente em dique seco, ocorre o manuseio, tratar e transportar os materiais.
- Fase 0 nesta etapa então os resíduos são encaminhados aos destinos finais;
- Por fim, fase 7 que ocorre o fechamento do livro de registro dados.

As fases 1, 2, 3 e 4 são chamadas de pré-desmantelamento, pois ainda não iniciou o processo em si, de desmonte, que ocorre na fase 5, as fases 6 e 7 é denominada pós-desmantelamento, pelo fato de ter finalizado a etapa 5, as etapas estão ilustradas na Figura 10.

Figura 10 - Fases do desmantelamento



Fonte: O GUIA DO EMPREENDEDOR PARA A RECICLAGEM DE EMBARCAÇÕES (2021).

O uso de máquinas e da tecnologia pode ser empregado, mas é preciso analisar a mão de obra envolvida neste processo, que será abordado na próxima seção.

### 2.1.2 Mão de obra envolvida no desmantelamento de embarcações

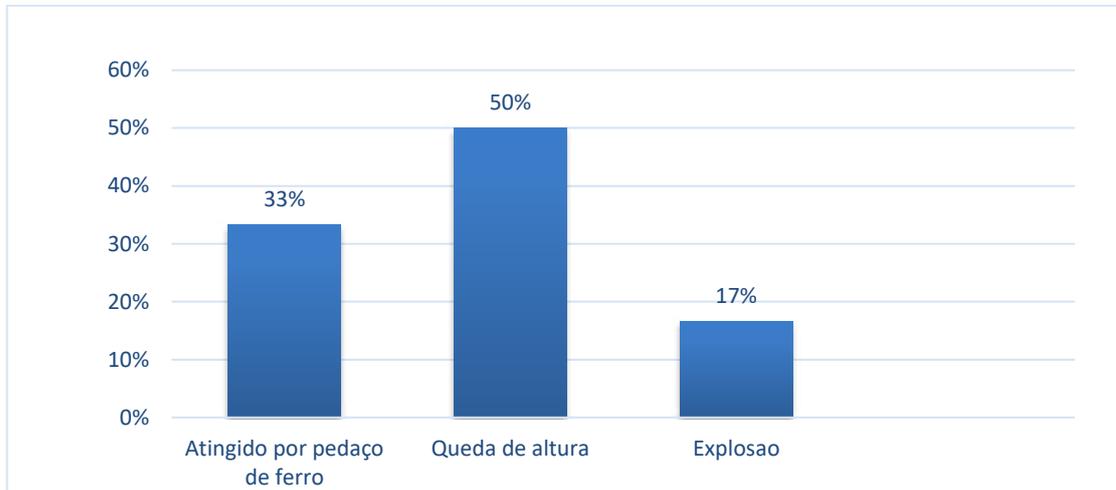
A quantidade de pessoas que estarão presentes nesse processo de produção é variável, não se tem uma quantidade mínima ou máxima de trabalhadores. Esse número é dependente do tipo de embarcação, comprimento, além de fatores como disponibilidade de pagamento do estaleiro e o prazo disponível para realizar o serviço (Gunbeyaz *et al.*, 2023).

Os trabalhadores dessa indústria no Sul da Ásia, os quais têm pouca instrução, normalmente com ensino fundamental incompleto e são migrantes, cerca de 80% dos trabalhadores estão nessa situação. Seus salários variam de US\$1,00 até US\$6,00 por dia de trabalho, sem qualquer benefício social (Sonak *et al.*, 2008).

No ano de 2023 foram 06 mortes no sul asiático, sendo as causas: atingido por pedaço de ferro, explosão, queda de altura, esta última com maior número de vítimas. Desde de 2009 já foram registradas 447 vítimas fatais (ONG Shipbreaking Platform, 2023). No Figura 10 disponível em ONG Shipbreaking Platform (2023) é

possível observar a distribuição em porcentagem em relação a causa de mortes no sul da Ásia.

Figura 11 – Mortes no Sul da Ásia por desmantelamento de embarcações - 2023



Fonte: AUTOR (2024).

Por ser um processo realizado em regiões com pouco infraestrutura e quase nenhum tipo de fiscalização, questões envolvendo poluição sonora é comum, o barulho nesses locais é ensurdecador, como martelos, ruído de tochas de oxiacetileno utilizado para corte de chapas, como inspirar fumaças com diversos contaminantes (Gregson, 2009).

Realizar o trabalho nesses locais é um desafio para os funcionários, muitos dos quais estão em situação de subcontratação. Esses postos de trabalho trazem sérios riscos a integridade dos colaboradores, como exposição a ruídos que levam a perda de audição. Os acidentes de trabalho são rotineiros, quando é necessário que um trabalhador seja conduzido ao hospital, são deixados para atendimento e esquecidos pelo contratante. Quando enfermos, não recebem nenhum tipo de benefício ou apoio do empregador, é comum que ocorra óbitos nesses ambientes de trabalho (Sonak *et al.*, 2008).

Importante destacar os riscos que esse processo traz a saúde do trabalhador que realiza o serviço sem qualquer tipo de equipamento de proteção individual (EPI), os danos em maior parte são irreversíveis, doenças como câncer, surdez de acordo com a ONG Shipbreaking Platform (2023).

Ao realizar o cálculo da média de idade dos trabalhadores que vieram a óbito em 2023, a média de idade não chega aos 32 anos. Mostrando que muitos jovens

acabam buscando este emprego e acabam perdendo a vida com a atividade. Ainda levando em consideração que muitos dos acidentes nem se quer são registrados (ONG Shipbreaking Platform, 2023).

As pessoas são fundamentais nesse processo, mas também é importante avaliar os efeitos no meio ambiente, no sentido estrito, desta maneira no próximo capítulo, serão apresentados os fatos relacionados as questões ambientais.

### **2.1.3 Questões ambientais do desmantelamento de embarcações**

O processo de desmantelamento é visto como algo mais “sujo” que a construção de um novo navio. No entanto realizar em ambiente externo, como em praias é altamente poluente, pois é complexo conseguir realizar o controle de derrames. Neste caso, usar uma doca seca melhora a eficiência do processo se comparado com os que são realizados em praias (Stopford, 2017).

A degradação ambiental que ocorre com o desmantelamento descontrolado, sem qualquer tipo de cuidado com o meio ambiente causa danos que podem levar décadas para ser revertido. Contaminação com petróleo, lamas e detritos dos mais variados tipos, levam a perda da região costeira, o manguezal, berço da vida marinha é um dos ecossistemas que mais sofrem, bem como danos irreparáveis para a população local (ONG Shipingbreak Platform, 2023).

O Brasil é um dos países signatários da Convenção Internacional de Hong Kong para a Reciclagem Segura e Ambientalmente Adequada de Navios (Hong Kong, 2009), que deve entrar em vigor em junho de 2025 (Cluster Tecnológico Naval, 2024), o qual traz em seu texto os princípios mínimos que o país deve seguir ao permitir a instalação em seu território de estaleiros de desmantelamento, com o intuito de assegurar o risco zero aos trabalhadores e ao meio ambiente. Garantindo que a sucata e resíduos tenham destino seguro e ecologicamente correto (Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, 2021).

No Brasil, uma parte significativa do transporte em hidrovias são realizados em navegação interior, essas embarcações são normalmente abandonadas ao longo das margens dos rios e baías que causam danos para o ecossistema e sociedade (Benjamin; Figueiredo, 2019). Exemplo desse fato ocorre na cidade de Guaratuba, no

estado do Paraná, onde uma balsa está abandonada no local. Acredita-se há quase uma década, conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 12- Balsa abandonada em Guaratuba



Fonte: ACERVO DO AUTOR (2024).

Observando tanto o contexto nacional quanto mundial, visando equilibrar as questões sociais e ambientais, ainda é um caminho que precisa ser percorrido, uma forma para enfrentar a temática como uma questão de política pública, para um tema que é esquecido pelos governos, mostrando que a falta de regulamentação é um ponto crucial a ser trabalhado (Benjamin; Figueiredo, 2019).

Realizar a alteração de bandeira de um navio após o fim de vida é uma maneira de driblar a legislação do país o qual o navio está registrado durante a operação, com o intuito de passar o registro para um país em que a legislação é pouco levada em consideração no que tange aspectos ambientais. O processo de alteração de bandeira é conhecido como bandeira de conveniência, o armador faz alteração de bandeira para outro país com o intuito de ter facilidade com o desmonte a embarcação, países como: Libéria, Serra Leoa, São Cristóvão e Neves, Mongólia, Camarões entre outros, acabam recebendo navios no final de suas vidas para serem desmantelados em suas praias sem qualquer tipo de controle (ONG Shipbreaking Platform, 2023).

O processo de desmantelamento traz benefícios econômicos para o país que adota essa prática de pós-produção, no entanto, em países em desenvolvimento, com tecnologia ainda em crescimento, principalmente quando se fala em práticas ambientais sustentáveis, acabam trazendo o ônus do processo, junto dessas embarcações, materiais perigosos estão presentes. Assim, mais um obstáculo para o meio ambiente e trabalhadores são apresentados. Um desafio para o governo e

empresas do setor de desmantelamento de navios, que acabam ficando com esses produtos e não realizando o descarte e armazenamento de forma correta (Sonak *et al.*, 2008).

Não se pode deixar de considerar o método de corte do aço, que de acordo com Onal (2023) o que traz o menor impacto ambiental entre os métodos mais utilizados é o jato de água, principalmente ao comparar com o que utilizam oxcombustíveis, como oxiacelitenica, como impacto no aquecimento global, cerca de um terço se comparado com o oxcombustíveis.

Seja mão de obra, ou meio ambiente, é fundamental destacar a legislação que é aplicada ao processo de desmantelamento, para isso na próxima seção, o foco será entender como a legislação está inserida neste contexto.

## 2.2 LEGISLAÇÃO ENVOLVENDO DESMATELAMENTO

O arcabouço legal que envolve o desmantelamento de embarcações envolve leis, normas, regras em nível nacional como internacional. Quando se trata de legislação internacional é preciso conhecê-la e aplicá-la mesmo que o país não seja signatário de uma determinada legislação para que venha a ser competitivo no mercado global, como é o caso do regulamento da União Europeia (UE), por meio do Regulamento Número 1257/2013.

Para que os estaleiros que desejam atender armadores que fazem parte da UE é preciso seguir o que diz o regramento. No Quadro 2 é descrita as principais normas brasileiras, bem como as de âmbito internacional.

Quadro 2 - Relação de legislação nacional e internacional

LEGISLAÇÃO NACIONAL	LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL
Constituição Federal de 1988 – Art. 225	Convenção de Basileia
Lei Nº 10.308, De 20 de Novembro de 2001	Convenção de Hong Kong

<p>NR 34 – Condições e Meio Ambiente De Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval</p>	<p>Regulamento da União Europeia nº 1257 de 2013</p>
<p>Instrução Normativa Interministerial MD/MMA nº 2, de 07.07.2016- DOU de 08.07.2016</p>	
<p>Resolução ANP nº 817/2020</p>	

Fonte: AUTOR, (2024).

Além das normas, leis, regras citadas no quadro anterior, está em discussão na Câmara dos Deputados em Brasília o projeto de lei (PL) 1584/2024, que busca validar regramentos internacionais como o caso do regulamento da União Europeia nº 1257 de 2013.

Analisar a legislação é necessário, desta maneira é possível verificar o que se pode fazer no que tange ao desmantelamento, pois a legislação será basilar para os procedimentos. Infelizmente nem todos os itens da embarcação será possível dar uma nova vida, para isso é necessário compreender o que deve ser feito com os itens que não são reutilizáveis ou recicláveis, ou ainda, encontrar um novo mercado (Sanchez *et al.*, 2017).

Para Santos *et al.* (2022) é preciso que os órgãos governamentais e os setores que compõem o setor busquem soluções de forma conjunta, buscando alinhar questões técnicas e legais, contudo ressalta que precisa de forma ágil para garantir que o país aproveite a demanda e não fique para trás.

O Brasil não dispõe de estaleiro de reciclagem de navios, no entanto o país possui capacidade produtiva, alguns de seus estaleiros estão subutilizados (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS - IBP, 2024), os quais tem experiência em manutenção, reparo e construção, podendo utilizar deste know-how

para aprimorar as técnicas e converter para o processo de desmantelamento. Esses espaços no Brasil são legalizados, seguindo as legislações nacionais, o que facilita a entrada do país neste mercado (Ocampo; Pereira, 2019).

Os desafios do país não podem ser negligenciados, além de desenvolver as técnicas de desmantelamento, o país não pode deixar de realizar a integração da cadeia de suprimento com outros elos da cadeia produtiva, gerando assim demanda por matéria prima oriunda do desmantelamento (Ocampo; Pereira, 2019).

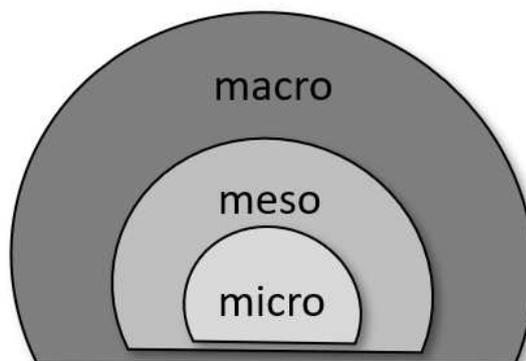
Na próxima seção será abordado a economia circular, aspectos gerais e como pode ser aplicada ao desmantelamento de navio.

### 2.3 ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular tem o papel de dar novo sentido ao chamado fim de vida de um produto, por exemplo, os navios. Pode ser abordada em diferentes níveis, que são: micro, o qual está relacionado com produtos, empresas e consumidores; mesmo, ligado a parques eco industriais; e macro, cidades, regiões e países (Kirchherr *et al.*, 2017), conforme ilustrado na Figura 12.

Ao buscar compreender a EC como parte fundamental da transformação da forma de consumo, levando em consideração os 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar), é possível usufruir dos benefícios que esse modelo tende a trazer para o segmento que o adota. Levando desenvolvimento sustentável, que por consequência agrega em crescimento econômico, equidade social, qualidade ambiental, esses ganhos são observados no curto prazo e também no longo prazo (Kirchherr *et al.*, 2017).

Figura 13 - Níveis de economia circular.

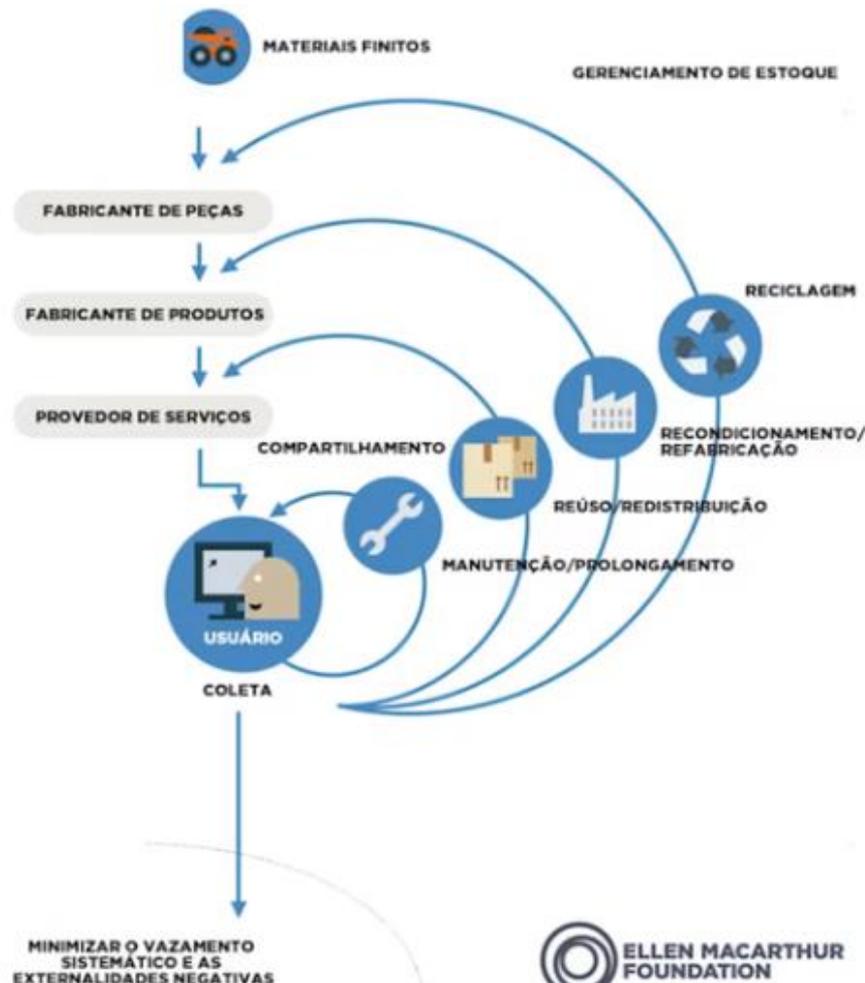


Fonte: AUTOR (2024).

Para a Fundação Ellen Macarthur (2015) a EC tem como princípio buscar fazer com os produtos e matérias não tenham um fim, mas busquem circular, ou seja, estão presentes em outras componentes. Para que de fato seja possível manter a vida útil de um material ou produto é necessário que no ato de concepção, essa ideia já tenha sido implementada. Seguindo essa linha então é possível desenvolver os navios com pensamento de que cada componente no fim de vida útil na embarcação ao qual está atrelado será utilizado futuramente.

Os materiais e produtos têm que ser mantidos em circularidade, é fundamental para assim aplicar o conceito de economia circular, para isso pode-se dividir em ciclos técnico ou biológico. O intuito aqui será o técnico, que busca reutilizar, remanufaturar, reparar, reciclar, (Fundação Ellen Macarthur, 2015), conforme ilustrado na Figura 13, importante destacar a importância do consumidor, pois deste canal que saem os dados que serão transformados em informações, no caso de navios, o consumidor é o armador.

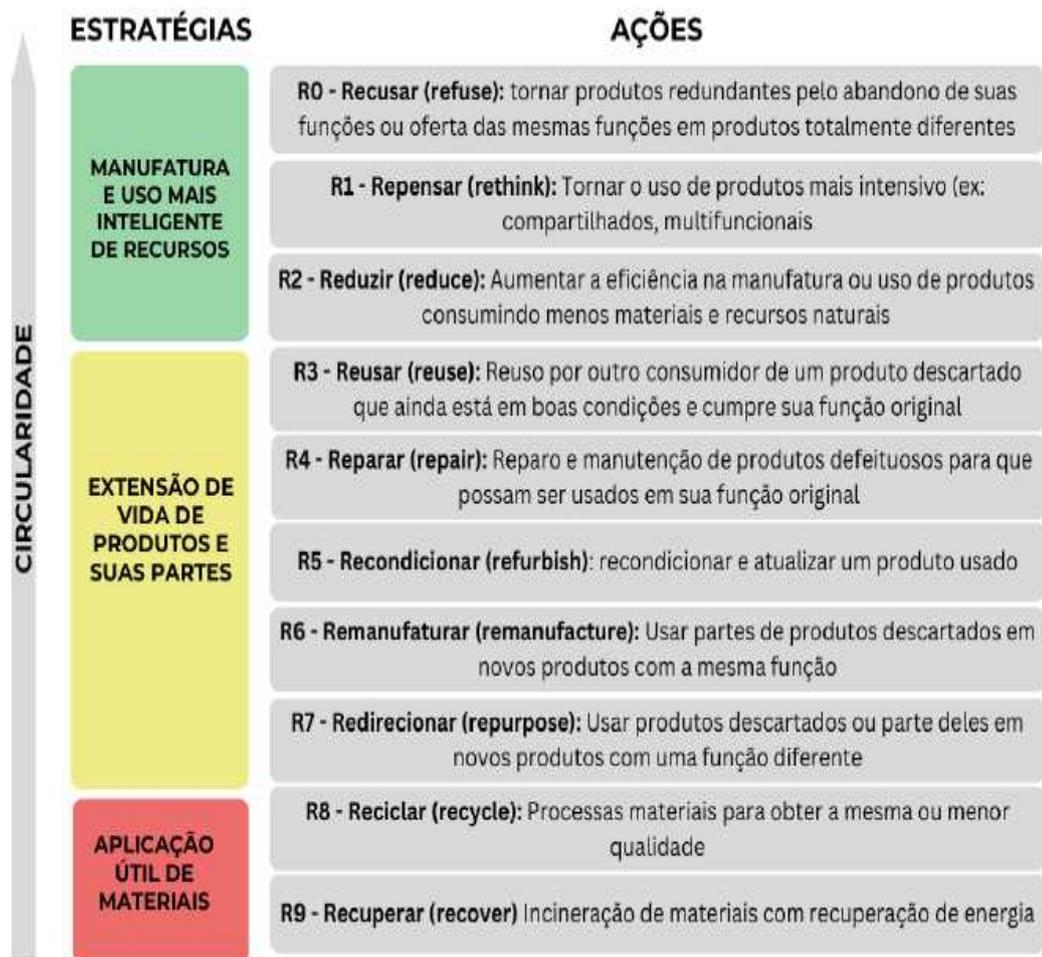
Figura 14 - Ciclo técnico



Fonte: FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR, (2015).

Para a Fundação Ellen Macarthur (2015) traz à discussão de mais R's, além dos 4 mais conhecidos citados anteriormente, pode-se citar o 9 R's que incluem: recusar, repensar, reduzir, reusar, reparar, recondicionar, remanufaturar, redirecionar, reciclar, que poder está descrito na Figura 15.

Figura 15 - Os 9 R's da EC



Fonte: MACCARI, (2023).

Quanto maior o valor do R, menor a circularidade em relação aos demais, de forma geral, quanto mais tempo o produto permanece na cadeia de suprimentos menos recursos naturais são usados, mantendo um nível alto de circularidade, desta forma deve-se priorizar os R's iniciais, no entanto nem sempre é possível (POTTING et al., 2017).

Na próxima seção será abordado como a EC pode ser aplicada ao desmantelamento de navio, buscando compreender as especificidades do tema, bem

como os benefícios que são apresentados no desmantelamento integrando a economia circular.

## 2.4 DESMANTELAMENTO DE NAVIO E ECONOMIA CIRCULAR

A EC pode ser aplicada em toda a área naval. Pode-se destacar a aplicação na construção naval, compras, projeto e operação, gestão de inventário, pós-venda, gestão do fim de vida e ciclo da cadeia de suprimento (Scipioni *et al.* 2023). O destaque será no fim de vida, ponto crucial que será buscado aplicar nesta pesquisa.

Aplicação de EC no desmantelamento de navio vai ao encontro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) conseguindo atingir uma gama das ODS's, os quais devem ser cumpridos até 2030, ou seja, mais um fator importante de aplicação do modelo.

Os navios podem continuar tendo a vida prolongada caso busque-se por reutilizar, para isso é preciso realizar a remanufatura e reparo da embarcação para assim garantir prolongamento da vida útil, no entanto suas condições precisam ser iguais ou superiores ao estado original. Para garantir a circularidade é interessante que os navios tenham uma série ou sejam irmãs, assim trazendo mais vantagens para remanufatura, pois terá vantagens com equipamentos ou peças que precisem ser substituídas (ONG Shipbreaking Platform, 2022).

O processo de desmantelamento juntamente com a EC destaca-se pela importância de que o ciclo seja de fato fechado, levando em consideração os 4 mercados definidos por Stopford (2017), pois essas peças oriundas do processo de desmantelamento devem entrar em algum momento em produção, seja na construção ou melhoria de navio existente ou ainda em outros bens, neste sentido o Quadro 3, busca exemplificar como o desmantelamento é beneficiado com a intervenção da EC (Sornn-Friese *et al.*, 2019).

Quadro 3 - Desmantelamento e EC

	<b>Aplicação de EC</b>	<b>Exemplos</b>
<b><i>Desmantelamento</i></b>	Reutilização de materiais residuais	*Simbiose Industrial; *Reciclagem; *Reutilização; *Remanufatura .
	Reentrada de peças e materiais em novos produtos/navios	*Reciclagem; *Reutilização; *Remanufatura .
	Redução do consumo de recursos e dos fatores de emissão	*Raspagem de revestimentos superficiais antes do corte do aço; *Automação.

Fonte: ADPTADO DE SORNN-FRIESE *et al.*, (2019).

Quando se realiza o desmantelamento de uma embarcação muitos são os materiais, buscar listar esses itens é fundamental para compreender o que pode ser ou não ser reutilizado. Ribeiro *et al.* (2017) realizaram o levantamento, como também descreveram o que tem mercado para reciclagem, alguns materiais ainda não se têm como reaproveitar, mas o autor lembra que novos mercados podem aparecer, na Figura 16 é possível observar o tipo de material, se é possível reciclar ou não, assim como a possível utilização.

Figura 16 -Materiais oriundo de desmantelamento de navio

Tipo de material	Nome do material	Reciclável?	Utilização
<b>Metais e Ligas</b>	Antimônio*	Sim	1. Siderúrgicas 2. indústria de eletrônicos 3. Indústria de: utensílios domésticos, ferramentas, peças de automóveis estruturas de edifícios, latas de alimentos e bebidas; 4. Indústria de: baterias de carros, lacres; telhados, baterias
	Berílio*		
	Cádmio*		
	Chumbo		
	Mercurio		
	Telúrio*		
	Arsênico		
	Cromo hexavalente		
	Zinco		
	Mistura de pilhas e acumuladores		
Componentes elétricos e eletrônicos			
<b>Componentes Inorgânicos</b>	Vidros de tubos de raios catódicos	Sim	Identificados pela sigla CRT (Cathode Ray Tubes), são materiais recicláveis. Existem diferentes caminhos para a reciclagem deste material, como também aplicações como tijolos, telhas, fabricação de cerâmica, espuma de vidro para isolamento de novos CRT e outros.
	Amianto (pó e fibras)	Não	De difícil reaproveitamento além de ser altamente contaminante e perigoso para a saúde humana
<b>Componentes Orgânicos</b>	Óleos minerais	Sim	1. Geração de eletricidade através de queima 2. Destilado e refinamento do óleo em combustível diesel ou combustível marítimo, 3. Fabricação de lubrificante
	Solventes não halogenados	Não	N/A
	Solventes orgânicos halogenad	Não	N/A
	Componentes com PCB	Sim	1. Eletrônica 2. Circuitos elétricos impressos
<b>Substâncias com outros compostos orgânicos ou inorgânicos</b>	Águas oleosas e emulsões	Sim	Logística reversa: Mercados internos e externos, abranger outros segmentos de mercado
	Resíduos de natureza explosiva	Sim	
	Embalagens de resíduos perigosos	Sim	
	Resíduos químicos da operação do navio	Sim	
	Resíduos orgânicos da operação do navio	Sim	
<b>Outros</b>	CFC	Não	Devem ser destinados à incineração.
	Halons	Não	Devem ser destinados à incineração.
	Material radioativo	Sim	Reaproveitamento do Urânio, sabendo que o urânio radioativo contém 97% de material radioativo reaproveitável Nota: de difícil reaproveitamento, sendo 96% de urânio e 1% de plutônio
	Micro-organismos/sedimentos	Não	N/A
	Combustíveis líquidos e gasosc	Sim	Logística reversa: Geração de eletricidade através de queima

Fonte: RIBEIRO *et al.* (2017).

Quando se fala no desmantelamento de navio, realizar de forma segura para as pessoas, animais e para o meio ambiente é fundamental ter atenção aos materiais perigosos que estão a bordo, sendo um dos principais desafios (Du *at al.*,2018), para enfrentar essa problemática, a aplicação de EC é fundamental, pois garante uma visão sistemática, não esquecendo deste ponto central do processo.

Compreender os benefícios que o desmantelamento unindo a EC traz para o meio ambiente é analisar a importância de se conhecer mais sobre o tema, por isso a próxima seção traz os benefícios ambientais.

#### **2.4.1 Benefícios Ambientais**

Tratar dos impactos ambientais no processo de desmantelamento integrando a EC circular é fundamental analisar indicadores ambientais confiáveis, para que assim se possa assegurar que o processo seja realizado de forma ambientalmente segura, e com indicadores possa ser avaliado (Tola *et al.*, 2023).

Desta maneira, é válido fazer a análise dos métodos utilizados e realizar a comparação, para que assim possa ser identificado o qual traz o menor impacto no meio ambiente que se está sendo feito o procedimento. Para alcançar esses objetivos, uso de equipamento adequados, como barreiras de contenção de derrame de óleo, uso de equipamentos de proteção individual e coletiva, seguir os procedimentos de manuseio de matérias perigosos, assim como desenvolvimento de regulamentação que incentivem e regulem a prática sustentável (Tola *et al.*, 2023).

Para buscar atender as demandas globais que tange as questões principalmente de sustentabilidade, usufruir do desmantelamento de navios de forma correta, ou seja, ambientalmente viável tende a trazer benefícios econômicos e ambientais ao país, como por exemplo alcançando os objetivos da ODS (Mannan *et al.*, 2023).

Realizar o desmantelamento em locais seguros, traz maior segurança ambiental, pois como boa parte das embarcações desmanteladas no Sul da Ásia é feita de forma crítica ambientalmente, o que acarreta prejuízo ao meio ambiente (Devault *et al.* 2016). Assim, não se pode negligenciar o local que se fará o procedimento, observando somente questões de custos, mas é necessário observar de forma sistêmica.

Não se pode esquecer de levar em consideração os ODS's, questão desafios basilares para alcançar, por exemplo, a sustentabilidade, os principais aplicados a temática ambiental, são:

- número 6, que trata da importância da água potável, ou seja, buscando aplicar este modelo, esse benefício acaba sendo garantido;

- número 11 que busca que cidades sejam sustentáveis, pelo fato de o processo não se limitar somente ao local, mas sim a cadeia de abastecimento como um todo;
- número 12 está intimamente relacionado, pelo fato de atingir o consumo e produção responsável;
- número 14 que ao realizar o desmantelamento por meio de práticas apresentadas no modelo tende a garantir maior vida da água.
- número 13, quando se opta por realizar o desmantelamento de forma apresenta no modelo, outro ponto é a diminuição por matéria prima virgem, como o minério de ferro reduzindo o impacto ambiental e corroborando com o ODS de número de 13 – Ação contra a mudança global do clima.

Esse são objetivos que são aplicados neste contexto de desmantelamento com a integração da economia circular. Assim, é possível entender da importância de se aplicar o desmantelamento com a EC, garantindo maior proteção ao meio ambiente, além do colaborar para que se possa, por exemplo, atingir ODS's.

As questões ambientais são importantes, no entanto analisar os benefícios sociais é uma forma de entender como os impactos podem ser sentidos pelas pessoas, desta maneira a seção seguinte aborda essa temática.

#### **2.4.2 Benefícios Sociais**

Realizar a operação de desmantelamento de navios é considerado pelo Organização Internacional do Trabalho como um dos trabalhos mais perigosos do mundo, levado em consideração os métodos rudimentares utilizados principalmente no sudeste asiático.

As legislações e regulamentações, assim como aplicação de métodos seguros mostram que quanto mais esses procedimentos são seguidos mais seguro se torna para os trabalhadores (Mannan *at al.*,2023).

Para que os trabalhadores se sintam parte do processo é preciso incentivar e qualificar os mesmos, por meio de políticas de elevação da moral destes trabalhadores, na Europa, os migrantes que acabam realizando este tipo de serviço, não atraindo a mão de obra local (Tola *et al.*, 2023).

Lin *at al.* (2022) salientam que os chamados estaleiros verdes, que seguem as convenções, legislações e regulamentos tende a aumentar o número empregos disponíveis no país, reduzir o número de acidentes, pois trazem maior segurança aos empregados, elevando assim a qualidade de vida dos colaboradores quando comparado aos locais de desmantelamento do sul asiático.

Para Devault *at al.* (2016) reforçam que por mais que nesses países asiáticos os custos são menores, as condições de trabalho devem ser levadas em consideração, pois nesses locais os trabalhadores estão expostos aos riscos sem qualquer tipo de proteção e que em boa parte dos países são inaceitáveis.

Os dados ambientais, sociais foram analisados anteriormente mostrando-se que devem ser observados, outro elo que se faz necessário analisar são os benefícios econômicos de adotar o desmantelamento juntamente com EC, assim a seção seguinte visa analisar sob ótica dos benefícios econômicos.

### **2.4.3 Benefícios econômicos**

No curto prazo, realizar o desmantelamento de navios de forma ambientalmente correta é mais oneroso, no entanto, Lin *at al.* (2022) explica que esse fato se dá pelo custo inicial do investimento tanto na infraestrutura do estaleiro quanto com equipamentos para funcionários.

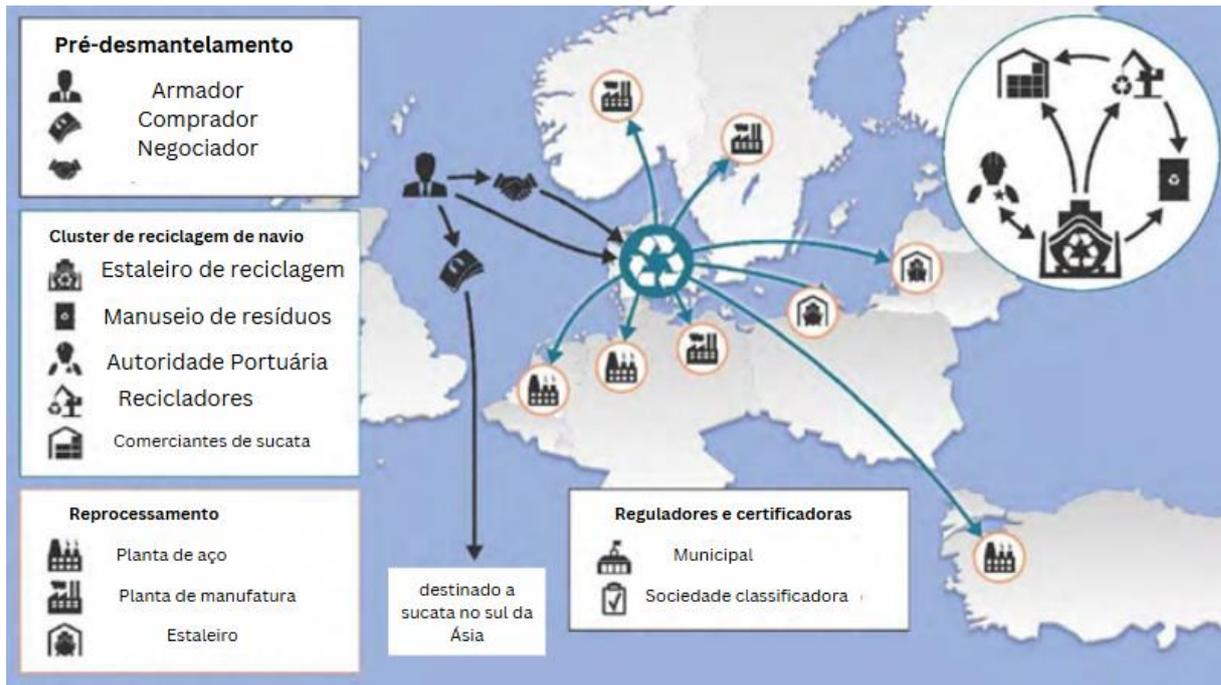
Optar por aplicar o desmantelamento de navios levando em consideração a economia circular faz com que as empresas visam aumentar seus lucros, se tornem mais competitivas, conseguindo suportar grandes desafios tanto no âmbito empresarial quanto social (De Angelis, 2020).

Para os países em desenvolvimento, como o caso do Brasil, realizar a reciclagem de navio traz mais receita para o país, auxiliando no crescimento econômico nacional, gerando mais riqueza (Mannan *at al.*,2023).

Para melhor compreender os benefícios econômicos é necessário identificar quem são os players deste mercado, na Figura 17 , tem-se ilustrado três grandes grupos, que são: pré-desmantelamento, desmantelamento e reprocessamento, no primeiro tem-se o armador, comprador e o negociador para o desmantelamento, na próxima etapa é possível verificar a presença do estaleiro de reciclagem, manipulador de resíduos, autoridade portuária, recicladores e a indústria de metal reciclado, na etapa de processamento é preciso a planta de aço, manufatura ou estaleiro de

construção, a depender do destino que será dado a embarcação. No entanto é preciso destacar que não necessariamente é preciso passar por todas as etapas, por exemplo o aço pode passar por uma planta de manufatura do mesmo, sem passar por um reciclador (Sornn-Friese *et al.*, 2019).

Figura 17 - Visão geral do desmantelamento e seus players



Fonte: SORNN-FRIESE *et al.*, (2019).

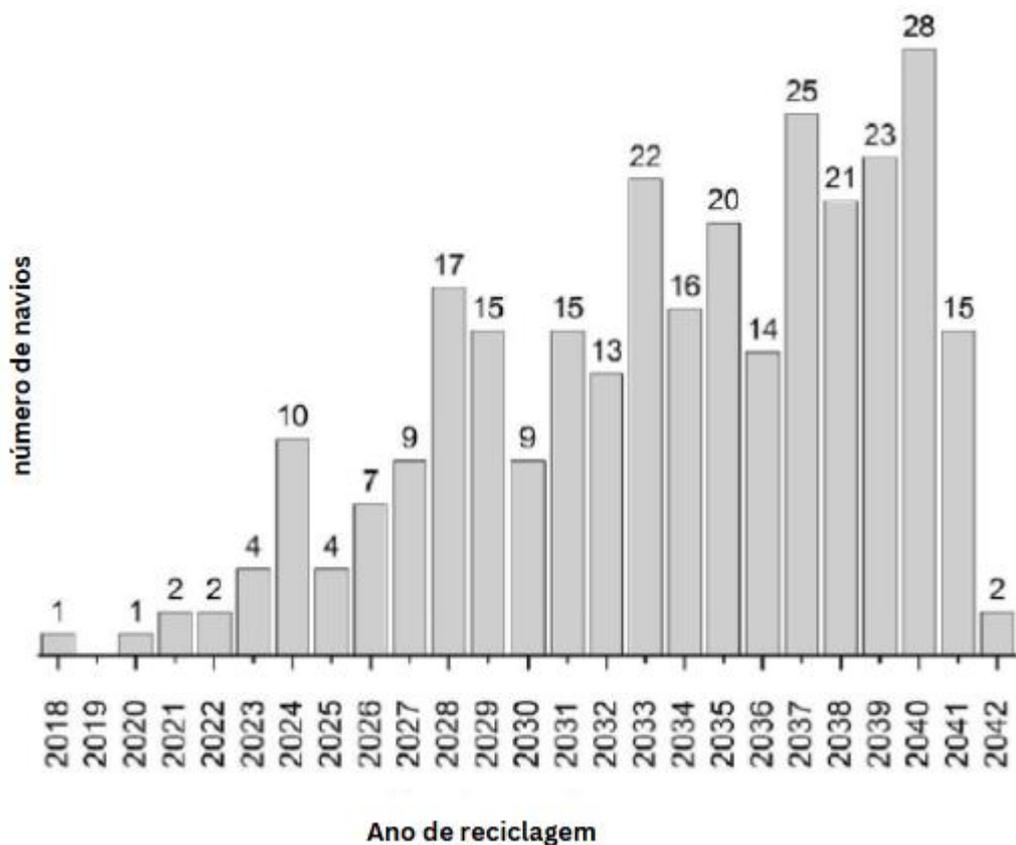
Como ilustrado na Figura 17, o navio segue um fluxo para desmantelamento, o armador pode vender a embarcação diretamente para um dos agentes envolvidos no mercado de desmantelamento ou por meio de intermediador, um negociador de navio, ocorre primeiro o fluxo de informação da parte de quem solicita a reciclagem, assim como, a confirmação da autoridade portuária, que no Brasil seria a Marinha do Brasil, para baixa de registro da embarcação, após esse fluxo o navio pode seguir para o desmantelamento que pode ocorrer de forma diferente a depender do caminho escolhido sendo os possíveis: manipulação de resíduos, reciclagem ou empresa que compra e vende. Após esta etapa inicia o reprocessamento, sendo que o destino nesta fase também é variável, (Sornn-Friese *et al.*, 2019).

A EC aplicada no desmantelamento é necessária pois diversos são os componentes que podem ser reutilizados, como materiais ferrosos e não ferrosos (aço, alumínio, cobre, prata e outros), máquinas, equipamentos, acessórios, móveis,

conforme lista Sornn-Friese *et al.* (2021). Cerca de 98% do peso do navio pode ser reaproveitado conforme dados da Lloyd's Register (2011).

O Brasil até 2030 apresenta mais de sessenta navios para serem reciclados, ilustrado na Figura 18 (Ocampo; Pereira, 2019). Levando em consideração que dependendo do tamanho do navio, uma embarcação com cerca 170 m de comprimento, leva em torno de 5 meses para seu desmantelamento (Gregson *et al.*, 2009).

Figura 18 - Projeção de Navios brasileiros para desmantelamento



Fonte: OCAMPO; PEREIRA, (2019).

Na projeção da Figura 18 é possível ver uma queda brusca do número de navios reciclados na projeção, de acordo com o autor o fato ocorre pela falta de investimento em novas frotas por parte do Fundo da Marinha Mercante.

Os estaleiros nacionais possuem infraestrutura para realizar a reciclagem de embarcações, pois possuem licenças ambientais conforme norma brasileira, o que torna difícil a aplicação do desmantelamento no país são questões de conhecimento

sobre o procedimento de desmantelamento e os custos que envolvem o descarte de materiais perigosos, carga tributária e laboral (Ocampo; Pereira, 2019).

Realizar o desmantelamento de navios em estaleiros brasileiros é vantajoso para o país, pois realizar o investimento para adaptações às normas internacionais dos estaleiros traz uma receita de US\$587 milhões, o que representa 4,9 vezes o retorno do investimento para adequação (Ocampo; Pereira, 2019).

Tola *at al.* (2023) trazem em seu artigo a importância de realizar estudo de mercado de forma ampliada, não levando em consideração somente os navios que estão aptos a serem desmantelados, como também levantar os dados sobre os matérias que suas quantidades, para que se possa equilibrar oferta e demanda. Para que se possa alcançar esse objetivo reforça a importância da comunicação entre os diversos atores deste mercado.

As seções analisadas anteriormente são base para encontrar modelos que tenham como premissas esses dados, como um todo ou em parte. Nas próximas seções são apresentados os modelos que versão sobre a temática e são pilares da construção do modelo deste trabalho.

## 2.5 MODELO ONG SHIPBREAKING PLATFORM

O modelo adotado pela ONG Shipbreaking Platform (2022) traz três princípios basilares, que são: Desenvolvimento Social, Inclusão e Equidade, tais princípios são como guias norteadores quando se fala em desmantelamento e economia circular para o modelo da organização.

O modelo está dividido em duas grandes partes, a primeira pode ser compreendida como a fase de projeto do navio e a segunda como a fase de reciclagem.

Na primeira fase que ainda pode ser subdividida em duas subfases, construção de nova embarcação ou reparo e remodelamento, quando se pensa em construir um navio, a primeira pergunta que o armador deve fazer é “Nós precisamos de um navio novo?”, como citado o mercado é cíclico, é fundamental levar em consideração a queda do mercado. Mesmo com essas considerações, se a resposta for para construir uma nova embarcação, então é hora de entrar em ação o time de projetos.

Os responsáveis por projetar a nova em embarcação, devem prever um plano listando todos os materiais que estarão a bordo da embarcação, chamada de passaporte de materiais, essa informação é necessária, quando a embarcação sofrer o processo de desmantelamento, reparado/remodelamento, pois assim é possível saber todos os materiais que estão a bordo da embarcação, desde do aço utilizado no casco do navio até o tipo de equipamento eletrônico a bordo, todos os itens, sem exceção deve ser descrito.

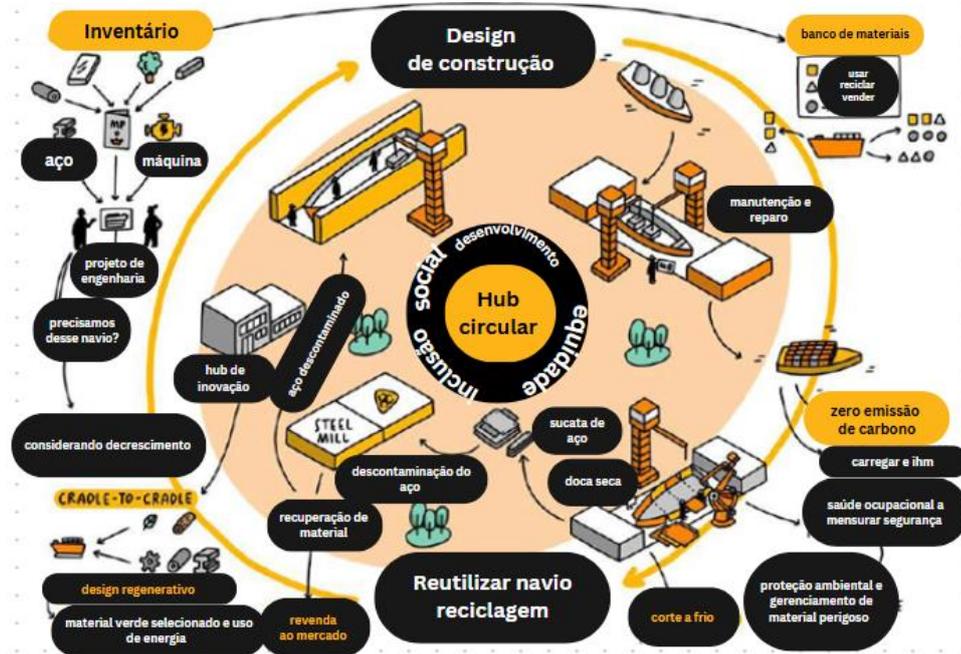
De posse de uma embarcação que sofreu algum dano que precisa ser reparada ou remodelada, tem-se então um banco de materiais desta embarcação, com materiais que serão vendidos, reciclados ou usados novamente, desta forma a embarcação que passa por esse processo de reparo/remodelamento acaba se aproveitando do banco de materiais para realizar os serviços, esse banco não somente pela embarcação que está realizando o processo no momento, mas por embarcações que já sofreram o mesmo procedimento, assim tendo uma embarcação reparada/remodelada que não gerou emissão de carbono para produção de matéria-prima no reparo/remodelamento, tendo uma embarcação disponível para realizar transporte e integrar o ambiente homem-máquina.

Na etapa de desmantelamento, o qual é o intuito deste trabalho, o ONG Shipbreaking Platform (2022), traz em seu modelo que se deve optar por usar o modelo de doca seca com método de corte frio, utilizando de tecnologias que tragam maior segurança e saúde para a vida ocupacional do trabalhador, visando proteger o meio ambiente, gerenciar os resíduos perigosos, e que esses dados possam ser mensurados.

Após o corte da embarcação, o aço é o principal elemento do navio deve ser descontaminado e encaminhado às usinas de beneficiamento, depois pode ser colocado para ser vendido no mercado tradicional ou ainda no mercado específico da construção naval, a figura 18 ilustra o modelo.

O mesmo modelo ainda traz que deve existir um hub de inovação para se realizar pesquisas, levando por exemplo, o conceito de design *cradle-to-cradle*, que tem como premissa ao se projetar um novo produto, o que será feito com seus componentes no fim de vida.

Figura 19 - Modelo de Desmantelamento e EC



Fonte: ONG SHIPBREAKING PLATFORM, (2022).

Esse modelo é importante pois leva em consideração informações latentes no que tange questões ambientais, sociais e equidade os quais não se deve negligenciar em modelos economia circular, na próxima seção vamos analisar o modelo proposto pela Escola de Negócios de Copenhagen.

## 2.6 MODELO ESCOLA DE NEGÓCIOS DE COPENHAGEN

Neste modelo, aplicada nos principais estaleiros da Dinamarca, o autor salienta que no país os estaleiros acabam trabalhando cada um com um tipo de navio, o que gera uma cooperação entre os mesmos (Sornn-Friese *et al.*, 2019).

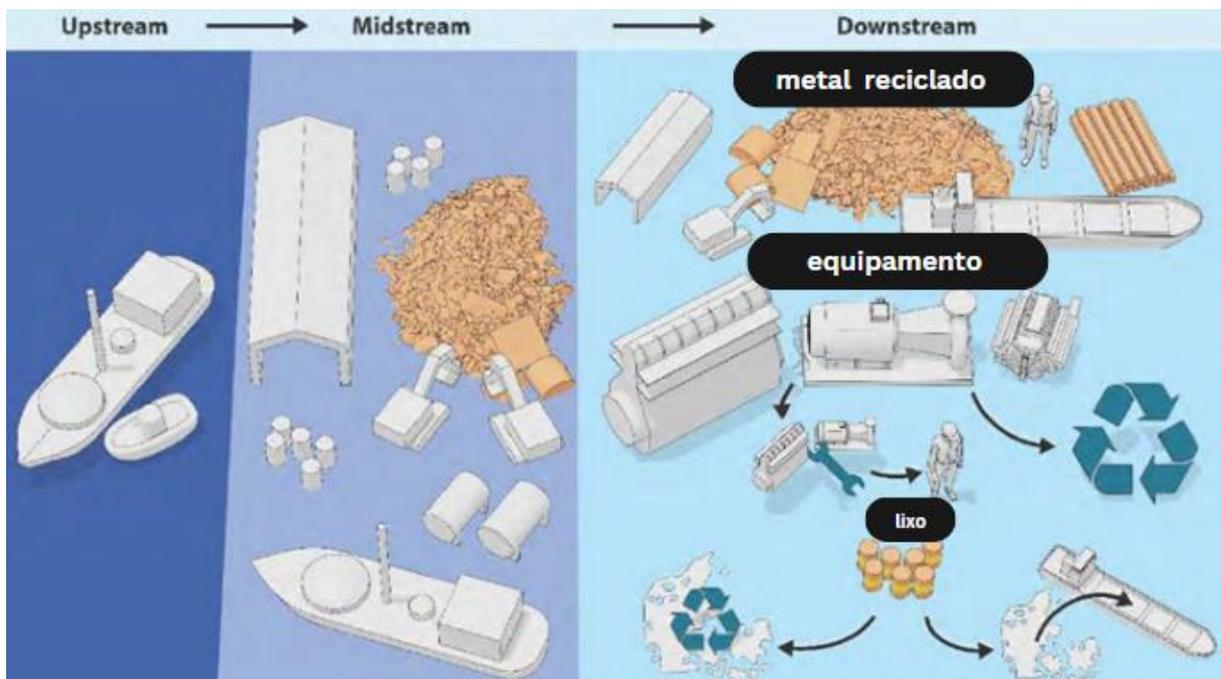
Na Figura 19, é apresentado o modelo com uma visão sistêmica o qual é atualmente aplicado na Dinamarca, esse modelo não é circular, no entanto traz características que podem ser adotadas para um modelo de circularidade.

Na primeira etapa, está ilustrada a parte do *Upstream*, que na prática trata-se da compra e venda da embarcação para reciclagem, neste modelo o armador segue o modelo linear, que é realizar o descarte, não se preocupando com as próximas etapas, aqui a embarcação é negociada para um comprador que depois revende para um estaleiro ou diretamente para um estaleiro de reciclagem.

Etapa de *Midstream* é etapa de separar o navio em partes, para assim se ter um fluxo de materiais, para que se possa analisar os componentes que são recicláveis e encaminhar para etapa seguinte, neste modelo esta etapa é realizada no pátio do estaleiro.

Por fim, *Downstream* que é fazer o processamento dos materiais e dos itens que foram recuperados do navio, e encaminhar para seus destinos, como reciclagem, mercado de venda ou aterros industriais.

Figura 20 - Modelo de reciclagem na Escola de Negócios de Copenhagen



Fonte: SORNN-FRIESE *et al.*, (2019).

O modelo da Escola de Negócios de Copenhagen traz uma visão mais geral do processo, com dados importantes que deve ser levado em consideração na construção da proposta do novo modelo, como por exemplo a integração do armador após a venda da embarcação, o qual hoje o mesmo não está sendo considerado, pois muitas das vezes, pode utilizar da matéria prima reciclada de suas embarcações para construção ou manutenção da frota.

Por fim, na próxima seção será apresentado o modelo de Scipioni; Dini; Niccolini, e suas peculiaridades.

## 2.7 MODELO DE SCIPIONI; DINI; NICCOLINI.

O modelo desenvolvido por Scipioni, Dino e Niccolin (2023) atende todo o ciclo da construção naval realizando a aplicação de economia circular. No entanto, o foco será o que tange ao fim de vida da embarcação, em especial, o desmantelamento.

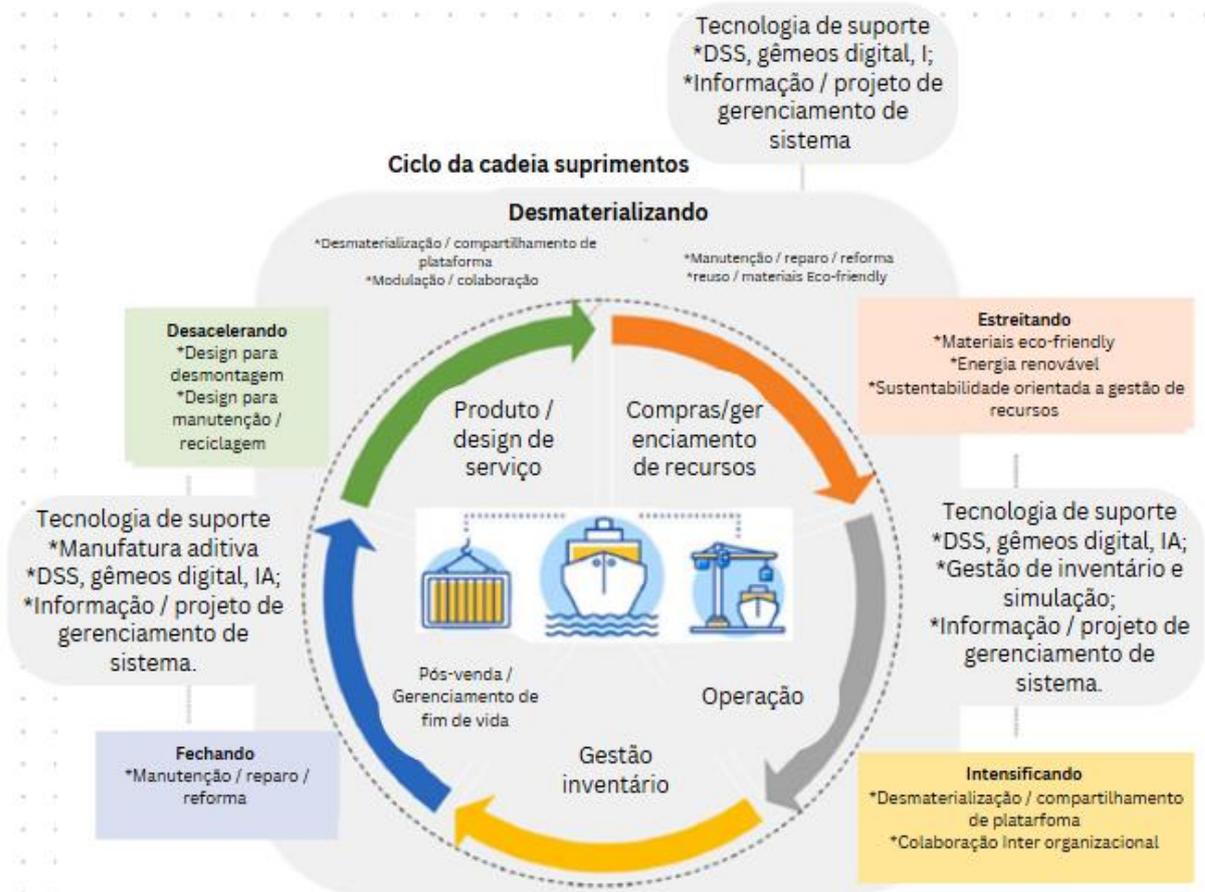
Seguindo o fluxo, analisando o primeiro quadrante no sentido horário, tem-se o *Narrowing*, estreitamento, que visa realizar gestão sustentável dos recursos, nesta etapa são aplicadas as questões de EC que visa atender as necessidades por meio de materiais que são alinhadas às demandas do meio ambiente, como os chamados materiais *eco-friendly*, que são produzidos ou oriundos de fontes de energia renováveis e também tenham a sustentabilidade como orientação no gerenciamento desses recursos. Nesta etapa, diversas tecnologias podem ser utilizadas como suporte, como o sistema de suporte à decisão, uso de gêmeos digitais, aplicação de inteligência artificial, dentre outras.

Para o *Intensifying*, intensificando, está ligado à operação, com intuito de redução dos impactos ao meio ambiente, utilizando de compartilhamento de plataformas, assim como a colaboração interorganizacional, com as tecnologias citadas no estreitamento. No gerenciamento de inventário é necessário que estejam interconectados com a construção naval, por meio de gestão colaborativa e integração da cadeia de suprimentos, o que requer abertura por parte das empresas, ou seja, é preciso fortalecer esta cultura.

Na etapa seguinte, *Closing*, fechamento, que de fato está relacionado ao pós-venda, que neste caso foca em manutenção, reparo, e reforma, já o desmantelamento da embarcação, quando chega no seu fim de vida, e precisa se dar um destino. Os autores sugerem alguns tipos de tecnologias, que são uso de manufatura aditiva, sistema de suporte à decisão, uso de inteligência artificial e simulação por gêmeos digitais, uso de ferramentas que gerenciam informação, projetos.

Por fim, *Slowing*, desacelerando, que busca aumentar a vida útil do produto, buscando projetar os navios para que sejam projetados para ter destino certo ao final de vida, repensar o que será feito com o produto ainda em concepção, após a vida útil, em se tratando de navio, como será o desmantelamento, como manter seus componentes circulando. A figura 20 ilustra o modelo descrito pelos autores Scipioni, Dini e Niccolini (2023).

Figura 21 - Modelo Scipioni, Dini e Niccolini



Fonte: SCIPIONI; DINI; NICCOLINI (2023).

Ao analisar cada modelo de suas especificidades, foi possível entender os pontos-chave importantes na construção do modelo, com foco nas questões ambientais, sociais e econômicas. No próximo capítulo, será abordado as metodologias empregadas para realizar este trabalho, para então apresentar o modelo proposto por este trabalho.

### 3.METODOLOGIA

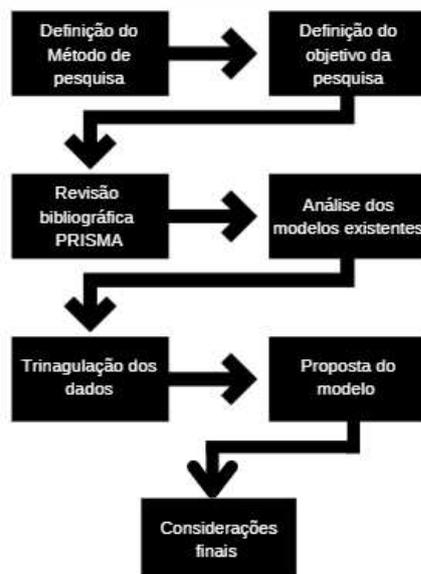
A metodologia da pesquisa apresentada neste trabalho foi uma análise sistemática de bibliografia no que tange à temática do desmantelamento de navios e economia circular, verificando trabalhos que agreguem as duas temáticas em conjunto. A técnica empregada foi a da metanálise PRISMA, que propõe uma revisão integrativa, visando identificar os trabalhos acadêmicos, e classifica-los de acordo com a relevância para o tema de estudo (Moher et al., 2010).

A etapa de revisão bibliográfica é parte importante, pelo fato de ser o início das buscas e seleção do que se tem sobre o tema em que se está estudando, nesta perspectiva é interessante que se faça com atenção, pois essa etapa auxilia na escolha do método que irá ser aplicado na pesquisa (Sousa, 2021).

A pesquisa demonstrou que a temática desmantelamento e economia circular aplicada a navios é um assunto relativamente recente no Brasil, possuindo referências nacionais em quantidade restrita, assim os artigos de base internacional são essenciais para que se possa compreender sobre o tema, organizando as informações para este trabalho e para trabalhos futuros.

Na sequência, iniciou com a definição do método de pesquisa, objetivo do estudo, revisão bibliográfica, análise de modelos existentes, proposta do modelo e por fim, discussão e considerações finais, conforme ilustrado na Figura 22.

Figura 22 - Fluxograma das etapas de metodologia



Fonte: AUTOR (2024).

As etapas são chaves para chegar no objetivo final desta pesquisa. Para isso na próxima seção deste capítulo será abordado sobre a revisão bibliométrica e como foi realizada para aplicação neste trabalho.

### 3.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E ANÁLISE POR TRIANGULAÇÃO DE DADOS

Objetivando realizar a análise das discussões acerca de desmantelamento envolvendo a aplicação de economia circular, com foco em buscar identificar como está sendo realizado este processo de forma global e até mesmo se a prática é realizada em território brasileiro, foi então realizada a busca em plataforma de dados científicos, assim como dados disponibilizados pela Ong Shipbreaking Platform e Escola de Negócios de Copenhagen.

As plataformas científicas que foram utilizadas para realizar a busca foram BDBTD, NDLTD, ProQuest, OATD, Periódicos Capes, IEEE Xplore, DOAJ, BASE, Springer, Bibliothèque Louise-Lalonde-Lamarre, Arxiv, CiteSeerx, Wiley Online Library, usando os indexadores: *economia circular* e *desmantelamento de navio*, *circular economy and ship-dismantling*, *circular economy and ship demolition* compreendido o período dos últimos 10 anos. Essas plataformas foram necessárias para realizar toda fundamentação teórica e assim como os dados da Universidade Copenhagen e da ONG Shipbreaking Platform, os quais forneceram modelos de desmantelamento com economia circular.

Com base nas pesquisas em cada banco de dados, foi realizado então a análise dos artigos, excluídos os repetidos, verificado os resumos dos que foram elegíveis para análise, assim como, as palavras chaves, após essa fase os estudos que não estavam diretamente ligados a pesquisa foram excluídos, fechando esta etapa com avaliação quantitativa e qualitativa dos que artigos que chegaram nesta etapa do processo, os quais são apresentados nos resultados deste trabalho.

Na etapa para desenvolvimento do modelo foi aplicada a técnica de análise por triangulação, que consiste em analisar por pontos distintos uma mesma abordagem (Marcondes; Brisola, 2014). Com base neste tipo de análise foi possível extrair dados dos modelos existentes para então realizar a nova proposta.

Após essas etapas, foi então realizada a análise de desmantelamento de navios, que está descrita na próxima seção.

### 3.2 ANÁLISE DE DESMANTELAMENTO DE NAVIOS

Para buscar compreender as formas realizadas para desmantelamento de navios foi realizada busca na literatura, com o intuito de identificar as práticas atuais e as que trazem maior benefícios para meio ambiente, assim como para os trabalhadores sem esquecer das questões econômicas.

Nesta temática a literatura traz uma gama de informações, os quais foram realizados a leitura dos modelos e então determinado os modelos que atendem a proposta deste trabalho. Para melhor organizar as informações encontradas foi utilizado a metodologia PRISMA, que busca realizar uma revisão integrativa, para selecionar os que são mais relevantes ao trabalho (Moher *et al.*, 2010).

Com aplicação do PRISMA, nesta etapa as seguintes utilizaram dos mesmos recursos em suas análises, na seção seguinte descreve como foi para as questões econômicas.

### 3.3 QUESTÕES ECONÔMICAS

A obtenção de dados econômicos sobre o desmantelamento de navios, especialmente em um contexto formal e regulamentado, apresentou desafios significativos, uma vez que muitas empresas do setor não divulgam informações financeiras detalhadas. Como resultado, o levantamento dessa temática foi realizado com base nas informações disponíveis na literatura especializada, que frequentemente recorre a estimativas e projeções para cobrir as lacunas de dados concretos.

Para buscar melhor organização desta etapa, foi realizada a revisão dos achados e compreender as publicações que estão de acordo com as necessidades do trabalho, para isso foi utilizado da técnica PRISMA, que consiste em realizar a análise necessária, por meio da revisão integrativa dos materiais encontrados (Moher *et al.*, 2010).

Neste trabalho, o foco foi dado às publicações que abordam a viabilidade econômica do desmantelamento legal de navios, com especial atenção às possíveis receitas geradas para os países que implementam práticas regulamentadas

Esse levantamento permitiu identificar os incentivos econômicos para os países que adotam práticas de reciclagem naval regulamentadas, como o fortalecimento da indústria local, a criação de empregos e a contribuição para a economia circular.

Com as questões econômicas estabelecida sua metodologia de análise, seguiu-se para as questões ambientais, abordadas na próxima seção.

### 3.4 QUESTÕES AMBIENTAIS

A metodologia adotada para analisar os impactos ambientais do desmantelamento de navios em locais irregulares envolveu uma busca na literatura científica, focando principalmente em estudos que abordam os efeitos negativos dessas práticas sobre o meio ambiente, assim como trazem possíveis soluções.

Desta maneira, a metodologia PRISMA foi aplicada, pelo fato de auxiliar na organização dos achados, além de auxiliar excluir os artigos que não tendem a contribuir para os resultados esperados (Moher *et al.*, 2010).

A ênfase foi em como mensurar e monitorar essas variáveis de forma precisa, com o intuito de fornecer dados que pudessem orientar políticas públicas e práticas empresariais mais responsáveis no setor de reciclagem naval.

Por fim foi apresentado a metodologia no que tange as questões sociais, mais uma vez, por meio do PRISMA, apresentada na seção a seguir.

### 3.5 QUESTÕES SOCIAIS

No que tange às questões sociais, o foco desta pesquisa foi na melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores envolvidos no processo de desmantelamento de navios. Para chegar nos autores que tenham relação direta com o tema discutido neste trabalho, optou-se por aplicar o PRISMA, que visa fazer essa revisão dos trabalhos encontrados e organizar os que tem relação com o tema, excluindo os demais que não estão relacionados com a pesquisa diretamente (Moher *et al.*, 2010).

A análise buscou explorar como a adoção de tecnologias pode contribuir para a segurança e saúde no ambiente de trabalho, minimizando os riscos associados a materiais perigosos e procedimentos inadequados. O uso de tecnologias não apenas

melhora as condições de trabalho, mas também aumenta a eficiência do processo profissional, com apresentado por Scipioni *at al.* (2023).

Aspecto relevante das questões sociais abordadas foi a integração das comunidades locais com os processos de desmantelamento. Estaleiros que operam de forma regulamentada tendem a ter um maior compromisso com a mitigação dos impactos sociais e ambientais, promovendo o diálogo com as comunidades ao redor. A integração da comunidade local com o setor de desmantelamento também contribui para uma maior aceitação social da atividade e fortalece as relações entre a indústria e as populações vizinhas.

A metodologia apresentada forneceu as bases para a análise detalhada do desmantelamento de navios sob a perspectiva da economia circular, abordando aspectos econômicos, ambientais e sociais. Os resultados obtidos a partir desse processo são apresentados no capítulo a seguir, destacando os principais achados e contribuições para a temática estudada.

## 4.RESULTADO DE PESQUISA

### 4.1 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA E TRIANGULAÇÃO DE DADOS

As buscas realizadas nas plataformas científicas foram de suma de importância, assim como os dados da ONG Shipbreaking Platform e da Escola de Negócios de Copenhague. No quadro 4 estão apresentados os dados dos artigos em ordem alfabética, com uma descrição de cada um. Foram localizadas onze publicações relevantes para esta pesquisa, sendo três de níveis nacionais, dos autores Benjamin e Figueredo (2019), Ocampo e Pereira (2019) e Sant'Ana *at al.* (2023).

Quadro 4 – Publicações encontradas na revisão bibliométrica

Autor	Título	Descrição	Ano
Benjamin, Figueredo	The ship recycling market in Brazil - The Amazon potential	Busca analisar os desafios e oportunidades da reciclagem de navios, assim como regulamentação e oportunidades para o Brasil.	2019
Devault <i>at al.</i>	Ship breaking or scuttling? A review of environmental, economic and forensic issues for decision support	Comparação entre afundamento ou desmantelamento de navios, considerando as questões ambientais.	2016
Du <i>at al.</i>	Hazardous materials analysis and disposal procedures during ship recycling	Focando em questões de procedimentos para trabalho com material perigoso de navios, assim como os riscos ambientais e a saúde dos trabalhadores.	2018
Gregson <i>at al.</i>	Following things of rubbish value: End-of-life ships, 'chock-chocky' furniture and the Bangladeshi	Os autores buscam agregar à temática de reciclagem com foco em novas peças de mobiliário, com material dos navios reciclados.	2010

	middle class consumer		
Lin <i>at al.</i>	Unexpected side effects of the EU Ship Recycling Regulation call for global cooperation on greening the shipbreaking industry	Questões emergentes no desmantelamento: sociais, ambientais e econômicas, relacionadas à legislação da União Europeia.	2022
Mannan <i>at al.</i>	Does end-of-life ships research trends change in last three decades? A review for the future roadmap	Métodos de desmantelamento, legislações aplicáveis e foco no ciclo de vida final dos navios.	2023
Ocampo, Pererira	Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil?	Analisando a viabilidade de realizar a reciclagem no Brasil com foco em questões ambientais, sociais e econômicas.	2019
Onal	Ship recycling perspective on environmental impacts - A case study for the ships in service	Análise dos métodos de corte com menor impacto ambiental	2023
Sant'Ana <i>at al.</i>	Identification of sustainable practices applied to ship recycling	Faz análise da aplicação de práticas que podem ser aplicadas na cadeia de desmantelamento no Brasil.	2023

Scipioni <i>at al.</i>	Exploring circular shipbuilding: A systematic review on circular economy business models and supporting technologies	Com foco em tecnologias aplicadas no setor naval, análise de práticas sustentáveis e aumento da eficiência dos recursos do setor, identificando desafios e oportunidades.	2023
Tola <i>at al.</i>	Perspectives for the Development of a Circular Economy Model to Promote Ship Recycling Practices in the European Context: A Systemic Literature Review	Apresenta dados sobre a economia circular aplicada à reciclagem de navios, abordando os desafios, regulamentações da União Europeia e questões ambientais, econômicas, sociais e tecnológicas relacionadas ao setor.	2023

Fonte: O AUTOR (2024).

Cada um dos artigos do Quadro 4 foram utilizados na elaboração deste trabalho, com o intuito de buscar encontrar unir as ideias dos autores para que se possa chegar no entendimento de desmantelamento de navio, assim como as questões de economia circular e como a junção destes temas trazem benefícios sociais, econômicos e ambientais.

A Figura 23 ilustra os modelos analisados por meio da triangulação de dados, mostrando as diferentes abordagens utilizadas, para análise biográfica foi realizado por meio de busca em sites de artigos científicos, para os modelos existentes, os seguintes foram utilizados: Scipioni, Dini, Niccolini, a Escola de Negócios de Copenhagen e a ONG Shipbreaking Platform, ao tratar da questão documental, o principal documento foi o Regulamento Europeu 1257/13. A comparação entre esses dados permitiu identificar suas similaridades e particularidades, proporcionando uma base sólida para a construção do modelo proposto neste estudo.

Figura 23 - Análise do método da triangulação



Fonte: AUTOR (2024).

Essa análise foi essencial para entender as diversas perspectivas sobre o desmantelamento de navios e a integração da economia circular, ajudando a refinar a proposta final. Assim, seguiu-se para analisar o que se encontrou no que tange o desmantelamento de navios.

#### 4.2 ANÁLISE DE DESMANTELAMENTO DE NAVIOS

A análise dos métodos de desmantelamento de navios revelou que o processo mais seguro e ambientalmente eficiente é o método de doca seca (Carreteiro, 2020). Embora seja mais caro do que outras alternativas, a doca seca se destaca por garantir um maior controle sobre os impactos ambientais, como a contenção de resíduos e a minimização da poluição. Esse método é especialmente recomendado quando se busca a maior segurança no processo de desmantelamento, tanto para o meio ambiente quanto para os trabalhadores envolvidos (Mannan *at al.* 2023)

Outro fator crucial para garantir um desmantelamento sustentável é a escolha da técnica de corte. O corte com jato de água é uma opção recomendada, pois apresenta menor impacto ambiental em comparação com métodos tradicionais. Esse tipo de corte reduz significativamente a emissão de poluentes e melhora a eficiência do processo, proporcionando uma solução mais limpa e com menor risco de contaminação ambiental (Onal, 2023).

A análise destacou que o método de doca seca, combinado com técnicas de corte mais sustentáveis, como o jato de água, representa uma abordagem eficiente e ambientalmente responsável para o desmantelamento de navios. Esses avanços não apenas reduzem os impactos ambientais, mas também promovem melhores condições de trabalho. Na próxima seção, serão apresentados os resultados das análises econômicas, com foco na viabilidade e nos benefícios financeiros associados a práticas regulamentadas e integradas à economia circular.

#### 4.3 ANÁLISE ECONÔMICA

Este dado revela que, apesar do potencial do setor, ainda há uma necessidade significativa de mais pesquisas, pois as informações disponíveis sobre o tema são limitadas. No entanto, conforme Ocampo e Pereira (2019), os investimentos na indústria de desmantelamento de navios podem gerar um retorno financeiro significativo, com ganhos de até cinco vezes o valor investido, especialmente quando se considera a necessidade de adequação às normas internacionais. Como os estaleiros dos países seguem as legislações brasileiras, que muitas das vezes são reflexo de legislação internacional, assim os ganhos podem ser ainda maiores.

Segundo Ocampo e Pereira (2019), estima-se que cerca de 120 navios precisarão ser reciclados nos próximos anos, o que evidencia o grande potencial de receita que pode ser gerado para a economia do país. Esse cenário sugere uma oportunidade valiosa de expansão da indústria, com um impacto positivo não apenas na economia, mas também na geração de novos negócios e investimentos em infraestrutura.

O aumento na demanda por reciclagem de navios pode contribuir para a criação de novos postos de trabalho, proporcionando uma fonte adicional de renda e impulsionando o desenvolvimento regional, especialmente em áreas que possuem estaleiros IBP (2024).

No Figura 23 são ilustradas as localizações dos estaleiros brasileiros, as cores em laranja indicam que os mesmos seguem funcionando, em vermelho está desativado, em verde realizando projeto para a empresa brasileiro Petrobras, já na cor cinza, são os que não possuem qualquer tipo de contrato ativo.

Figura 24 - Mapa de situação e localização estaleiros brasileiros



Fonte: IBP (2024).

Os dados apresentados pelo INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS (2024) mostram também que 30 estaleiros seguem operando, desses 05 são exclusivos para projetos da Petrobras, os demais ou seguem desativados ou sem qualquer demanda. Como o Brasil possui 15 estaleiros que estão sem demandada ou desativados, conforme dados IBP (2024), os quais poderiam receber a demanda de desmantelamento de embarcações nacionais.

A análise econômica reforça o potencial significativo do desmantelamento de navios como um setor estratégico para o desenvolvimento econômico e a geração de novos negócios no Brasil. Com projeções de alto retorno financeiro e oportunidades de revitalização de estaleiros subutilizados, a integração da economia circular ao desmantelamento apresenta-se como uma solução promissora. Na próxima seção, será abordada a análise dos impactos ambientais e as soluções propostas para mitigar os efeitos negativos associados ao processo.

#### 4.4 QUESTÕES AMBIENTAIS

A utilização de indicadores ambientais se torna fundamental para monitorar e avaliar os efeitos da atividade no meio ambiente, possibilitando uma gestão mais eficaz (Tola *et al.*, 2023). Esses indicadores ajudam a identificar áreas críticas e a implementar ações corretivas sempre que necessário, promovendo a redução de impactos.

Outro fator importante são os impactos ambientais relacionados à vizinhança, como à poluição sonora gerada pelas atividades nos estaleiros. É essencial realizar uma avaliação do impacto ambiental na comunidade local, principalmente em áreas próximas aos estaleiros, que podem ser afetadas pela poluição do ar, pela presença de resíduos ou pelo aumento de tráfego. A implementação de estratégias para controlar o ruído, como o uso de equipamentos silenciosos e a adoção de técnicas de contenção, pode mitigar esses efeitos adversos.

Analisar os indicadores são peça importante para ter um panorama dos impactos que estão ou não ocorrendo, para isso usar dados para transformar em informação é necessário, como é reaproveitamento de água (Instituto Aço Brasil, 2024).

Portanto, a integração desses indicadores ambientais, como monitoramento de emissão de ruído, emissão de gases poluentes, no processo de desmantelamento é essencial não só para garantir o cumprimento das regulamentações, mas também para criar um ambiente de trabalho mais seguro e sustentável. O monitoramento contínuo desses fatores permite um aprimoramento constante das práticas, promovendo a eficiência e a redução dos impactos ambientais de forma contínua.

Nesta etapa os ODS's de número 1, 3, 6, 8, 10, 11, são aplicáveis diretamente as questões sociais, como descrito a seguir:

- Número 1 busca erradicar a pobreza, ou seja, quando se tem um modelo de desmantelamento com utilize da EC, mais emprego é gerado, por consequência, mais trabalhadores ocupados, com mais capital girando e menos pobreza, quando analisado em relação ao modelo adotado no sudeste asiático;
- Número 3, trata de saúde e bem estar, realizar o trabalho conforme os procedimentos legais, traz melhor qualidade de vida aos trabalhadores, auxiliando a atingir o objetivo de 3;

- Número 6, citado na seção anterior;
- Número 8, trabalho descente e crescimento econômico, estritamente ligado as questões sociais, os trabalhadores acessam trabalhos descente, não sendo submetidos a trabalhos análogos a escravidão;
- Número 10, redução da desigualdade, quando se busca levar em consideração questões sociais, juntamente com esse fator vem a redução da desigualdade, que neste caso é social;
- Número 11, citado na seção anterior.

Em mais uma temática importante os ODS's podem colaborar para atingir níveis importantes sociais de uma sociedade.

A análise ambiental destacou a importância de implementar indicadores para monitorar os impactos do desmantelamento de navios e adotar práticas que promovam a sustentabilidade, como o controle da poluição sonora e o reaproveitamento de recursos. Essas ações contribuem para mitigar os efeitos adversos no meio ambiente e na comunidade local, garantindo maior eficiência no processo. Na próxima seção, serão exploradas as questões sociais, com foco na qualidade de vida dos trabalhadores e na integração das comunidades ao setor.

#### 4.5 QUESTÕES SOCIAIS

Nesta temática, a principal preocupação é a segurança e o bem-estar dos trabalhadores envolvidos no processo de desmantelamento de navios, bem como o impacto sobre a sociedade vizinha. O objetivo é criar uma integração mais harmoniosa entre os estaleiros e as comunidades locais, respeitando as legislações ambientais e de segurança no trabalho. Isso envolve a implementação de medidas que reduzam os riscos, garantindo que os acidentes, incapacidades e mortes, que infelizmente ainda são uma realidade nos estaleiros, sejam minimizados a ponto de se tornarem apenas parte do histórico da indústria e não uma ocorrência constante.

A redução de impactos negativos não deve se limitar ao ambiente de trabalho, mas também deve levar em consideração os efeitos sobre as comunidades vizinhas aos estaleiros. A poluição, o ruído e outros distúrbios causados pela atividade de desmantelamento podem afetar diretamente a qualidade de vida dos moradores locais. Nesse sentido, é importante que o setor adote tecnologias e práticas que

ajudem a mitigar esses efeitos, criando um ambiente mais seguro tanto para os trabalhadores quanto para as comunidades ao redor.

Além disso, o aumento no número de empregos gerados pelo setor de desmantelamento, aliado à crescente demanda por capacitação profissional, é um ponto positivo tanto para os trabalhadores quanto para a sociedade em geral. O uso de tecnologias mais modernas e eficientes não apenas melhora a segurança e a sustentabilidade, mas também oferece oportunidades de qualificação profissional. Isso permite que os trabalhadores aprimorem suas habilidades e aumentem a empregabilidade, alcançando melhores salários e condições de trabalho, o que contribui para o desenvolvimento econômico local.

Portanto, ao investir em inovação tecnológica, treinamento contínuo e práticas sustentáveis, os estaleiros podem desempenhar um papel crucial na transformação da indústria naval, gerando impactos positivos para os trabalhadores, para as comunidades vizinhas e para a economia como um todo. Essa integração de aspectos sociais, ambientais e econômicos pode promover uma mudança significativa no setor de desmantelamento de navios, tornando-o mais seguro, sustentável e rentável para todos os envolvidos

A análise dos aspectos abordados demonstra como a integração da economia circular ao desmantelamento de navios pode transformar esse processo em uma oportunidade sustentável e competitiva. Desde a caracterização inicial da embarcação até o monitoramento de impactos e o alinhamento com regulamentações, cada etapa foi detalhada com o objetivo de criar um modelo eficiente, seguro e alinhado às melhores práticas ambientais, sociais e econômicas.

A seguir, no capítulo dedicado ao modelo proposto, será apresentada uma estrutura integrada que consolida esses conceitos, com destaque para a implementação dos 3 R's — reduzir, reutilizar e reciclar — e para o papel central da segurança e eficiência. Esse modelo busca não apenas atender às regulamentações nacionais e internacionais, mas também promover a circularidade dos materiais e maximizar os benefícios para todos os envolvidos no processo.

## 5. MODELO PROPOSTO

O modelo de desmantelamento de navio integrando economia circular atende às premissas no que tange, benefícios sociais, ambientais e econômicos, ilustrado a figura 25, buscando ter uma visão holística do desmantelamento com a integração da EC. Cada estaleiro deve se atentar às demandas de mercado, à sua capacidade produtiva para que assim consiga se tornar competitivo e tenha melhor aproveitamento, bem como realizar as adaptações necessárias para atingir o objetivo de desmantelamento de navio com integração de economia circular.

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO INICIAL DO NAVIO

Nesta etapa é o momento de identificar o navio que será desmantelado, o armador ao optar por desmantelar o navio leva em consideração diversas variáveis, como preço de frete, custo de operação, regulamentação, eficiência da embarcação (Sornn-Friese *et al.* 2019), por exemplo, se o mercado tem muitas embarcações disponíveis, o preço do frete tende a cair, fazendo assim com que os navios mais antigos tendem a ser desmantelados (Stopford, 2017).

Levando em consideração as fases adotadas pelo Carreteiro (2020) esse é considerado a primeira fase, que visa levantar as informações e emitir documentação inicial necessária para realizar os procedimentos da próxima etapa.

Após identificar o navio, é momento de realizar então o inventário de bordo, documento que traz a descrição de todo material que se tem no navio, caso a embarcação não possua. Para tal atividade, uso de tecnologia é interessante pois facilita o trabalho e gera maior produtividade. Pode-se ser utilizado questões como scanner 3D, uso de sistema de informação para maior agilidade no processamento de informações e levantamento de componentes a bordo (Scipioni *at al* 2023).

Nesta etapa de troca de informação, o armador deve repassar todas as informações do navio para o estaleiro que irá fazer o desmantelamento para que possa realizar o planejamento do processo de desmantelamento, o armador é responsável por notificar as autoridades competes sobre o procedimento e para onde está sendo enviado a embarcação, conforme o Regulamento da União Europeia 1257/13. Para a PL 1584/21 os navios brasileiros devem ser garantidos pelo armador que sejam desmantelados em estaleiros nacionais, já para Regulamento Europeu

1257/13 os navios de seus estados membros devem ser desmantelados em estaleiros certificados e listado em uma lista oficial do bloco europeu.

Conforme a Regulamento Europeu 1257/13 e PL 1584/21 o armador precisa de certificado que garanta que o navio está apto ser reciclado, podendo ser emitido por autoridade marítima ou por empresa autorizada.

Com essas informações é o momento de planejar o desmatamento da embarcação, que fica a cargo do estaleiro escolhido pelo armador, que será melhor detalhado na próxima seção.

## 5.2 PLANEJAMENTO DO PROCESSO DE DESMANTELAMENTO

O planejamento é realizado pelo estaleiro que irá desmantelar o navio, pois ainda é tido como pré-desmantelamento Guia do Empreendedor para a Reciclagem de Embarcações (2021). Cada navio deve ter um plano de desmantelamento único, ou seja, o navio X não pode pegar o plano do navio Y para realizar o procedimento.

O plano de reciclagem deve atender a Convenção de Hong Kong, trazendo as informações de inventario de materiais perigosos, como será gerenciado o material perigoso no estaleiro e para onde será encaminhado posteriormente, assim como os demais materiais. No plano deve ter informações de como será feita a manutenção e a monitorização de condições de segurança para entrada no estaleiro, como será o trabalho a quente na embarcação, em caso de emergência com produtos perigosos os procedimentos a serem adotados, todos aprovados por órgão competente, conforme previsto no PL1584/21 e Regulamento Europeu 1257/13.

Nesta etapa é momento determinar os equipamentos que serão utilizados, a quantidade de trabalhadores, pois são dados que serão levantados com base na classificação da embarcação, bem como suas medidas, comprimento, boca, pontal, peso leve, etc. (Gunbeyaz *et al.*, 2023).

O armador deve escolher o estaleiro que tenha opção de doca seca, pois é o que traz menor prejuízo ao meio ambiente em caso de algum problema que possa ocorrer, um derrame de óleo, assim como optar por cortes a frio, por exemplo o jato de água, que traz menor risco a saúde do trabalhador e danos ao meio ambiente (ONG Shipingbreaking Platform, 2022).

Não se pode deixar de levar em consideração as questões de segurança do trabalho, bem como o ambiente de trabalho, que será abordado a seguir.

### 5.3 GESTÃO DO RESÍDUOS PERIGOSOS

Conforme legislações nacionais e internacionais a gestão de resíduos perigosos se faz necessário. O Regulamento Europeu 1257/13 e o projeto de lei 1584/21 são taxativos ao informar que cada navio deve ter seu inventário de matérias perigosas, o qual deve constar, localização do material a bordo, quantidade, bem como que componentes tem material perigoso e tipo de material perigoso. Destacando que o navio cumpre com proibição ou no caso restrição de instalação e utilização deste tipo de material.

O estaleiro deve dispor de local adequado para armazenar este tipo de material, até que seja encaminhado ao destino correto, como aterro industrial (Du *at al*, 2018).

Conforme traz a regulamentação internacional, Regulamento Europeu 1257/13, PL 1584/21 para que possa ser certificado como estaleiro de reciclagem, um dos requisitos é ter certificação por autoridade competente que dispõe de local adequado para realizar procedimento com tais materiais.

### 5.4 SEGURANÇA E CONDIÇÕES DE TRABALHO

A Norma Regulamentadora (NR) número 34 traz as condições que devem ser atendidas em trabalhos no desmonte naval, são princípios básicos para realizar o trabalho de forma segura para os trabalhadores. Traz questões de planejamento e organização do trabalho, bem como questões dos equipamentos de proteção individual e coletiva, treinamentos para trabalho em altura, espaço confinado, garantindo assim um ambiente seguro para se trabalhar.

Deve ser observado outras normas NR's, como NR 33 para trabalho em espaço confinado, assim como NR 35 para trabalho em altura, importante ressaltar a importância de ter profissionais habilitados para determinar os riscos que o trabalho representa para assim estabelecer os procedimentos a serem seguidos.

O uso de tecnologia, como inteligência artificial, simulação por gêmeos digitais deve ser levado em consideração, para além de ganhar produtividade, poder analisar os riscos e conseguir assim eliminar antes mesmo do trabalhador estar exposto Scipioni *at al* (2023).

### 5.5 3 R'S DA ECONOMIA CIRCULAR NO DESMANTELAMENTO

A EC com o desmantelamento são além os 3 R's, no entanto como ainda não se tem uma integração de ambos, começar pelos 3 R's é um ponto de partida, buscando reduzir – reutilizar – reciclar (Kirchherr *et al.*, 2017).

Os componentes que não são necessários tanto para o funcionamento, operação do navio não deve estar a bordo, bem como no estaleiro de reciclagem, assim consegue-se realizar a redução de material, além é claro de buscar estudar novos materiais, formas de alternativas de equipamentos, consumíveis, técnicas dentre outros. Para isso, é necessário que o estaleiro de reciclagem, bem como o armador tenha um departamento focado em inovação, de acordo com ONG Shipbreaking Platform (2022).

O planejamento de materiais vai ser capaz de fornecer as informações de destino do navio, descrevendo para onde cada componente será encaminhado, assim o armador pode reutilizar equipamentos, aço em novas construções se for o caso, ou acompanhar o destino, sendo que essa descrição é obrigatória, conforme descrito no planejamento do processo de desmantelamento.

Reutilizar os materiais está entre os maiores níveis de circularidade (Fundação Ellen Macarthur, 2015). É necessário que os materiais sejam separados por classe, como metal, madeira e polímero (Ocampo; Pereira, 2019).

Outro ponto a reciclagem, que muitas das vezes é o que acaba acontecendo com o navio que pode ser 98% reciclado, de acordo com Lloyd's Register (2011). No entanto, conforme Fundação Ellen Macarthur (2015), a reciclagem é um ponto que precisa ser mais desenvolvido, pois apresenta menor nível de circularidade do material.

Nesta etapa é o ponto onde de fato ocorre a efetivação com a cadeia de suprimentos dos mais diversos segmentos, um ponto que não teria sido deixado claro no modelo da Escola de Negócios de Copenhagen (Sornn-Friese *et al.*, 2019). A reciclagem é o momento em que ocorre o fechamento do ciclo, quando o material é

vendido para que seja ou reincorporado em novo produto, remanufaturado ou ainda reutilizado Stopford (2017).

## 5.6 MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS

No Brasil o instrumento jurídico de maior relevância do país, a Constituição Federal de 1988 (CF/88) em seu Art. 225 que todos tem o direito de um meio ambiente equilibrado, cabendo ao poder público e coletividade defender e preservar, desta maneira, para monitorar e buscar gerar o menor impacto possível, utilizar indicadores para monitorar esses impactos é necessário.

Monitorar as fontes estacionárias, como processo industrial, por meio de emissão material particulado, gases como o CO<sub>2</sub> são índices importantes para entender se atividade está tendo ou não impacto e se as medidas adotadas estão sendo suficientes, bem como a poluição sonora Motta (1996).

Conforme destaca o Ministério do Meio Ambiente, os indicadores ambientais são a tradução de dados em informações para tomadas de decisão e para que se possa entender a realidade e tomar decisões, assim como destinar os recursos de forma mais assertiva.

Outro fator levantado pela ONG Shipingbreaking Platform (2023) são os acidentes, mortes que ocorrer em locais de desmantelamento precário, monitorar esses indicadores é interessante para que se possa analisar se as medidas tomadas são suficientes ou se precisam melhorar as questões de segurança e saúde do trabalhador.

## 5.7 ALINHAMENTO COM OS REGRAMENTOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

O modelo proposto visa atender tanto o ordenamento jurídico nacional quanto internacional, pois desta maneira o país tende a ser competitivo, se tornando referência no seguimento. Foram levadas em consideração as seguintes legislações:

- Regulamento Europeu 1257/13
- Norma Regulamentadora 34
- Projeto de Lei 1584/21
- Convenção de Hong Kong

- Constituição Federal de 1988

Para que se possa estar certificado o estaleiro de reciclagem será vistoriado por autoridade competente ou por ela designada, conforme destaca o Regulamento Europeu 1257/13, PL 1584/21 e assim entrará na lista de locais aptos a realizar o procedimento de desmantelamento.

A PL 1584/21 traz a necessidade do estaleiro possuir um seguro para os riscos envolvidos em todo o processo de desmantelamento. Tanto o estaleiro quanto os navios devem passar por vistoria e inspeção, que deve ser inicial, de renovação, adicional (se necessário) e final. Na inspeção final será emitido novo certificado informando que a embarcação foi desmantelada conforme legislação, o qual é emitido por autoridade competente ou empresa autorizada pelo órgão (Regulamento Europeu 1257/13, PL 1584/21).

## 5.8 ESTRUTURA DO MODELO

Para melhor entendimento, o modelo está dividido em três partes, é possível em setor diferente aparecer o mesmo *player*, isso pode ocorrer quando por exemplo, o armador negocia com um estaleiro o desmantelamento, no entanto acaba ficando com a compra das chapas de aço e vendendo os demais componentes, assim estaria tanto no *upstream* quanto *downstream*.

Ao relacionar as questões sociais, o modelo leva em consideração, o bem estar dos trabalhadores, o que deve estar devidamente de acordo com a legislações vigentes do país, buscando fazer a integração do trabalhador com aplicação das tecnologias que possam agregar tanto a produtividade quanto a segurança dos trabalhadores.

Na temática ambiental o desmantelamento integrado com a economia circular busca alcançar por meio de indicadores ambientais, o qual deve ser analisado conforme a especificidade de cada local, com métricas como emissão de CO<sub>2</sub>, controle de derrame de óleo caso venha ocorrer, análise de poluição sonora, caso o estaleiro esteja localizado em região que tenha comunidade local é importante realizar trabalhos que venham a mitigar os impactos na população.

Ao tratar as questões econômicas, não o somente o proprietário do estaleiro acaba sendo beneficiado, com aumento de receita, assim como a classe trabalhadora,

que acaba tendo novas oportunidades de trabalho. Com aumento de demanda o país é beneficiado com aumento de arrecadação.

Neste modelo a ligação com a cadeia de suprimento deve ser premissa para que tenha maior eficácia, assim chegando atender os diversos setores que possam ser beneficiados, como indústria naval, construção civil, mercado de móveis e os mais diversos setores que possam se beneficiar, fazendo com que de fato ocorra a circularidade dos materiais.

No *upstream* é o primeiro passo é ter o navio que passe pelo processo desmantelamento, que assim possa se fechar um contrato, a sugestão mais adequada é que o armador venda diretamente para um estaleiro, ou que opte por fazer o desmantelamento em um estaleiro certificado e reutilize os materiais em novas embarcações, negocie com os outros mercados, não tendo assim atravessadores, por consequência maior lucratividade e acompanhamento da circularidade do material.

Assim, pode-se gerar benefícios econômicos que são: redução de custos no processo logístico e administrativo ao eliminar intermediários. O armador pode negociar diretamente com estaleiros certificados, assegurando um melhor retorno financeiro. Com relação às questões sociais, garantia de conformidade com regulamentações, promovendo a segurança jurídica para trabalhadores e estaleiros. Os benefícios ambientais estão na escolha de estaleiros com infraestrutura sustentável, como docas secas, para minimizar impactos ambientais.

No *midlestram*, é nesta etapa que ocorre de fato o desmantelamento, se faz necessário que se tenha o passaporte de materiais, para que se saiba todos os tipos de materiais que estão a bordo, e assim se deve os devidos destinos, como por exemplo os materiais perigosos. Optar por usar doca seca, corte por jato de água sempre que possível, movimentadores de cargas com capacidade adequada, uso de tecnologias como simulação por gêmeos digitais para buscar compreender e melhor adequar os trabalhos, seja por questões ergonômicas, ou ainda por uso de equipamentos. Realizar a separação dos blocos, materiais, conforme classificação que pode ser: chapas de aço, máquinas, móveis, equipamentos de tecnologias, materiais perigosos. Essa classificação facilita o armazenamento e despacho dos produtos.

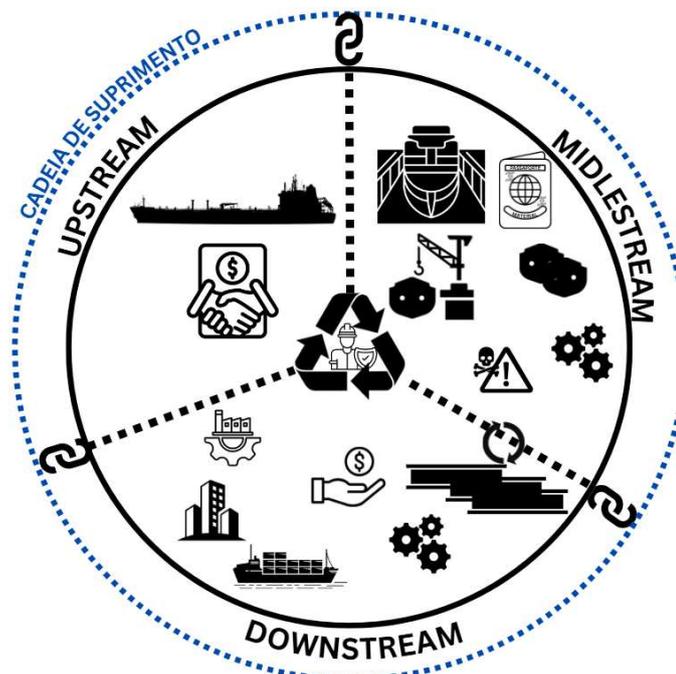
Os benefícios que podem ser observados na questão econômica está ligado maximização do valor dos materiais recuperados, como chapas de aço, máquinas e equipamentos, que podem ser vendidos ou reutilizados em embarcações novas ou

em operação que necessite de reparo, reduzindo custos com matéria-prima. Para as questões sociais, garantia de segurança no trabalho por meio da aplicação de normas regulamentadoras (NR's 33, 34 e 35), treinamento de equipes e uso de tecnologias, como simulações digitais, para melhorar condições de trabalho. Na vertente dos benefícios ambientais, relacionado a gestão adequada de resíduos perigosos com uso de tecnologia, como corte a frio e sistemas de monitoramento digital, que reduzem emissões de poluentes e riscos de contaminação.

Por fim, o *downstream* que se caracteriza pela negociação dos materiais, seja a venda para construção civil, siderúrgicas, venda de máquinas, aço para outros armadores, ou caso opte por ficar com os produtos que sejam de seu interesse, assim o armador acaba reduzindo seus custos com compra de matéria prima.

Neste ciclo, os benefícios econômicos estão relacionados com a venda de materiais recicláveis para setores como construção civil, siderurgia e fabricação de móveis, além da reutilização de componentes. Isso gera novas fontes de receita para os armadores e movimenta a economia local. Os benefícios sociais, são ligados a criação de empregos diretos e indiretos em diferentes setores da economia, além de maior acesso a materiais reciclados a preços competitivos. Na temática ambiental, ocorre a redução da exploração de recursos naturais pela reutilização de matérias-primas, fechando o ciclo produtivo de acordo com os princípios da economia circular.

Figura 25 - Modelo de desmantelamento integrando EC.



Fonte: o AUTOR, (2024).

No centro do modelo, Figura 26, o foco principal é a reciclagem, porém, é essencial destacar que, na economia circular, a aplicação dos 3 R's — reduzir, reutilizar e reciclar — é a premissa básica. Este modelo garante a implementação desses princípios, promovendo uma gestão eficiente dos recursos e dos materiais, por meio de aplicação das questões previstas na legislação. Outro aspecto fundamental é a segurança do trabalhador, visto que as pessoas são um elo imprescindível neste processo. Portanto, garantir a segurança em todas as etapas do desmantelamento é crucial, não apenas para proteger a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, mas também para assegurar a eficácia e a sustentabilidade do processo como um todo.

## 6. CONCLUSÃO

O modelo de desmantelamento de navios integrado à economia circular proposto neste estudo visa otimizar os processos de desmantelamento, considerando os benefícios sociais, ambientais e econômicos. Contribuindo de forma clara para que possa adotar uma técnica mais adequada de docagem do navio, buscando escolher o melhor método de corte.

Gerando menor impacto ao trabalhador e meio ambiente, bem como destacar que realizar investimento neste seguimento traz ganhos significativos financeiros, além da importância de se adotar indicadores que se possa avaliar os impactos, tais como, emissão de CO<sub>2</sub>, níveis de ruído, quantidade de material reciclado.

O modelo proposto visa analisar os agentes envolvidos na área de desmantelamento de navios no Brasil, bem como melhorar sua atuação, em nível global de reciclagem de navios, buscando contribuir para o entendimento da temática pelos estaleiros nacionais, pois o modelo se mostra versátil, sendo adaptável a realidade de cada estaleiro, tendo aplicação também em contexto internacional.

O modelo tem como premissa a integração com os mais diversos segmentos que necessitam dos materiais oriundos dos navios, principalmente o aço, que pode ser reciclado, reduzindo a extração minério de ferro, gerando menor impacto ao meio ambiente, promovendo práticas sustentáveis no setor naval.

O modelo contribui para que os estaleiros brasileiros que estão com sua capacidade subutilizadas busquem novos contratos no segmento de desmantelamento de navios, tornando-se referências em desmantelamento sustentáveis. Além de seguir as legislações nacionais, o modelo atende normas internacionais, como a Convenção de Hong Kong, trazendo o país para se posicionar no segmento de forma relevante.

O modelo no que tange as questões econômicas contribui para um reaproveitamento de materiais de quase 98% Lloyd's Register (2011). Bem como um retorno no investimento de cinco vezes o valor inicial Ocampo e Pereira (2019).

O modelo ao analisar as questões sociais contribui para geração de novos empregos qualificados, também na redução de acidentes por conta do treinamento dos trabalhadores.

O modelo ao analisar as questões ambientais, tem como conclusão que traz

ganhos para atingir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, assim como contribuir com a destinação segura dos materiais perigosos.

Os resultados são baseados em dados secundários, literatura, bem como ausência de simulação econômica, social e ambiental, são lacunas que podem ser preenchidas com aplicação práticas em trabalhos futuros.

Para trabalhos futuros recomenda-se realizar busca de fontes primárias diretamente com estaleiros, assim como realizar simulações, investigar os impactos em regiões costeiras que por ventura possam ser afetadas pela atividade. Bem como o uso de ferramentas para realizar simulação para implementação do modelo, como uso de indicadores automatizados nas questões economias, sociais e ambientais.

O trabalho se mostrou relevante para contribuir para a construção de um modelo preliminar de desmantelamento com a integração da EC, contribuindo de forma a tornar o setor naval mais sustentável, competitivo e socialmente responsável.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. **Convenções Internacionais**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/antq/pt-br/assuntos/atuacao-internacional/convencoes-internacionais>. Acesso em: 14 nov. 2023.

ANGELIS, R. Circular economy: laying the foundations for conceptual and theoretical development in management studies. **Emerald Publishing Limited**. Cardiff, p. 1209-1227, 2021.

BENJAMIN, C.; FIGUEIREDO, N. The ship recycling market in Brazil - The Amazon potential. **Journal of Environmental Management**. Belém, v. 253, p. 1-8. out. 2019.

CARRETEIRO, R. **Reciclagem de Navios. 4º Workshop sobre descomissionamento de plataformas e desmantelamento de navios**. SOBENA, 2020.

**Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 10 set. 2024.

CLUSTER TECNOLÓGICO NAVAL. **Por que é urgente a assinatura da Convenção de Hong Kong e a aprovação do PL 1584?** Disponível em: <https://www.clusternaval.org.br/por-que-e-urgente-a-assinatura-da-convencao-de-hong-kong-e-a-aprovacao-do-pl-1584/#:~:text=Com%20isso%2C%20a%20conven%C3%A7%C3%A3o%20entrar%20de%20seguran%C3%A7a%20e%20prote%C3%A7%C3%A3o%20ambiental..> Acesso em: 03 out. 2024.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed Editora Sa, 2010.

DEVAULT, D. A. *et al.* Ship breaking or scuttling? A review of environmental, economic and forensic issues for decision support. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY AND ENGINEERING-2014, 4., 2016, Cidade do México. **Anais....** Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016. p. 25741-25774. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-6925-5>. Acesso em: 08 set. 2024.

DU, Z. *et al.* Hazardous materials analysis and disposal procedures during ship recycling. **Resources, Conservation & Recycling**. China, p. 158-171. jan. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918300065>. Acesso em: 05 set. 2024.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Indicadores de Sustentabilidade**. Disponível em: <https://www.acobrasil.org.br/site/indicadores-de-sustentabilidade/>. Acesso em: 05 dez. 2024.

FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR. **TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY: BUSINESS RATIONALE FOR AN ACCELERATED TRANSITION**. Online: Ellen Macarthur Foundation, 2015. Disponível em: [https://emf.thirdlight.com/file/24/\\_A-BkCs\\_h7gfln\\_Am1g\\_JKe2t9/Towards%20a%20circular%20economy%3A%20Business%20rationale%20for%20an%20accelerated%20transition.pdf](https://emf.thirdlight.com/file/24/_A-BkCs_h7gfln_Am1g_JKe2t9/Towards%20a%20circular%20economy%3A%20Business%20rationale%20for%20an%20accelerated%20transition.pdf). Acesso em: 20 set. 2024.

GUNBEYAZ, Sefer Anil *et al.* Workers' exposure to dust and potentially toxic elements during steel cutting in two ship dismantling cases. **Ocean Engineering**. Uk, p. 1-8. jan. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113628>. Acesso em: 11 set. 2024.

GREGSON, N. *et al.* Following things of rubbish value: End-of-life ships, 'chock-chocky' furniture and the Bangladeshi middle-class consumer. **Geoforum**. Reino Unido, p. 846-854. ago. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016718510000606>. Acesso em: 10 set. 2024.

HONG KONG. **Hong Kong international convention for the safe and environmentally sound recycling of ships**, 2009. Hong Kong: International Maritime Organization, 19 may 2009.

IBP - INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. **Mapa de Estaleiros do Brasil**. 2024. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/mapa-de-estaleiros-do-brasil/>. Acesso em: 18 maio 2024.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation & Recycling**. Países Baixos, p. 221-232. set. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>. Acesso em: 13 set. 2024.

LIN, L. *et al.* Unexpected side effects of the EU Ship Recycling Regulation call for global cooperation on greening the shipbreaking industry. **Environmental Research Letters**. p. 1-9. mar. 2022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac5a68/pdf>. Acesso em: 15 set. 2024.

LLOYD'S REGISTER. **Ship Recycling Practice and regulation today**. Londre: Lloyd's Register, 2011. Disponível em: [https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2022/01/Ship-Recycling-Lloyds-Register-report-June-2011\\_compressed-compressed.pdf](https://shipbreakingplatform.org/wp-content/uploads/2022/01/Ship-Recycling-Lloyds-Register-report-June-2011_compressed-compressed.pdf). Acesso em: 18 maio 2024.

MACCARI, Naila Roberta. **APLICAÇÃO DE MODELO DE NÍVEIS DE ATURIDADE DE ECONOMIA CIRCULAR: AVALIAÇÃO DOS PORTOS BRASILEIROS E PERUANO**. 2023. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval, UFSC, Joinville, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/253018>. Acesso em: 10 set. 2024.

MANNAN, B.; RIZVI, Md J.; DAI, Y. M. Does end-of-life ships research trends change in last thre. **Journal Of International Maritime Safety, Environmental Affairs, And Shipping**. Reino Unido, p. 1-32. mar. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Indicadores Ambientais**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informacoes-ambientais/indicadores-ambientais.html>. Acesso em: 01 dez. 2024.

MOHER D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; **PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement**. Int J Surg. 2010;8(5):336-41. doi: 10.1016/j.ijssu.2010.02.007. Epub 2010 Feb 18. Erratum in: Int J Surg. 2010;8(8):658. PMID: 20171303.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **INDICADORES AMBIENTAIS NO BRASIL: ASPECTOS ECOLÓGICOS, DE EFICIÊNCIA E DISTRIBUTIVOS**. Rio de Janeiro: Ipea, 1996. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1754/1/td\\_0403.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1754/1/td_0403.pdf). Acesso em: 04 dez. 2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 maio 2024.

OCAMPO, E. S. *et al*. Can ship recycling be a sustainable activity practiced in Brazil? **Journal of Cleaner Production**. Rio de Janeiro, v. 224, p. 981-993. 22 mar. 2019.

ONAL, M. Ship recycling perspective on environmental impacts - A case study for the ships in service. **Heliyon**. Turquia, p. 1-10. out. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023083652?via%3Dihub>. Acesso em: 07 out. 2024.

ONG Shipbreaking Platform - PERIVIER, Helen *et al*. **Breaking out anchoring circular innovation for ship recycling**. Belgica, 2022.

ONG SHIPBREAKING PLATFORM. **The Toxic Tide: 2023 shipbreaking records. 2023 Shipbreaking Records**. Disponível em: <https://www.offthebeach.org/>. Acesso em: 02 out. 2024.

POTTING, J.; HEKKERT, M.; WORRELL, E.; HANEMAAIJER, A. **Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain - Policy Report**. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; The Hague, 2017.

PROJETO DE LEI N°1584. . Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=2000432&filename=PL%201584/2021](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2000432&filename=PL%201584/2021). Acesso em: 02 set. 2024.

REGULAMENTO EUROPEU. **Regulamento (Ue) N. O 1257/2013 do Parlamento Europeu**.

SAMPIERE, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, S. E. M. S. *et al.* Descomissionamento e reciclagem de unidades de produção offshore de Petróleo e Gás Natural no Brasil: desafios e oportunidades. **Conjecturas**, v. 22, n. 1, p. 1994-2018, 2022.

SINAVAL. **Estaleiros se dizem prontos e acompanham definição de normas locais para apostar em serviços de desmantelamento**. 2022. Disponível em: <http://sinaval.org.br/2022/10/estaleiros-se-dizem-prontos-e-acompanham-definicao-de-normas-locais-para-apostar-em-servicos-de-desmantelamento/>. Acesso em: 13 set. 2024.

SCIPIONI, S.; DINI, G.; NICCOLINI, F. Exploring circular hipbuilding: A systematic review on circular economy business models and supporting technologies. **Journal of Cleaner Production**. v. 422, p. 1-12. 10 out. 2023.

SEAMAN MEMORIES. **What is Beaching or Intentional Grounding & Why Do Ships Do It?** Disponível em: <https://www.seamanmemories.com/what-is-beaching-and-why-do-ships-do-it/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez Editora, 2007.

SONAK, Sangeeta *et al.* Shipping hazardous waste: implications for economically developing countries. **Acordos Ambientais Internacionais: Política, Direito e Economia**. India, p. 143-159. abr. 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10784-008-9069-3>. Acesso em: 18 out. 2024.

SORNN-FRIESE, H.; ROTH, E.; SOFEV, P. **Creating circular economy clusters for sustainable ship recycling in DENMARK**. Copenhagen: Cbs Maritime, 2019. Disponível em: [https://www.cbs.dk/files/cbs.dk/red\\_sustainable\\_ship\\_recycling\\_clusters\\_in\\_dk\\_report.pdf](https://www.cbs.dk/files/cbs.dk/red_sustainable_ship_recycling_clusters_in_dk_report.pdf). Acesso em: 29 set. 2024.

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Fucamp**, Monte Carmelo, v. 20, n. 20, p. 64-81, 19 fev. 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336>. Acesso em: 26 out. 2024.

STOPFORD, Martin. **Economia marítima**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

SUJAUDDIN, Mohammad *et al.* Characterization of ship breaking industry in Bangladesh. **Journal of Material Cycles and Waste Management**. Japão, p. 72-83. jan. 2014.

TOLA, F.; MOSCONI, E. M.; MARCONI, M.; GIANVINCENZI, M. **Perspectives for the development of a circular economy model to promote ship recycling practices in the european context: a systemic literature review**. Sustainability. Switzerland., p. 2-28. mar. 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/7/5919>. Acesso em: 10 out. 2024.