



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

"Ferramenta Digital para Prevenção de Espécies Exóticas via Transporte Marítimo por Meio do Tratamento da Água de Lastro"

Autor 1

Roberto Fabiano Fernandes (UniCesusc) - roberto.fernandes@faculdadecesusuc.edu.br

Autor 2

Ibsem Agrello Dias (UniCesusc) - ibsem.dias@faculdadecesusuc.edu.br

Autor 3

Sérgio Murilo Schütz (UniCesusc) - sergio.schutz@faculdadecesusuc.edu.br

Autor 4

Vitor Costa Dias (Universidade Federal de Santa Catarina) - vitor.costa.dias@grad.ufsc.br

Autor 4

Helio Aisenbreg Ferenho (UniCesusc) - helio.ferenhof@faculdadecesusuc.edu.br

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma aplicação web destinada a mitigar os impactos ambientais do transporte marítimo, com foco na prevenção da introdução de espécies exóticas através da água de lastro. A ferramenta digital foi desenvolvida utilizando Python, HTML e CSS, e tem como objetivo fornecer soluções personalizadas para o tratamento e descarte seguro da água de lastro, com base nos dados sobre as espécies marinhas nos países de origem e destino das embarcações. A metodologia aplicada inclui o cruzamento de informações de bancos de dados especializados, o que permite a geração de soluções de tratamento adequadas para cada cenário. Os resultados demonstram que a aplicação pode contribuir de forma significativa para a redução dos impactos ambientais, promovendo a conformidade com as regulamentações internacionais e oferecendo uma abordagem eficaz e prática para o tratamento da água de lastro. As limitações do estudo incluem a necessidade de dados atualizados e a integração de mais tecnologias de tratamento. Futuras pesquisas devem explorar a utilização de inteligência artificial para otimizar a seleção de tratamentos e ampliar a aplicabilidade da ferramenta para diferentes contextos marítimos.

Palavras-chave: Transporte marítimo, Espécies exóticas, Água de lastro, Aplicação web, Sustentabilidade.

"Digital Tool for Preventing Exotic Species via Maritime Transport through Ballast Water Treatment"

Abstract: This article presents the development of a web application designed to mitigate the environmental impacts of maritime transport, focusing on preventing the introduction of exotic species through ballast water. The digital tool was developed using Python, HTML, and CSS, aiming to provide customized solutions for the treatment and safe disposal of ballast water based on data about marine species in the countries of origin and destination of the vessels. The applied methodology includes the cross-referencing of specialized database information, allowing the

generation of appropriate treatment solutions for each scenario. The results demonstrate that the application can significantly contribute to reducing environmental impacts by promoting compliance with international regulations and offering an effective and practical approach to ballast water treatment. The study's limitations include the need for up-to-date data and the integration of additional treatment technologies. Future research should explore the use of artificial intelligence to optimize treatment selection and expand the tool's applicability to different maritime contexts.

Keywords: Maritime transport, Exotic species, Ballast water, Web application, Sustainability.

1. Introdução

O transporte marítimo é um dos pilares fundamentais do comércio global, responsável pela movimentação de grandes volumes de mercadorias entre continentes. No entanto, essa atividade econômica vital também está associada a impactos ambientais significativos, sendo um dos mais preocupantes a introdução de espécies exóticas em ecossistemas marinhos. Essas espécies, transportadas inadvertidamente através da água de lastro dos navios, podem causar desequilíbrios ecológicos graves, competindo com espécies nativas, alterando habitats e, em alguns casos, levando à extinção local de espécies.

A água de lastro, utilizada para estabilizar as embarcações durante a navegação, é coletada em um porto e descarregada em outro, transportando milhões de organismos marinhos ao longo de milhares de quilômetros. Ao serem liberados em novos ambientes, esses organismos podem se estabelecer e proliferar, muitas vezes sem predadores naturais para controlar sua população, o que pode resultar em impactos ecológicos e econômicos severos.

Diante desse cenário, a gestão adequada da água de lastro tornou-se uma prioridade internacional. A Convenção Internacional para o Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, estabelecida pela Organização Marítima Internacional (OMI), impõe rigorosas normas para o tratamento da água de lastro, visando reduzir a transferência de espécies invasoras. No entanto, a implementação eficaz dessas normas requer tecnologias de tratamento que sejam tanto ecologicamente seguras quanto economicamente viáveis.

Este artigo propõe o desenvolvimento de uma aplicação web como uma solução para mitigar os problemas causados pelo transporte marítimo, com foco na prevenção da introdução de espécies exóticas através do tratamento da água de lastro. A aplicação, desenvolvida utilizando Python, HTML e CSS, tem como objetivo fornecer soluções personalizadas para o tratamento e descarte seguro da água de lastro, baseadas em dados sobre as espécies marinhas dos países de origem e destino das embarcações. Ao integrar diferentes tecnologias de tratamento e facilitar a conformidade com as regulamentações internacionais, a ferramenta visa contribuir para a proteção dos ecossistemas marinhos e a promoção da sustentabilidade no transporte marítimo global.

A seguir, este artigo apresentará a revisão da literatura relevante, a metodologia utilizada no desenvolvimento da aplicação, os resultados obtidos e as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. Revisão da Literatura

Neste tópico serão apresentados os assuntos que fundamentam esta pesquisa, dentre eles destacam-se as espécies exóticas, seus impactos e desafios e o Tratamento das águas de lastro.

2.1 Espécies Exóticas: Impactos e Desafios

As espécies exóticas, também conhecidas como espécies invasoras, representam uma das principais ameaças à biodiversidade global. Segundo Pimentel et al. (2005), a introdução dessas espécies em novos ecossistemas pode levar à perda de biodiversidade, alterações nos processos ecológicos e impactos econômicos significativos. Essas espécies, ao serem transportadas para fora de seu habitat natural, podem se estabelecer em novos ambientes onde, na ausência de predadores naturais ou de competidores, podem proliferar de maneira descontrolada.

O transporte marítimo é uma das principais vias de introdução de espécies exóticas, sendo a água de lastro dos navios um vetor significativo. Estudos como o de Carlton e Geller (1993) demonstram que milhões de organismos são transportados diariamente em tanques de lastro, incluindo uma ampla gama de microrganismos, plantas e animais. Quando liberados em um novo ambiente, esses organismos podem causar graves desequilíbrios ecológicos. Ruiz et al. (2000) discutem que, em diversos casos, as espécies invasoras competem com as espécies nativas por recursos, resultando em declínios populacionais ou até extinções locais.

No Brasil, a situação não é diferente. Segundo Ferreira et al. (2014), o país possui diversas zonas costeiras e portos de importância mundial, o que o torna particularmente vulnerável à introdução de espécies exóticas. Os autores ressaltam que, entre os impactos causados, estão a alteração de habitats, a competição com espécies nativas e a introdução de novas doenças. Um exemplo emblemático é a introdução do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), que causou graves problemas ambientais e econômicos em rios e reservatórios da região sul do Brasil, como discutido por Oliveira et al. (2006).

Para enfrentar o problema, a implementação de políticas de controle e manejo é essencial. A Convenção Internacional para o Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, estabelecida pela Organização Marítima Internacional (OMI), é um exemplo de esforço internacional para mitigar a introdução de espécies exóticas. Essa convenção estabelece padrões rigorosos para o tratamento e descarte da água de lastro, visando minimizar os riscos ambientais (Endresen et al., 2004).

A eficácia dessas medidas, no entanto, depende de sua implementação adequada e do desenvolvimento de tecnologias de tratamento de água de lastro que sejam economicamente viáveis e ecologicamente seguras. O avanço na pesquisa científica, como apontado por David e Gollasch (2008), é fundamental para identificar e controlar potenciais espécies invasoras antes que causem danos irreversíveis aos ecossistemas.

Em suma, as espécies exóticas representam um desafio global que exige colaboração entre países, pesquisa contínua e a aplicação rigorosa de políticas de controle. A proteção da biodiversidade e dos ecossistemas marinhos depende de nossa capacidade de gerenciar e mitigar os riscos associados a essas espécies, uma tarefa que continua sendo urgente e necessária no cenário atual.

2.2 Tratamento de Água de Lastro: Tecnologias e Desafios

O tratamento da água de lastro é uma estratégia crítica para evitar a propagação de espécies exóticas invasoras em ambientes marinhos, um problema amplamente reconhecido como uma das maiores ameaças à biodiversidade global. De acordo com David e Perkovic (2004), a água de lastro é um dos principais meios de transporte de organismos marinhos não nativos, que ao serem introduzidos em novos ecossistemas, podem causar impactos ecológicos, econômicos e de saúde pública significativos.

A Convenção Internacional para o Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, estabelecida pela Organização Marítima Internacional (OMI), entrou em vigor em 2017 e impõe normas rigorosas para o tratamento da água de lastro, exigindo que os navios adotem medidas eficazes para o controle de organismos aquáticos prejudiciais. Segundo Endresen et al. (2004), essa regulamentação visa proteger os ecossistemas marinhos, prevenindo a transferência de espécies invasoras através do comércio marítimo global.

Os métodos de tratamento de água de lastro podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos. Entre os métodos físicos, a filtração é amplamente utilizada para remover partículas e organismos maiores presentes na água. Miller et al. (2007) ressaltam que, embora a filtração seja eficaz para certos tipos de organismos, ela pode não eliminar microorganismos menores. O uso de radiação ultravioleta (UV) é uma tecnologia comum que destrói o DNA de organismos presentes na água de lastro, impedindo sua reprodução. Zhang et al. (2015) destacam a eficácia da radiação UV, embora sua eficiência possa ser reduzida pela turbidez da água.

Os métodos químicos, como a cloração e o uso de biocidas, são amplamente empregados devido à sua capacidade de eliminar uma vasta gama de organismos. Segundo Tsolaki e Diamadopoulos

(2010), a cloração é uma solução eficiente, mas pode gerar subprodutos prejudiciais, como trihalometanos, que apresentam riscos ambientais e à saúde humana. O uso de biocidas é outro método comum, embora seja necessário avaliar cuidadosamente seus impactos ambientais para evitar a contaminação dos ecossistemas marinhos.

Além dos métodos tradicionais, a aplicação de novas tecnologias tem mostrado potencial para melhorar a eficiência do tratamento de água de lastro. Uma inovação promissora é o desenvolvimento de sistemas integrados que combinam vários métodos de tratamento, como filtração seguida de radiação UV, para maximizar a remoção de organismos. Além disso, o uso de ferramentas digitais e inteligência artificial para monitorar e controlar o tratamento de água de lastro está em crescimento. Sistemas como o desenvolvido por autores como Wang et al. (2018) usam bases de dados para cruzar informações sobre as espécies marinhas nos países de origem e destino dos navios, sugerindo tratamentos específicos para cada cenário.

Entretanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, incluindo custos elevados e a necessidade de manutenção regular. Como apontado por Werschkun et al. (2012), o sucesso do tratamento de água de lastro depende não apenas da eficácia das tecnologias, mas também de sua aceitação pela indústria naval e de sua conformidade com as regulamentações internacionais.

A pesquisa contínua e a inovação tecnológica são essenciais para o desenvolvimento de métodos mais eficientes e sustentáveis de tratamento de água de lastro, que protejam os ecossistemas marinhos e minimizem os impactos ambientais. Com o aumento do comércio marítimo global, a necessidade de tecnologias eficazes e regulamentações rigorosas se torna cada vez mais premente para garantir que os oceanos permaneçam saudáveis e biodiversos para as futuras gerações.

3. Procedimentos Metodológicos

Com o intuito de atingir o objetivo deste artigo de analisar o impacto das espécies exóticas e as tecnologias de tratamento das águas de lastro na prevenção da introdução de organismos não indígenas, foram realizadas buscas sistemáticas na literatura utilizando o método SFF de Ferenhof e Fernandes (2016).

Segundo o método SFF, inicialmente, na estratégia de busca, foram definidos os principais temas e palavras-chave relacionados a espécies exóticas e tratamento das águas de lastro. Foram investigados temas basilares como invasões biológicas, gestão de águas de lastro e tecnologias de tratamento. As principais referências encontram-se no Quadro 1.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida nas bases de dados acadêmicas: Scopus, Web of Science e Google Scholar. Foram selecionados artigos científicos, livros e teses publicados, garantindo a relevância e atualidade das informações. Os critérios de inclusão consideraram a pertinência dos estudos ao tema central, a qualidade metodológica e a contribuição para o entendimento das espécies exóticas e do tratamento das águas de lastro. Estudos que apresentavam revisões teóricas, análises empíricas e relatos de casos foram priorizados.

Quadro 1 - Principais autores utilizados no artigo:

Tema	Autor(es)	Contribuição
Invasões biológicas marinhas	Carlton e Geller (1993); Ruiz et al. (2000); Ferreira et al. (2014)	Análise do transporte global de organismos marinhos não indígenas e impactos das invasões biológicas.
Espécies exóticas	Oliveira et al. (2006); Miller et al. (2007); Pimentel et al. (2005)	Estudos sobre espécies invasoras específicas, fatores que influenciam o sucesso das invasões e custos ambientais e econômicos.
Gestão de águas de lastro	David e Gollasch (2008); Endresen et al. (2004); Wang et al. (2018)	Avaliação de riscos, desafios na gestão global e sistemas de gestão de tratamento de águas de lastro.
Tecnologias de tratamento de águas de lastro	David e Perkovic (2004); Tsolaki e Diamadopoulos (2010); Zhang et al. (2015)	Revisão de tecnologias para tratamento das águas de lastro e mercado relacionado.
Riscos emergentes e regulamentação	Werschkun et al. (2012)	Análise dos riscos emergentes do tratamento de águas de lastro e preparação para a convenção internacional.

Fonte: dados da pesquisa

Após a seleção, os artigos foram organizados e analisados qualitativamente. Foi adotada uma abordagem de síntese integrativa, que permitiu a combinação de diferentes perspectivas e resultados encontrados na literatura. Cada fonte foi categorizada conforme seu foco principal, como impacto das espécies exóticas, tecnologias de tratamento de águas de lastro, desafios na gestão e regulamentações internacionais.

Uma vez que a compreensão teórica foi estabelecida, realizou-se um estudo de natureza empírica por meio de pesquisa-ação. Essa abordagem é definida como uma investigação autorreflexiva, conduzida pelos próprios participantes em contextos sociais, com o objetivo de aprimorar a racionalidade e aprofundar a compreensão sobre essas práticas, bem como melhorar as condições nas quais elas são realizadas (Carr & Kemmis, 1986).

Assim, a pesquisa-ação fundamenta-se em um sistema de comunicação dialógica entre os envolvidos e os pesquisadores, no qual todos atuam como sujeitos da investigação, participando ativamente para alcançar um objetivo comum. Esse processo visa à produção de um novo tipo de conhecimento dentro de um contexto específico (GIL, 2002). Isso está diretamente alinhado à implementação de práticas eficazes de tratamento das águas de lastro para prevenir a introdução de espécies exóticas.

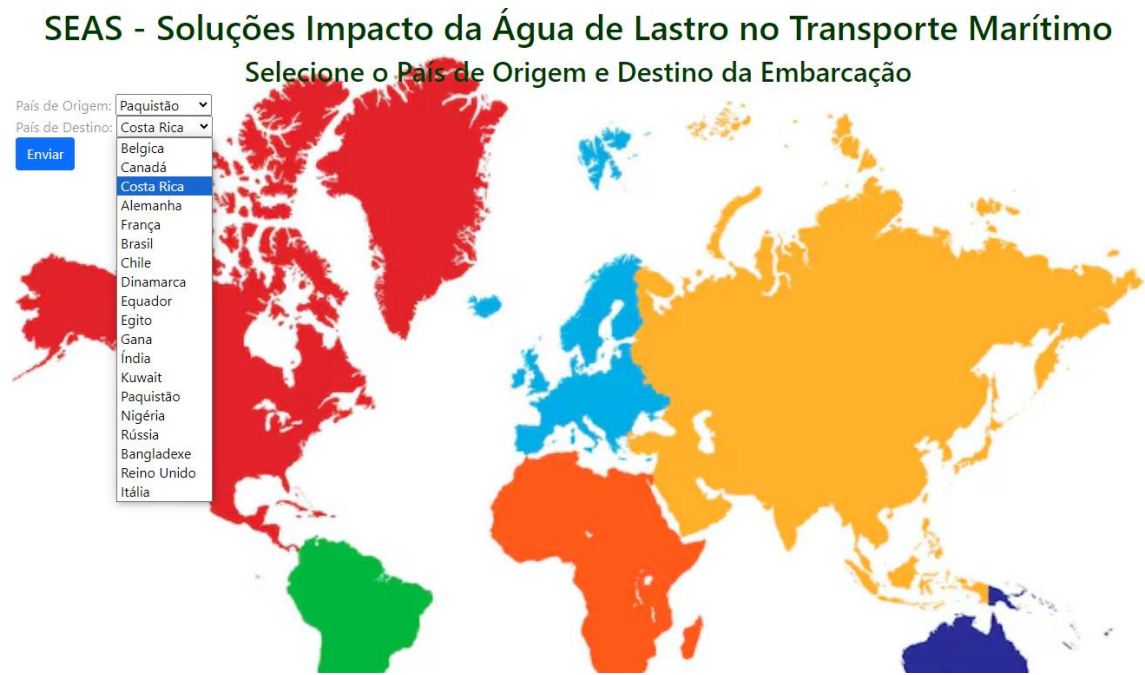
4. Aplicação Web mitigando problemas causados pelo transporte marítimo

Foi desenvolvida uma aplicação web baseada nas linguagens de programação Python e de Marcação HTML e CSS visando solucionar um problema causado pelo transporte marítimo. A operação de embarcações tem atrelada, como um dos principais impactos ambientais, o descarte da água de lastro. Este, atualmente, é manejado por órgãos e leis para a sua minimização, possuindo regras e condições para descarte. Entretanto, ainda se encontra como um dos piores impactos causados pelo transporte marítimo, podendo introduzir espécies exóticas em ambientes sem predadores naturais e conduzindo a contaminação de ambientes marinhos.

Dessa forma, é desenvolvida uma aplicação que visa fornecer ao usuário, com base no ponto de origem e de destino de sua embarcação, soluções para o tratamento e padronização da água de lastro, para o descarte seguro desta. Isso é feito através do mapeamento das espécies marinhas existentes apenas no país de origem e a partir de soluções gerais para água de lastro, a aplicação fornecerá uma série de soluções.

Na tela inicial da aplicação é apresentada a seleção dos países de origem e destino da embarcação, como ilustrado pela Figura 1.

Figura 1 - Tela Inicial da Aplicação SEAS

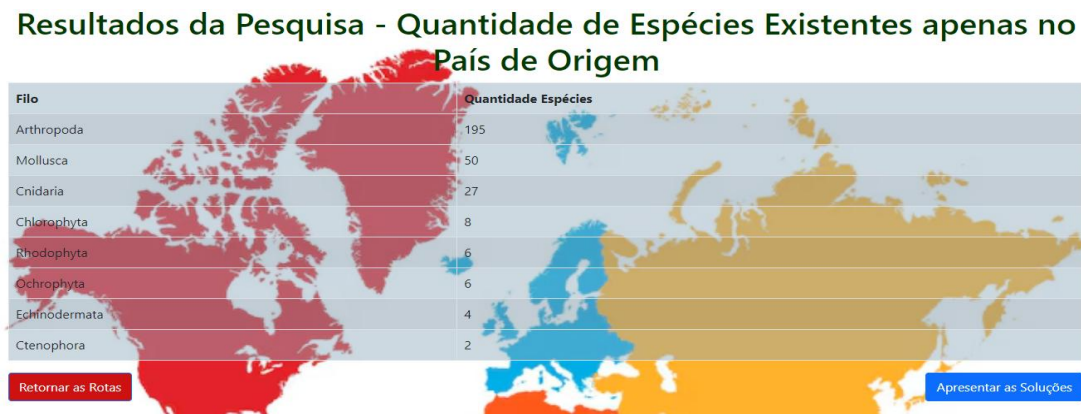


Fonte: Autores (2024)

Feito o envio da escolha do país de origem e destino da embarcação, o código cruza as informações das espécies existentes no país de origem, com as do país de destino, verificando as espécies existentes apenas no país de origem. Com isso, apresenta o resultado numérico de cada espécie existente apenas no país de origem, com base no filo em que a espécie está contida. As informações acerca das espécies ficam armazenadas no banco de dados MySQL e foram obtidas através do site SeaLifeBase.

O resultado do cruzamento dos dados é exibido na segunda tela da aplicação, representado pela Figura 2.

Figura 2 - Tela com o Resultado das Espécies



Fonte: Autores (2024)

A partir dos filos encontrados são geradas soluções de tratamento e padronização de água de lastro específicas para cada filo, sendo elencados de forma que o tratamento que possui solução mais abrangente encontra-se no topo da página. Sendo fornecidos nome do tratamento, descrição do mesmo, a fonte do artigo do qual foi retirada a solução, os filos que abrange e a quantidade de espécies por filo, apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Tela com as Soluções

Soluções				
Nome Solução	Descrição	Referência Bibliográfica	Filos	Espécies por Filo
Tratamento Desoxigenação	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Tratamento UV	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Tratamento de água quente	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Tratamento por Cloro	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Tratamento por Dióxido de Cloro	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Tratamento por Ozônio	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Tratamento por Peróxido de Hidrogênio	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Tratamento por Peróxido de Peracético	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2
Filtros de Membrana	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 6, 4, 2
Filtro de Areia	mais...	mais...	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 4, 2

Fonte: Autores (2024)

A figura 4 apresenta a visualização, mais detalhada da solução, onde é possível fazer a seleção do tratamento que se julga o mais adequado com base no custo e na abrangência da solução.

Figura 4 - Visualização de uma Solução Específica

Soluções				
Nome Solução	Descrição	Referência Bibliográfica	Filos	Espécies por Filo
Tratamento Desoxigenação	mais... Este processo consiste, basicamente, em inserir gás inerte via orifícios em tubulações que estão distribuídas no fundo dos tanques de lastro dos navios. O gás inerte padrão gerado nos navios é composto de 84% de nitrogênio, de 12- 14% de CO2 e 2% de oxigênio. Assim, este gás é inserido na água de lastro e o resultado é a falta de oxigênio na água, devido ao alto nível de CO2 e à redução do pH de 8 para 6, o que leva a morte dos organismos presentes na água de lastro (HUSAIN et al., 2004). A privação do oxigênio (ou a desoxigenação) é tóxica para peixes, larvas de invertebrados e bactérias aeróbias, mas é ineficaz contra as bactérias anaeróbicas e os estágios de cisto e esporo, incluindo cistos dos dinoflagelados (algas). Assim, a desoxigenação é somente uma solução parcial para matar uma escala de espécies aquáticas encontradas na água de lastro. HUSAIN et al. (2004) concluíram que a utilização de gás inerte neste processo pode matar 95% das espécies de fitoplâncton, zooplâncton, microalgas e invertebrados na água de lastro. O sistema de tratamento pode ser realizado com o navio atracado no píer ou totalmente automatizado enquanto o navio estiver navegando.	mais... Ballast water treatment by de-oxygenation with elevated CO2 for a shipboard installation-a potentially affordable solution(HUSAIN M, FELBECK H, APPLE R, ALTSHULLER D, QUIRMBACH C., 2004)	Arthropoda, Mollusca, Cnidaria, Chlorophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, Echinodermata, Ctenophora	195, 50, 27, 8, 6, 6, 4, 2

Fonte: Autores (2024)

5. Conclusões

Este artigo abordou o desenvolvimento de uma aplicação web destinada a mitigar os impactos ambientais do transporte marítimo, com foco na prevenção da introdução de espécies exóticas por meio do tratamento adequado da água de lastro. O objetivo geral foi criar uma ferramenta digital que ofereça soluções personalizadas para o tratamento e descarte seguro da água de lastro, alinhada às regulamentações internacionais e às necessidades específicas de diferentes rotas marítimas.

A metodologia utilizada envolveu o desenvolvimento de um sistema baseado em Python, HTML e CSS, capaz de cruzar informações de bancos de dados especializados sobre espécies marinhas nos países de origem e destino das embarcações. Com base nesses dados, a aplicação gera soluções de tratamento adequadas para cada cenário, classificando-as por abrangência e eficácia.

Os resultados da pesquisa indicam que a aplicação pode contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais causados pelo transporte marítimo. A ferramenta promove a conformidade com as regulamentações internacionais e oferece uma abordagem prática e eficiente para o tratamento da água de lastro, possibilitando um descarte mais seguro e controlado.

As principais contribuições do trabalho incluem a criação de uma solução digital inovadora que pode ser facilmente adaptada a diferentes contextos marítimos, promovendo a sustentabilidade e a proteção da biodiversidade marinha. No entanto, a pesquisa apresenta algumas limitações, como a necessidade de dados constantemente atualizados sobre espécies marinhas e a integração de um maior número de tecnologias de tratamento.

Para trabalhos futuros, sugere-se a exploração do uso de inteligência artificial para otimizar a seleção de tratamentos, tornando o sistema ainda mais eficiente e adaptável. Além disso, a expansão da ferramenta para abranger diferentes tipos de embarcações e rotas marítimas poderia ampliar sua aplicabilidade e impacto na preservação ambiental.

Referências:

- CARLTON, J. T.; GELLER, J. B. Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, v. 261, n. 5117, p. 78-82, 1993.
- DAVID, M.; GOLLASCH, S. Ballast water risk assessment: Concepts, processes, and tools. *ICES Journal of Marine Science*, v. 65, n. 7, p. 1213-1220, 2008.
- DAVID, M.; PERKOVIC, M. The ballast water treatment market: Will supply meet demand? *Ocean & Coastal Management*, v. 47, n. 9-10, p. 737-755, 2004.
- ENDRESEN, Ø.; BEHRENS, H. L.; BRYNESTAD, S.; ANDERSEN, A. B.; SKJONG, R. Challenges in global ballast water management. *Marine Pollution Bulletin*, v. 48, n. 7-8, p. 615-623, 2004.
- FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R. Invasões biológicas marinhas. In: MIGOTTO, A. E.; TIAGO, G. M. (Orgs.). *Biologia Marinha*. São Paulo: Interciência, 2014. p. 384-410.
- MILLER, A. W.; RUIZ, G. M.; MINTON, M. S.; AMBROSE, R. F. Differentiating successful and failed invaders: species pools and the importance of defining biogeographical controls. *Journal of Biogeography*, v. 34, n. 2, p. 191-194, 2007.
- OLIVEIRA, M. D.; HAMILTON, S. K.; JACOBI, C. M.; ABERLE, J. *Limnoperna fortunei* in South America. *Biological Invasions*, v. 8, n. 4, p. 755-764, 2006.
- PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, v. 52, n. 3, p. 273-288, 2005.
- RUIZ, G. M.; CARLTON, J. T.; GROSHOLZ, E. D.; HINES, A. H. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American Zoologist*, v. 40, n. 3, p. 621-632, 2000.

- TSOLAKI, E.; DIAMADOPOULOS, E. Technologies for ballast water treatment: A review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, v. 85, n. 1, p. 19-32, 2010.
- WANG, Y.; ZHANG, X.; LU, H. A web-based ballast water treatment management system for ships: A case study on species distribution and treatment efficiency. *Journal of Cleaner Production*, v. 175, p. 693-703, 2018.
- WERSCHKUN, B. et al. Emerging risks from ballast water treatment: The run-up to the international ballast water management convention. *Chemosphere*, v. 90, n. 1, p. 12-20, 2012.
- ZHANG, F.; ZHANG, C.; WANG, J. Ballast water treatment technologies and current system status. *Journal of Ocean University of China*, v. 14, n. 3, p. 469-482, 2015.