RBT

REVISTA BRASILEIRA
DE TRANSPORTES

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL

Ed. ESP. | AGO 2026



FGV TRANSPORTES

A **Revista Brasileira de Transportes** - **RBT** é uma publicação para difusão científica, bilíngue, com periodicidade semestral, vinculada ao **FGV Transportes**, centro de estudos e pesquisas em transportes, logística e mobilidade urbana da **FGV**.
Para publicação na **RBT**, serão considerados artigos inéditos, que não devem estar sob avaliação de outro periódico, mesmo que em outro idioma, com a exceção de trabalhos apresentados em anais de congressos. O acesso ao conteúdo da **RBT** é aberto, sem cobrança de qualquer valor pecuniário para submissão ou publicação.
Visite a plataforma da **RBT** e submeta o seu artigo:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/index.





The **Brazilian Transport Journal** (**Revista Brasileira de Transportes - RBT**) is a bilingual scientific jornal, published every six months, linked to the **FGV Transportes**, centre for studies and research in transport, logistics and urban mobility at the **Getulio Vargas Foundation** (**FGV**). Only unpublished papers will be considered by the **RBT** journal; they should not be under assessment by any other periodical, nor be written in any language other than Portuguese and English, except for papers presented in congress proceedings. Access to **RBT** content is open, with no fees charged for either submission or publication. Visit the **RBT** platform and submit your article: http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/index.

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES - RBT

PUBLICAÇÃO DO CENTRO DE ESTUDOS FGV TRANSPORTES
FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS – FGV

EQUIPE EDITORIAL

EDITOR CHEFE:
Marcus Vinícius Quintella Cury
FGV Transportes, Brasil.

EDITOR EXECUTIVO:
Marcelo Prado Sucena
FGV Transportes, Brasil.

EDITOR ADJUNTO:
Altair dos Santos Ferreira Filho
FGV Transportes, Brasil.

EDITORES TEMÁTICOS:
Alan Ricardo da Silva
Universidade de Brasília - UNB, Brasil.

Álvaro Fernando de Oliveira Costa
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Portugal.

Cassia Bömer Galvão
Universidade do Texas A&M Campus Galveston, EUA.

Gustavo Riente de Andrade
Infraplan Consulting, EUA.

Javier Aldecoa
Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Espanha.

José Carlos Amorim
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

José Eugênio Leal
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio, Brasil.

Kent Gourdin
College of Charleston, EUA.

Luiz Antonio Silveira Lopes
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Luiz Eduardo Brandão
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio/IAG, Brasil.

Nick Vyas
University of Southern California (USC), EUA.

Patrícia Regina Pinheiro Sampaio
Fundação Getúlio Vargas - FGV Direito, Brasil.

Respício Antonio do Espírito Santo Jr.
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/POLI, Brasil.

Rômulo Orrico
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE, Brasil.

AVALIADORES CIENTÍFICOS *AD HOC*:

Aurélio Lamare Soares Murta
Universidade Federal Fluminense - UFF - Departamento de Administração, Brasil.

Bruno Vieira Bertoncini
Universidade Federal do Ceará/DET, Brasil.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
Universidade Federal de Goiás/ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Brasil.

Carlos Manuel Taboada Rodriguez
Universidade Federal de Santa Catarina/Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - Brasil.

Cassiano Augusto Isler
Universidade de São Paulo/USP - Departamento de Engenharia de Transportes, Brasil.

Eduardo Lobo
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - PPGTG, Brasil.

Filipe Almeida Correa do Nascimento
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Francisco Heber Lacerda de Oliveira
Universidade Federal do Ceará/DET, Brasil.

Gláucia Fernandes Vasconcelos
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - COPPEAD, Brasil.

Léo Tadeu Robles
Universidade Federal do Maranhão - UFMA, Brasil.

Leonardo Herszon Meira
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Brasil.

Marta Araújo Tavares Ferreira -
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Brasil.

Newton Narciso Pereira
Universidade Federal Fluminente/ DEP, Brasil.

Orivalde Soares da Silva Júnior
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Orlando Cattini Júnior
Fundação Getulio Vargas/EAESP, Brasil.

Paulo Afonso Lopes
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Peter Fernandes Wanke
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPEAD, Brasil.

Renata Maré
Universidade de São Paulo - USP/ Escola Politécnica - Instituto Mauá de Tecnologia, Brasil.

Richard Magdalena Stephan
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE/POLI, Brasil.

Susana Carla Farias Pereira
Fundação Getulio Vargas/EAESP, Brasil.

Thiago Guilherme Péra
Universidade de São Paulo - USP/ ESALQ-LOG, Brasil.

APOIO ADMINISTRATIVO:
Valdélia Brito –
FGV Transportes, Brasil

REVISÃO GRAMATICAL E ORTOGRÁFICA:
Jeferson Dantas, Brasil

TRADUÇÃO E REVISÃO DE INGLÊS:
Patrícia Tate, Brasil

DIAGRAMAÇÃO:
Bruno Masello, Brasil

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES – RBT / FGV TRANSPORTES
Rua Barão de Itambi 60 / 805 - Botafogo - Rio de Janeiro – RJ - Brasil

Cep: 22231-000

Submissão de artigos:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/about/submissions

E-mail:
rbt@fgv.br

Os conceitos, metodologias, métodos, técnicas e propostas expressas nos artigos publicados na RBT são de inteira responsabilidade de seus autores, não representando necessariamente a posição institucional da FGV.

Permitida a reprodução total ou parcial dos artigos, desde que mencionada a fonte.

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT

PUBLICATION OF THE FGV TRANSPORTES STUDY CENTER
GETULIO VARGAS FOUNDATION - FGV

EDITORIAL TEAM

EDITOR IN CHIEF:
Marcus Vinícius Quintella Cury
Getulio Vargas Foundation - FGV Transport, Brazil.

EXECUTIVE EDITOR:
Marcelo Prado Sucena
Getulio Vargas Foundation - FGV Transport, Brazil.

EDITOR ADJUNTO:
Altair dos Santos Ferreira Filho
Getulio Vargas Foundation - FGV Transport, Brazil.

THEME EDITORS:
Alan Ricardo da Silva
University of Brasília - UNB, Brazil.

Álvaro Costa
Faculty of Engineering of the University of Porto - FEUP, Portugal.

Cassia Bömer Galvão
Texas A&M University, Galveston Campus, USA.

Gustavo Riente de Andrade
Infraplan Consulting, USA.

Javier Aldecoa
Official College of Architects of Madrid, Spain.

José Carlos Amorim
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

José Eugênio Leal
Pontifical Catholic University - PUC-Rio, Brazil.

Kent Gourdin
College of Charleston, USA.

Luiz Antonio Silveira Lopes
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

Luiz Eduardo Brandão
Pontifical Catholic University - PUC-Rio, Brazil.

Nick Vyas
University of Southern California (USC), USA.

Patrícia Regina Pinheiro Sampaio
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Respício Antonio do Espírito Santo Jr.
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

Rômulo Orrico
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

SCIENTIFIC REVIEWERS AD HOC:
Aurélio Lamare Soares Murta
Federal Fluminense University - UFF, Brazil.

Bruno Vieira Bertoncini
Federal University of Ceará - UFC, Brazil.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade
Federal University of Goiás - UFG, Brazil.

Carlos Manuel Taboada Rodriguez
Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil.

Cassiano Augusto Isler
University of São Paulo - USP , Brazil.

Eduardo Lobo
Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil.

Filipe Almeida Correa do Nascimento
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

Francisco Heber Lacerda de Oliveira
Federal University of Ceará - UFC, Brazil.

Gláucia Fernandes Vasconcelos
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ - COPPEAD, Brazil.

Léo Tadeu Robles
Federal University of Maranhão - UFMA, Brazil.

Leonardo Herszon Meira
Federal University of Pernambuco - UFPE, Brazil.

Marta Araújo Tavares Ferreira
Federal University of Minas Gerais - UFMG, Brazil.

Newton Narciso Pereira
Federal University Fluminente- UFF, Brazil.

Orivalde Soares da Silva Júnior
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

Orlando Cattini Júnior
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Paulo Afonso Lopes
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

Peter Fernandes Wanke
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

Renata Maré
University of São Paulo - USP, Brazil.

Richard Magdalena Stephan
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

Susana Carla Farias Pereira
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Thiago Guilherme Péra
University of São Paulo - USP, Brazil.

ADMINISTRATIVE SUPPORT:
Valdélia Brito –
Getulio Vargas Foundation - FGV Transport, Brazil.

PORTUGUESE SPELLING AND GRAMMAR REVIEW:
Jeferson Dantas, Brasil

REVISION AND ENGLISH TRANSLATION:
Patrícia Tate, Brasil

LAYOUT AND FINISHED ARTWORK:
Bruno Masello, Brasil

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT / FGV TRANSPORTES

Barão de Itambi Street, 60 / 805 floor, Botafogo, Rio de Janeiro, RJ. Brazil, Postal Code 22231-000

Submissions:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/about/submissions

E-mail:
rbt@fgv.br

The concepts, methods, methodologies, techniques and proposals expressed in the articles published in the RBT are the sole responsibility of their authors, and do not necessarily represent the institutional position of FGV.

Total or partial reproduction of articles is allowed, provided the source is mentioned.

SUMÁRIO

EDITORIAL

8 Revista Brasileira de Transportes - RBT

ENTREVISTA RBT

ALEXANDRE EUZEBIO
10 Diretor de Ensino, Pesquisa e Extensão da Fundação Centro de Excelência Portuária de Santos (CENEP)

ARTIGOS

14 Descarbonização do Porto do Itaqui: Levantamento da Estimativa das Emissões de CO_2 pelos Navios Enquanto Atracados entre 2022 e 2024

Dr. Clovis Bosco Mendonça Oliveira; Dra. Darliane Ribeiro Cunha; Msc. Vitor Renato Pereira Santos
(UFMA)

28 Ecossistema de Inovação Portuária Brasileiro: Análise e Alinhamento Conceitual

Alexandre Euzebio, Msc. (Usp); Caio Teissiere Moretti, Msc. (Unifesp)

38 Estudo Sobre Monitoramento em Tempo Real de Defensas Marítimas Utilizando Sensores Mems

Luiz Augusto Almeida Santos; Mariana Amorim Fraga
(Universidade Presbiteriana Mackenzie)

48 Análise da Possibilidade de Movimentação de Grãos por Transporte Pneumático no Porto de Santos como Meio de Redução da Dependência Rodoviária.

Alan Alves Theodoro; Giovanna Ferreira Sincerre Vida; Kauãn Morales Gabriel; Nelize Maria de Almeida Coelho; Vitor da Silva Rosa
(Universidade Santa Cecília)

60 Boas Práticas de Tecnologia em Port Community Systems: Uma Revisão da Literatura

Priscila Bayer de Oliveira Simões; Cesar Augusto Massaro, MsC.; Roberto Pinheiro Paveck, MsC.; Marcelo Schneck De Paula Pessôa, PhD.; Daniel de Oliveira Mota, PhD.
(Universidade de São Paulo)

72 Portos e ODS 13: NAPs, regimes internacionais e governança multinível para mitigar riscos climáticos costeiros — o caso normativo de Santos

Me. Tawan Ranny
(Autoridade Portuária de Santos, ETEC Dona Escolástica Rosa, Universidade Católica de Santos)

84 Energia Elétrica a Navios em Santos: Arquitetura Jurídica e Princípios de Tarifação

Me. Tawan Ranny
(Autoridade Portuária de Santos, ETEC Dona Escolástica Rosa, Universidade Católica de Santos)

96 Estresse Ocupacional em Trabalhadores Portuários

Fabíola Tavares Lemos
(Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências da Saúde. Universidade Federal de São Paulo)

Regina Célia Spadari
(Livre-Docente, Professora Titular do Departamento de Biociências da Universidade Federal de São Paulo)

104 Manifesto ESG do Porto de Santos: Ánalise Sobre Seu Alcance Vinculativo aos Atores Portuários

Raphael Rodrigues Taboada
(Mestrando na Universidade Católica de Santos e pesquisador CENEP)

DR. Rodrigo Luiz Zanethi
(Professor na Universidade Católica de Santos e Orientador de pesquisa CENEP)

114 Auditoria Baseada em Pessoas: Um Estudo de Caso da Scpar Porto de Imbituba

Gabriel Favarim Salzberg
(Centro Universitário Univinte)

Murilo da Silva de Medeiros, Me
(Universidade Federal de Santa Catarina)

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES - RBT

Ed. ESP.
AGO 2026

A RBT é uma publicação da FGV Transportes, centro de estudos em transportes, logística e mobilidade urbana da FGV, cujo propósito é contribuir, de maneira incisiva e destacada, para a evolução do pensamento estratégico e para o desenvolvimento acadêmico, empresarial, econômico e social do país, por meio da divulgação de artigos científicos originais e inéditos.

A RBT é publicada exclusivamente em ambiente virtual, com periodicidade semestral, e possui acesso aberto, além de receber submissões de forma contínua por meio de seu endereço eletrônico: https://periodicos.fgv.br/rbt/

É com grande satisfação que apresentamos esta edição especial da RBT, dedicada à publicação de dez artigos selecionados do 3º Congresso Nacional Integra Portos – CNIT / 2025, realizado entre 8 e 10 de outubro de 2025, na cidade de Santos, em São Paulo, pela Fundação Centro de Excelência Portuária de Santos (CENEP), Autoridade Portuária de Santos (APS) e Prefeitura Municipal de Santos.

O CNIT é um importante evento técnico-científico focado na integração e transmissão de conhecimento dos assuntos portuários, que reúne a comunidade portuária e acadêmica para debater o futuro do setor.

Esta iniciativa da RBT reafirma o seu compromisso com a difusão do conhecimento científico de excelência e com a valorização da produção acadêmica apresentada em eventos que promovem o intercâmbio de ideias, experiências e inovações.

A entrevista desta edição foi concedida por Alexandre Euzebio, Diretor de Ensino, Pesquisa e Extensão da Fundação Centro de Excelência Portuária de Santos (CENEP), e aborda temas relevantes como planejamento setorial multimodal, agenda ESG e a descarbonização dos transportes, expansão do transporte multimodal, entre outros assuntos.

Os dez trabalhos aqui reunidos representam uma seleção criteriosa entre as pesquisas apresentadas no congresso, efetuada pela equipe de avaliadores do CNIT 2025, considerando-se a qualidade técnica, originalidade, relevância científica e potencial de contribuição para o avanço do conhecimento.

EDITORIAL

A publicação desta edição especial também evidencia a importância da integração entre congressos científicos e periódicos acadêmicos. Enquanto os congressos constituem espaços privilegiados para a apresentação e discussão de pesquisas em desenvolvimento, as revistas científicas permitem consolidar esse conhecimento por meio de publicações permanentes, submetidas aos mais elevados padrões de qualidade editorial e metodológica, ampliando sua visibilidade e impacto na comunidade científica nacional e internacional.

Registramos nossos agradecimentos aos autores, que compartilharam os resultados de suas pesquisas; aos avaliadores do CNIT 2025, cuja atuação criteriosa foi essencial para a qualidade desta edição especial; e à comissão organizadora do congresso, pelo elevado nível técnico do evento.

Esperamos que os artigos reunidos nesta edição estimulem novas pesquisas, promovam o debate científico e contribuam para o avanço do conhecimento em suas respectivas áreas, fortalecendo a interação entre academia, setor produtivo e instituições públicas. Que esta edição especial represente não apenas o registro das melhores contribuições apresentadas no congresso, mas também um incentivo à continuidade da pesquisa científica de excelência e à busca permanente por soluções inovadoras para os desafios da sociedade contemporânea.

A próxima edição regular da RBT, a décima-segunda, está prevista para dezembro de 2026. Contamos com o apoio da comunidade das áreas de transportes, logística e mobilidade urbana na divulgação da revista, incentivando professores, pesquisadores e profissionais a submeterem seus artigos científicos por meio da plataforma da RBT.

Vale lembrar que as submissões de artigos devem ser feitas em https://transportes.fgv.br/revista-rbt

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Marcus Vinicius Quintella Cury
Editor-Chefe

FGV TRANSPORTES

FUNDAÇÃO CENEP SANTOS

CONGRESSO NACIONAL INTEGRA PORTOS CNIT

ALEXANDRE EUZEBIO

Diretor de Ensino, Pesquisa e Extensão da Fundação Centro de Excelência Portuária de Santos (CENEP).

Alexandre Euzebio é engenheiro mecatrônico, mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pela UFSC e doutorando pela Escola Politécnica da USP. Atualmente, é diretor de Ensino, Pesquisa e Extensão da Fundação Centro de Excelência Portuária de Santos (CENEP), diretor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Associação de Engenheiros e Arquitetos de Santos (AEAS) e gestor de Inovação e Transferência de Tecnologia do *Offshore Technology Innovation Centre* (OTIC) da USP. Especialista em prospecção tecnológica e inovação, atua no desenvolvimento do ecossistema de inovação, promovendo a orquestração entre políticas públicas de CT&I, a governança corporativa baseada na agenda ESG e ODS, a capacitação técnico-operacional, assim como o desenvolvimento de tecnologias habilitadoras 4.0 para o setor marítimo-portuário, objetivando o desenvolvimento econômico e social.

RBT – A Fundação CENEP Santos tem uma longa trajetória dedicada à pesquisa, capacitação e formulação de propostas para os setores de infraestrutura, logística e transportes. Em um país que ainda convive com elevados custos logísticos, quais são hoje os principais gargalos estruturais que comprometem a competitividade da infraestrutura de transportes brasileira?

Alexandre Euzebio – Os principais gargalos estruturais dos setores de infraestrutura, logística e transportes decorrem de uma histórica falta de planejamento integrado de longo prazo e de políticas públicas de Estado com perenidade. Além disso, há a necessidade de uma cultura de PD&I que impulsione tecnologicamente o setor de infraestrutura. Identifica-se uma acentuada defasagem tecnológica e dependência internacional, resultado de um processo de desindustrialização nacional. Faltam investimentos robustos em tecnologias críticas, como a infraestrutura de redes de comunicação, a integração de bases de dados e a fabricação nacional de semicondutores. Isso restringe e encarece a autonomia do país na produção de dispositivos de sistemas de automação inteligentes de ponta, capazes de transformar cidades, indústrias e plataformas logísticas em sistemas inteligentes (*smart*), integrados e de alta eficiência. Além disso, o custo logístico é severamente impactado por uma matriz de transportes desequilibrada, excessivamente dependente do modal rodoviário, com baixo aproveitamento do potencial hidroviário da América do Sul, somado a uma alta carga tributária e à complexidade burocrática dos órgãos de controle e fiscalização.

RBT – O Brasil possui uma carteira relevante de projetos de infraestrutura, mas frequentemente enfrenta dificuldades relacionadas ao planejamento, à execução e à continuidade das políticas públicas. Como transformar projetos estratégicos, especialmente nos setores portuário e logístico, em efetivas políticas de Estado de longo prazo?

Alexandre Euzebio – Projetos de infraestrutura frequentemente já nascem defasados, tanto em saturação operacional quanto tecnologicamente, resultado de processos morosos e burocráticos de estudos e implantação. Para transformar essa realidade em políticas de Estado resilientes e ágeis, necessita-se de uma abordagem contemporânea de estudos de médio e longo prazo de inteligência estratégica antecipativa, como o *Technology Foresight* (prospecção tecnológica), priorizando rotas tecnológicas promissoras cuja implementação seja apoiada por planos de trabalho objetivos e materializados por *Technology Roadmaps* (TRM). Essas metodologias permitem sistematizar cenários futuros plausíveis e desejáveis, conectando as camadas de mercado, produtos e tecnologias ao longo do tempo, identificando potencialidades e fraquezas e direcionando recursos de acordo com essas realidades.

Para destravar esse processo, é imperativo fortalecer o modelo da Tríplice Hélice, gerando cooperação intensiva entre Estado, indústrias e academia. Mecanismos legais previstos no Marco Legal da Inovação, como as Encomendas Tecnológicas (ETECs) e as Compras Públicas de Solução Inovadora (CPSI) — nas quais o setor público compartilha o risco tecnológico do desenvolvimento de soluções inéditas, superando a burocracia de termos de referência ineficazes e ampliando os critérios técnicos de contratação —, precisam ser amplamente difundidos e aplicados para dar celeridade e segurança jurídica e orçamentária aos projetos de infraestrutura.

RBT – A infraestrutura de transportes desempenha papel fundamental na integração do território nacional. De que forma investimentos em logística podem contribuir para reduzir desigualdades regionais, atrair investimentos e impulsionar o desenvolvimento econômico local?

Alexandre Euzebio – Terminais multimodais, em especial os portuários, funcionam como plataformas logísticas complexas e elos vitais de conexão que geram continuidade entre a hinterlândia produtiva e os mercados internacionais. Investir em logística significa expandir os benefícios socioeconômicos para além das fronteiras territoriais do país, impactando positivamente os municípios adjacentes na chamada relação porto-cidade. Quando aportamos inovações em infraestrutura, aumentamos a capacidade de atração de grandes conglomerados econômicos mundiais.

Um mecanismo de alto impacto regional é a estruturação das Zonas de Processamento de Exportação (ZPEs) e de Distritos Industriais contíguos às retroáreas portuárias. Eles atuam como verdadeiros hubs de atração de investimentos e inovação aberta, industrializando matérias-primas localmente, gerando emprego qualificado e inserindo economias regionais (que muitas vezes sofrem com o isolamento geográfico) diretamente nas cadeias globais de suprimentos de alto valor agregado. O plano da Nova Indústria Brasil (NIB) prevê pesados investimentos públicos na reindustrialização de setores estratégicos, incluindo o de infraestrutura, o que pode significar, a longo prazo, o desenvolvimento regional de *clusters* produtivos, independência tecnológica e aumento da demanda por capital humano qualificado.

RBT – Apesar dos avanços observados nos últimos anos, a matriz de transportes brasileira continua fortemente dependente do modal rodoviário. Quais medidas regulatórias, institucionais e de investimento seriam necessárias para acelerar a integração entre os modais rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo?

Alexandre Euzebio – A superação do gargalo da matriz rodoviária perpassa não somente por uma política que estrutura a transição para modais energeticamente mais eficientes e combustíveis sustentáveis, mas também pela digitalização massiva do fluxo de dados das cadeias de suprimentos e pela modernização regulatória. Precisamos de sistemas robustos de integração logística em tempo real, como os *Port Community Systems* (PCS), associados às plataformas de "Janela Única Portuária" (JUP) e "Porto Sem Papel" (PSP), permitindo que a informação logística trafegue de maneira desimpedida entre operadores, transportadores e órgãos fiscais. Isso gerará tomadas de decisão baseadas em dados concretos e assertivos de custos e prazos, objetivando a exploração da inter e da multimodalidade. Regulatoriamente, as agências precisam desatar os nós burocráticos e dar celeridade às concessões, arrendamentos e homologações de subsistemas intermodais que otimizem os tempos de transbordo, gerando aumento de eficiência, diminuição de custos e evitando a saturação das vias urbanas.

RBT – Tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas, automação, digitalização e análise de dados estão transformando a infraestrutura e a logística em todo o mundo. Quais dessas inovações tendem a produzir os maiores ganhos de eficiência e competitividade no Brasil nos próximos anos?

Alexandre Euzebio – O maior salto de competitividade virá do uso integrado das chamadas tecnologias habilitadoras 4.0 aplicadas ao conceito de sistemas inteligentes, como *smart cities, smart factories* e *smart ports*. O tripé fundamental consiste no sensoriamento por dispositivos IoT, no processamento avançado de dados e na atuação automatizada baseada na teoria de controle moderno. Cabe ressaltar que a implantação dessas tecnologias deve ser acompanhada de uma análise sociotécnica, gerando um Roadmap Tecnológico que estruture o desenvolvimento de novos mercados, tecnologias e capital humano, prevendo a requalificação da força de trabalho ativa, a capacitação das novas gerações e uma transição planejada e sustentável dos meios de trabalho.

RBT – A descarbonização dos transportes tornou-se uma prioridade global. Como conciliar a expansão da infraestrutura logística brasileira com as exigências ambientais, a transição energética e a manutenção da competitividade econômica?

Alexandre Euzebio – A resposta para essa equação está no alinhamento estratégico com as agendas ESG (*Environmental, Social, and Governance*) e ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), e na transição para os modelos Net Zero. Sistemas que não se adequarem às restrições socioambientais internacionais correm o risco iminente de perder grandes fatias de mercado onde o cumprimento dessas pautas já é mandatório. O Brasil possui uma vantagem competitiva intrínseca: uma matriz energética nativa com elevado potencial de fontes limpas.

Devemos direcionar investimentos de PD&I para a substituição de combustíveis fósseis nos equipamentos de transporte por energia fotovoltaica, eólica, biomassa e, fundamentalmente, pelo Hidrogênio Verde (H2V). Tecnologias de otimização de rotas e sistemas de eficiência energética aplicados aos sistemas inteligentes (*smarts*), como o próprio H2V, reduzem drasticamente as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). No ambiente terrestre, estruturas verticais de armazenagem (*high-bay storage*) mitigam o impacto da expansão espacial frente às restrições ecológicas locais.

RBT – A qualificação técnica é um dos pilares para o desenvolvimento sustentável da infraestrutura. Qual deve ser o papel das instituições de pesquisa, ensino e capacitação, como a Fundação CENEP Santos, na formação dos profissionais que irão liderar as transformações do setor nas próximas décadas?

Alexandre Euzebio – O papel de instituições como a Fundação CENEP Santos e as universidades públicas e privadas é atuar como a "Base de Ciência e Tecnologia", sendo a principal fonte de transferência de conhecimento do ecossistema de inovação aberta. A transformação digital promovida pela Indústria 4.0 desloca o perfil profissional exigido: atividades puramente manuais e braçais dão lugar à necessidade de competências complexas em ciência de dados, inteligência artificial, ética, gestão de projetos e processos.

Ao compreendermos a análise e a implantação de sistemas sociotécnicos, entendemos que a tecnologia e o elemento humano são indissociáveis. As instituições de ensino devem capacitar o trabalhador para operar nesse novo ambiente hiperconectado com metodologias de ensino modernas, por meio de laboratórios operacionais (*living labs*) e simuladores. O capital intelectual e o conhecimento prático já acumulados pelos trabalhadores das gerações correntes são os ativos mais preciosos do sistema; as instituições precisam requalificar essa força de trabalho, garantindo que o avanço tecnológico seja inclusivo, seguro e socialmente sustentável.

RBT – Se projetarmos o Brasil para 2040, quais características o senhor considera indispensáveis para que o país disponha de um sistema de infraestrutura e logística moderno, integrado, sustentável e compatível com suas necessidades de crescimento econômico e desenvolvimento social?

Alexandre Euzebio – Projetando o olhar para 2040, é indispensável que o Brasil tenha consolidado a sua visão de futuro, transformando o sistema de infraestrutura e logística em um protagonista global de soluções de alto valor. O país precisará alterar o paradigma de ser puramente consumidor de tecnologia para se tornar um desenvolvedor, posicionando-se na vanguarda do conhecimento de fronteira, com total alinhamento da CT&I às agendas ESG e ODS. Isso gerará reindustrialização nacional, independência tecnológica e benefícios socioeconômicos de longo prazo.

ARTIGO 1

DESCARBONIZAÇÃO DO PORTO DO ITAQUI: LEVANTAMENTO DA ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE CO_2 PELOS NAVIOS ENQUANTO ATRACADOS ENTRE 2022 E 2024

Dr. Clovis Bosco Mendonça Oliveira
Dra. Darliane Ribeiro Cunha
Msc. Vitor Renato Pereira Santos
(UFMA)

RESUMO

A crescente preocupação com as mudanças climáticas tem impulsionado o setor portuário a adotar estratégias para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nesse contexto, este estudo tem como objetivo estimar a quantidade de dióxido de carbono (CO_2) emitida pelos navios enquanto atracados no Porto do Itaqui, no período de 2022 a 2024, a fim de fornecer subsídios para a implementação de estratégias de descarbonização portuária. Para isso, foi adotada uma abordagem metodológica baseada na quantificação da pegada de carbono, etapa essencial para o desenvolvimento de um plano de mitigação de emissões. A pesquisa apresenta as particularidades operacionais do Porto do Itaqui, descrevendo os fatores que influenciam a emissão de CO_2, como tempo de atracação e consumo de energia elétrica pelos navios. Para a estimativa das emissões, foram utilizados métodos reconhecidos pela *International Maritime Organization* (IMO), aplicados aos dados operacionais fornecidos pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP). Os resultados reforçam a importância da implementação de medidas sustentáveis para a redução da pegada de carbono.

Palavras-chave: Palavras-chave: descarbonização portuária; pegada de carbono; onshore power supply; Porto do Itaqui; emissões de CO_2.

ABSTRACT

The growing concern with climate change has driven the port sector to adopt strategies aimed at reducing greenhouse gas (GHG) emissions. In this context, this study aims to estimate the amount of carbon dioxide (CO_2) emitted by ships while berthed at the Port of Itaqui between 2022 and 2024, in order to provide support for the implementation of port decarbonization strategies. To this end, a methodological approach based on the quantification of the carbon footprint was adopted, which represents an essential step for the development of an emission mitigation plan. The research highlights the operational particularities of the Port of Itaqui, describing the factors that influence CO_2 emissions, such as berthing time and ships' electricity consumption. For the estimation of emissions, methods recognized by the International Maritime Organization (IMO) were applied to operational data provided by the Maranhão Port Administration Company (EMAP). The results reinforce the importance of implementing sustainable measures to reduce the carbon footprint.

Keywords: Port decarbonization; Carbon footprint; Onshore power supply (OPS); Port of Itaqui; CO_2 emissions.

1. INTRODUÇÃO

O transporte marítimo representa cerca de 3% das emissões globais de CO_2 e pode causar impactos irreversíveis. Segundo a IMO (2020), até 2050 essas emissões podem crescer de 90% a 130% em relação a 2008, a depender do cenário.

No Brasil, o Relatório de Impactos e Riscos da Mudança do Clima nos Portos Públicos Costeiros, elaborado pela ANTAQ, alerta que as mudanças climáticas podem causar danos à infraestrutura portuária, afetar a cadeia de suprimentos e gerar perdas econômicas significativas. Para o Porto do Itaqui, Carvalho e Rodrigues (2024) projetam cinco cenários baseados nas emissões de GEE, indicando que, até 2100, o nível do mar pode subir entre 0,3 e 1,1 metros. Mesmo no cenário mais otimista, prevê-se a ocorrência de inundações temporárias em marés elevadas, comprometendo o acesso e as operações, além de aumentar a salinidade nos manguezais, com impactos à biodiversidade e às comunidades que dependem da pesca e do extrativismo. No presente, observa-se ainda que as correntes de ar podem transportar emissões portuárias em direção à cidade, como mostra a Figura 1 do Software Mentor, que simula a dinâmica meteorológica da região e evidencia a necessidade de estratégias de adaptação e mitigação.

Figura 1 - Representação matemáticas da dinâmica meteorológica na região portuária



Fonte: Vale (2025).

Observa-se que a preocupação com esse tema no setor marítimo é relativamente recente, uma vez que as regulamentações se intensificaram a partir do Anexo VI da Marine Polution (MARPOL), último tema a ser anexado na Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios, que entrou em vigor a partir de 2005. Desde então, foram proibidas instalações que contivessem hidrofluorcarbonetos, estipulou-se o teor de enxofre nos óleos combustíveis, foram estabelecidas as áreas de controle de emissão, entre outras ações (Convenção [...], 2005).

Em 2015, a ONU lançou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, com 17 objetivos e 169 metas, incentivando práticas sustentáveis em diversos setores. Desde então, houve crescimento na divulgação de iniciativas de Responsabilidade Social Corporativa por empresas (Cutrim; Robles, 2022), movimento também observado nos portos, dada sua influência econômica, social e ambiental sobre as cidades. Nesse contexto, a gestão ambiental portuária ganhou destaque, passando de uma resposta às exigências legais para uma estratégia que envolve eficiência energética, gestão de resíduos e uso otimizado de recursos naturais, medidas que reduzem impactos ambientais e, ao mesmo tempo, geram ganhos operacionais e redução de custos, consolidando-se como diferencial competitivo (Lemos, 2024).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Um aspecto fundamental para a instalação portuária é a estimativa das emissões de GEE geradas pelas operações de embarcações atracadas. Nesse contexto, o 3º e o 4º Greenhouse Gas Study da IMO desempenharam um papel essencial ao estabelecer a relação entre a geração de energia elétrica dos motores à combustão e o seu consumo específico de combustível (Specific Fuel Oil Consumption – SFOC).

Chen et al. (2021) conduziram coordenou uma pesquisa abrangente no Porto de Dalian, na China, analisando a relação entre as categorias de navios e o volume de CO_2 emitido durante o período de atracação. Os resultados ofereceram uma perspectiva significativa sobre o impacto ambiental de diferentes tipos de embarcações. Observou-se que, tanto no Porto de Dalian quanto no Porto do Itaqui, os navios de granel líquido são os principais responsáveis pela maior parcela das emissões de CO_2.

Além disso, Moreno-Gutiérrez et al. (2015) e o *UK Ship Emission Inventory* (Entec, 2010), com base nos dados compilados do Lloyd's MIU, apresentaram informações detalhadas sobre a demanda de potência dos motores auxiliares e os fatores de carga das embarcações por classe. Essas informações foram fundamentais para o avanço nos cálculos destinados a estimar a quantidade de energia consumida pelos navios enquanto atracados, contribuindo para uma melhor compreensão do consumo energético em operações portuárias.

3. METODOLOGIA

A investigação adotou uma abordagem combinada, integrando revisão bibliográfica e pesquisa de campo. A análise de publicações científicas permitiu compreender metodologias internacionais de estimativa de emissões de CO_2, enquanto a pesquisa em campo possibilitou avaliar sua aplicação no contexto local, por meio de entrevistas com profissionais marítimos e gestores portuários. Um dos principais desafios identificados foi o registro dos dados a bordo: a maioria dos navios anota apenas valores agregados de geração de energia e consumo de combustível nos diários de bordo, sem segmentação detalhada. Embora as informações possam ser visualizadas em tempo real, não são armazenadas digitalmente, o que limita análises retrospectivas e restringe estudos futuros sobre o desempenho operacional das embarcações.

Figura 2 - Visita Técnica a bordo de um navio



Fonte: O autor, a partir de dados da pesquisa.

Após a realização das entrevistas na área operacional, iniciou-se o levantamento quantitativo das operações portuárias ocorridas entre 2022 e 2024, através da Ouvidoria da Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP), que disponibilizou os dados de hora da atracação e desatracação, *deadweight* e tipo de carga de cada navio que operou nesse período.

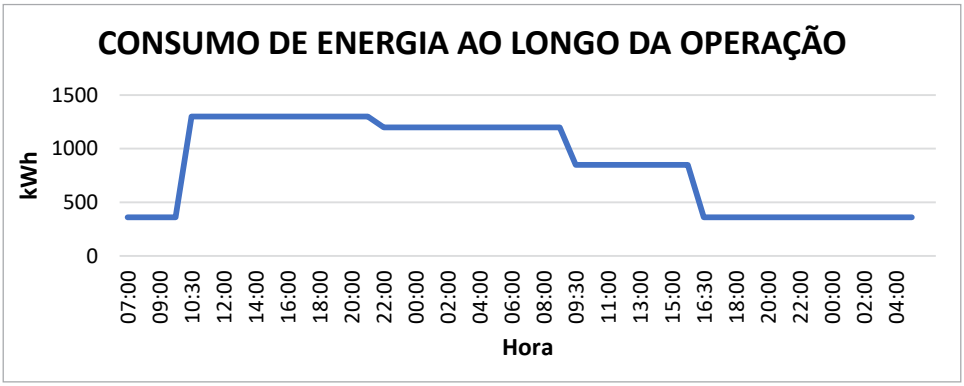
3.1. Consumo de energia do navio

Durante as operações de carga e descarga, o navio precisa manter em funcionamento sistemas industriais e de apoio à tripulação, como controle de lastro e bombas, equipamentos de emergência, guindastes, movimentação das tampas dos porões, tensão dos cabos, além de computadores, comunicação, refrigeração e iluminação. Essa sistemática depende de energia elétrica, gerada pelo próprio navio.

Conforme Casseres (2018), normalmente a energia elétrica consumida a bordo dos navios é fruto de geradores conectados a motores de combustão interna, que são chamados de motores de combustão auxiliar (MCA), o motor relacionado à propulsão atribui-se o nome de motor principal (MP). Enquanto o navio está atracado, a energia elétrica é suprida pelos MCA e durante a navegação a geração é dividida com o MP.

No Gráfico 1 é ilustrado o perfil do consumo de energia não acumulado por hora, ou seja, a potência média horária, de um navio visitado durante a pesquisa de campo em uma operação de carregamento de granel sólido entre a atracação e desatracação. Observa-se um pico por volta das 11:00 horas, momento esse em que inicia o carregamento e o imediato precisa começar o deslastre do navio, assim, conforme o carregamento foi progredindo e o lastro finalizando, menos foi exigido das bombas, até que entre 16:00h e 17:00 horas do dia seguinte o deslastre já foi praticamente finalizado, nesse intervalo, acontece o processo de *stripping*, momento em que as bombas principais não conseguem mais extrair a água e o residual é retirado por uma bomba menor, a mesma que é usada no sistema de refrigeração. Visualiza-se, então, que o consumo de energia é relativo ao progresso da operação.

Gráfico 1 - Perfil de consumo de energia ao longo do carregamento



Fonte: O autor, a partir de dados da pesquisa.

Na situação acima, o fator principal para o consumo de energia elétrica do navio são as bombas de lastro, que têm a função de retirar água dos tanques de lastro com a finalidade de manter a estabilidade e os esforços da estrutura dentro do limite aceitável, enquanto, o navio carrega. Essa é uma característica presente nos navios de granel sólido, quando são carregados com altos fluxos de tonelada de carga por hora.

É fundamental compreender como o navio se comporta durante a operação e em qual categoria se enquadra, conforme o tamanho da embarcação e o tipo de carga movimentada, pois são fatores que irão determinar o consumo de energia e, consequentemente, o potencial de emissão de CO_2 enquanto atracado.

3.2. Estimativa de emissão

Existem várias metodologias para estimar emissões, mas este trabalho adota a do *Fourth GHG Study* (IMO, 2020), por ser elaborada pelo principal órgão regulador marítimo internacional e apresentar a amostragem mais abrangente de embarcações. Desde janeiro de 2019, a IMO exige que navios acima de 5.000 dwt reportem dados de consumo de combustível, distância percorrida e horas de navegação no *Data Collection System* (DCS), utilizados no cálculo do *Carbon Intensity Indicator* (CII) e do SEEMP. Assim, a IMO concentra as principais ferramentas e informações, além de orientar as metas globais de redução de CO_2.

Para estimar as emissões de CO_2 o *Fourth GHG Study* (International Maritime Organization, 2020) utiliza o seguinte raciocínio para o intervalo de tempo enquanto atracado: primeiro estima-se o consumo de energia elétrica do navio (Equação 1), em seguida estima a quantidade de combustível que foi consumido pelos motores auxiliares para gerar energia elétrica (Equação 2) e por fim, converte o montante de combustível em potencial de emissão de CO_2 através do fator de emissão do combustível utilizado pelo navio (Equação 3).

$$P_{C\,i} = P_{aux\,i} \times LF \times t_i^{berth} \quad (1)$$

$$FC_i^{berth} = P_{C\,i} \times SFOC_i^{aux} \quad (2)$$

$$TE_{\varepsilon\,i} = \Sigma FC_i^{berth} \times EC_n^{diesel} \quad (3)$$

i – categoria do navio

PC – Consumo de energia (kWh)

LF – Fator de carga (%)

t_{berth} - Tempo atracado (h)

FC – Consumo de combustível (t)

P_{aux} – Potência Auxiliar (kW)

$SFOC_{aux}$ – Consumo específico do motor auxiliar (g/kWh)

$TE\varepsilon$ - Emissões Liberadas (t)

EC^{diesel} – Coeficiente de emissão do óleo diesel (g CO_2/g Combustível)

4. RESULTADOS

Vidal (2021) e a IMO (2020) indicam que, para estimar emissões de CO_2, deve-se considerar o uso de MGO/MDO nos motores auxiliares, por serem combustíveis de baixo teor de enxofre. Neste trabalho, além desse cenário otimista, também foram consideradas emissões com Heavy Fuel Oil (HFO), prática ainda observada em algumas embarcações, configurando um cenário mais pessimista. O interesse em calcular a pegada de carbono nos portos é recente e, no Brasil, o primeiro a elaborar um Plano de Descarbonização foi o Porto do Itaqui, em parceria com a Fundação Valenciaport, abrangendo os escopos 1, 2 e 3. O projeto iniciou em setembro de 2023 e foi entregue à comunidade portuária em outubro de 2024.

Quadro 1 - Comparação entre os resultados obtidos por ValênciaPort e Conexão Verde (Universidade Federal do Maranhão – UFMA)

Instituição / Categoria do Navio	Navios Atracados	Horas Operadas (mil horas)	Combustível Consumido (kt)	CO_2 emitido pelos motores auxiliares (kt)
ValênciaPort	997	66.19	5.34	16,65
Conexão Verde (UFMA)	998	66.21	5.51	16,76

Fonte: O autor, a partir de dados da pesquisa realizada.

4.1. Panorama geral de 2022

O dashboard apresentado na Figura 03 refere-se a um panorama geral do ano de 2022. Aponta-se que ocorreram 998 operações, abrangendo estivagem, desestivagem e abastecimento de navios. Assim, em valores aproximados, totalizou-se 66,2 mil horas de operação, resultando em um consumo energético de 28,25 GWh.

No que se refere ao consumo de combustível, observa-se um total de 5,23 kt de MDO/MGO ou 5,51 kt de HFO, os quais geraram, respectivamente, 16,76 kt e 17,16 kt de CO_2 emitidos na atmosfera (Figura 03).

Em 2022, quase metade dos navios que atracaram eram de granel sólido, representando aproximadamente 48% do total. Em seguida, os navios de granel líquido, juntamente com os gaseiros, somaram cerca de 44%. Em menor proporção, os navios de carga geral representaram 5,7%, enquanto os navios de contêiner registraram movimentações mais discretas, correspondendo a 3,2% do total (Figura 03).

Figura 03 – Panorama Geral de 2022



Fonte: O autor, a partir de dados recebidos da EMAP, durante a pesquisa de campo.

Apesar de haver mais operações com navios de granel sólido, observa-se que, segundo as estimativas, os navios de granel líquido lideram na emissão de CO_2. Esse fato ocorre devido à maior necessidade de consumo de energia elétrica para manter suas funções, o que, consequentemente, resulta em um consumo superior de combustível e, proporcionalmente, em uma maior emissão de CO_2 (Abu Bakar, 2023). Esse mesmo fenômeno foi observado no ano seguinte.

As emissões por berço mostram que os berços 104, 106 e 108, voltados para granel líquido, são sempre os maiores emissores de CO_2. Em contrapartida, o berço 101 é o menor emissor nos três anos, devido à operação de navios de granel sólido e à profundidade limitada de 12 m, que restringe o calado a 11,5 m. O berço 102 compartilha a limitação de profundidade, mas sua estrutura versátil permite atracação de navios de contêiner, carga geral e granel líquido, aumentando sua demanda energética.

4.2. Panorama geral de 2023

No dashboard (Figura 04) que em 2023, houve 1.043 atracações, movimentando principalmente granéis sólidos e líquidos, somando o total de 70,91 mil horas de operação.

Possibilita-se identificar que no Porto do Itaqui em 2023 predominaram os navios de granel sólido, contabilizando o total de 549 atracações, aproximadamente 53% do total. Tais navios movimentaram cargas como: milho, soja, fertilizante, cobre e manganês. Em seguida, com aproximadamente 40% das atracações, há os navios tanque, transportando diesel, gasolina, álcool etc. E, em quantidade mais discretas, tem-se os navios de carga geral o qual condizem a 6,23% das operações, transportando cargas como celulose, trilho, fertilizante em big bag, cargas de projeto dentre outras. Durante estas operações, estima-se que foram queimados pelos motores auxiliares cerca de 5,44 kt de MGO/MDO e 5,44 kt de HFO, que resultaram entre 17,44 kt e 17,86 kt de dióxido de carbono (Figura 04).

Figura 4 - Panorama Geral de 2023



Fonte: O autor, a partir de dados recebidos da EMAP, durante a pesquisa de campo.

4.3. Panorama geral de 2024

A análise dos dados apresentados no dashboard (Figura 05) evidencia a realização de 986 operações ao longo do ano de 2024, abrangendo atividades de carga e descarga de navios. O tempo total de operação registrado foi de aproximadamente 67,28 mil horas, o que resultou em um consumo energético de 28,45 GWh.

No que se refere ao consumo de combustível, verificou-se um total de 4,26 kt de MDO/MGO ou 5,55 kt de HFO, os quais refletem respectivamente, em 16,88 kt e 17,28 kt de CO_2 emitidos na atmosfera (Figura 05).

Observa-se que a emissão de gases poluentes também está diretamente relacionada às horas de operação no berço. De acordo com as estimativas, as operações realizadas em 2024 emitiram uma quantidade inferior de poluentes em comparação ao ano anterior. Esse resultado pode ser atribuído, em grande parte, à redução de aproximadamente 1,25 mil horas de operação dos navios de granel líquido, que representam a maior parcela das emissões.

Figura 5 - Panorama Geral de 2024



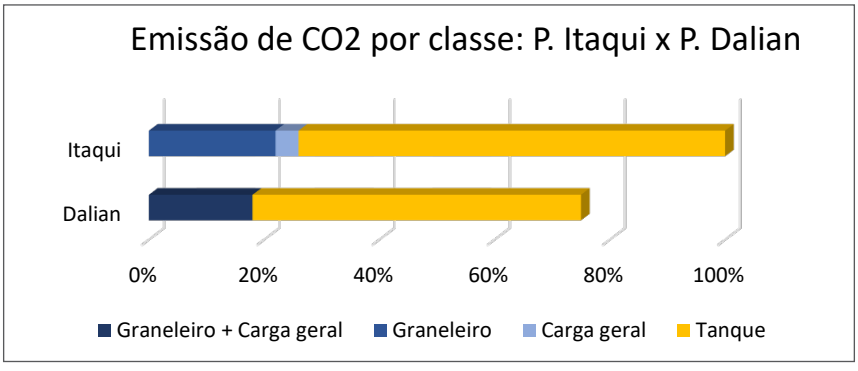
Fonte: O autor, a partir de dados recebidos da EMAP, durante a pesquisa de campo.

4.4. Emissão de CO_2 no Porto do Itaqui

Estimou-se que os navios atracados no Porto do Itaqui entre janeiro de 2022 e dezembro de 2024 emitiram entre 51,08 kt e 52,29 kt de CO_2. Como o fator de emissão depende do combustível consumido, proporcional à potência demandada e ao consumo específico, os berços destinados ao granel líquido apresentaram as maiores emissões.

Chen et al. (2021) realizaram um estudo no Porto de Dalian, nordeste da China, estimando as emissões de CO_2 durante o fundeio, manobras e tempo atracado. Utilizando dados do Automatic Identification System (AIS), o autor determinou o tempo de permanência dos navios no berço e identificou maior emissão entre navios-tanque, situação semelhante à do Porto do Itaqui. A comparação entre Dalian e Itaqui mostra proporções semelhantes para navios de carga geral e graneleiros, enquanto no caso de Dalian as demais emissões se distribuem entre navios de passageiros, contêineres e rebocadores (Gráfico 02).

Gráfico 2 - Emissão de CO_2 por classe: P. Itaqui x P. Dalian



Fonte: O autor, a partir de dados recebidos da EMAP e de Chen et al. (2021).

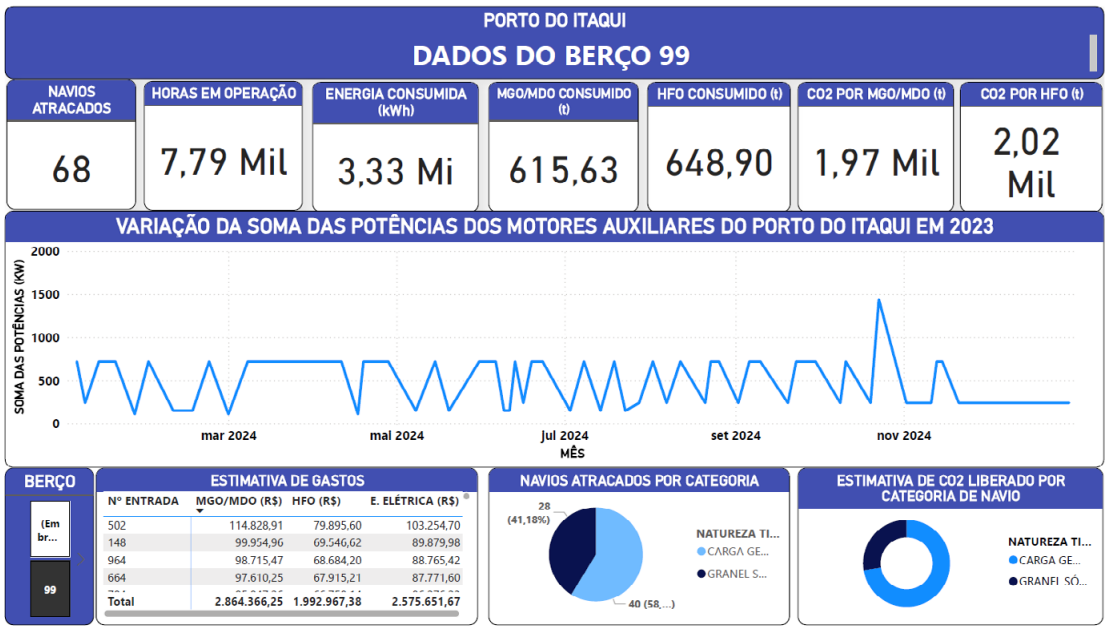
Analisando o Porto do Itaqui por berço, o 106 foi campeão, teve 337 navios atracados, e durante as 23,51 mil horas de operação, estima-se que emitiu entre 10,79 kt e 11,06kt de CO_2. Seguindo o rank tem-se os berços 108, 104, 99, 100, 102, 103, 105, e por último o berço 101.

O último colocado é equipado com uma superestrutura voltada para a movimentação de fertilizante. No berço, atracam navios de granel sólido, cuja potência dos motores varia entre 110 kW e 720 kW, segundo a IMO 2020. Nesse mesmo período, avalia-se que foram consumidas cerca de 733 t toneladas de MGO/MDO e 772 t de HFO, que acarretou entre 2,35 kt e 2,41 kt de CO_2, em aproximadamente 23 mil horas de operação.

Segundo Rojas (2014), o custo com combustível representa uma das principais parcelas na precificação do frete marítimo. Em 24/03/2025, os preços médios no Porto de Santos foram de R$ 4.652,76/t para MGO/MDO e R$ 3.071,28/t para HFO, com o dólar cotado a R$ 5,73 (Ship & Bunker; Banco Central do Brasil). Utilizando-se equações que estimam o consumo durante a atracação, é possível calcular o gasto energético das embarcações. Para comparação, considera-se o uso de energia elétrica proveniente de terra, com base na Resolução Normativa nº 1000 da ANEEL e nas tarifas industriais da Equatorial, que variam de R$ 0,56 a R$ 1,57/kWh, resultando em um valor médio de R$ 0,774/kWh. Ressalta-se que o estudo não tem como objetivo a análise de viabilidade econômica.

Após a compreensão dos fatores citados acima, é possível gerar outro dashboard com foco em cada berço do Porto do Itaqui, baseado no cenário de 2024, como o exemplo da figura 06.

Figura 6 - Panorama do Berço 99 em 2024



Fonte: O autor, a partir de dados recebidos da EMAP, durante a pesquisa de campo.

5. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo estimar as emissões de CO_2 dos navios atracados no Porto do Itaqui entre janeiro de 2022 e dezembro de 2023, integrando o Projeto Conexão Verde, que avalia a viabilidade do OPS. Os resultados apontam a emissão de cerca de 51,08 mil toneladas de CO_2 em três anos, evidenciando a necessidade de soluções sustentáveis. A mensuração das emissões é o primeiro passo para a descarbonização, possibilitando a formulação de um plano estratégico que inclua não apenas o OPS, mas também ações como conscientização dos operadores, uso de combustíveis alternativos e políticas tarifárias diferenciadas. A relevância do estudo estende-se ao setor portuário nacional, pois a metodologia pode ser replicada em outros portos, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais das atividades marítimas.

REFERÊNCIAS

ABU BAKAR, Nur Najihah et al. Electrification of onshore power systems in maritime transportation towards decarbonization of ports: A review of the cold ironing technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 178, p. 113243, maio 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica; revoga as Resoluções Normativas ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010; nº 470, de 13 de dezembro de 2011; nº 901, de 8 de dezembro de 2020 e dá outras providências. Brasília, DF: Aneel, 2021. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html. Acesso em: 15 jan. 2025.

CARVALHO, Ana Carolina Coutinho; RODRIGUES, Taíssa Caroline Silva. Impactos das mudanças climáticas na bacia hidrográfica do itaqui: avaliação do aumento do nível do mar. **IOSR Journal of Business and Management**, New York, v. 26, n. 10, p. 36-43, 2024. Disponível em: https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol26-issue10/Ser-11/F2610113643.pdf. Acesso em: 24 mar. 2025.

CASSERES, Eduardo Miranda Müller Drumond. **Potencial de mitigação das emissões de CO2 do transporte marítimo internacional: uma análise baseada em cenários para o caso dos navios-tanque de petróleo bruto**. 2018. 185 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12263/1/EduardoMirandaMullerDrumondCasseres-min.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

CHEN, Shukai et al. An operational-mode-based method for estimating ship emissions in port waters. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [S. l.], v. 101, p. 103080, Dez. 2021.

CONVENÇÃO Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios. [S. l.], 2005. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/ccaimo/marpol#:~:text=A%20Convenção%20Internacional%20para%20a,daquelas%20substâncias%20no%20ar%20e. Acesso em: 12 nov. 2024.

CUTRIM, Sérgio Sampaio; ROBLES, Leo Tadeu (org.). **Manifesto: ESG portuário.** São Luís: Editora da UFMA, 2022. E-book.

ENTEC. **UK Ship Emission Inventory: final report.** [S. l.], 2010. Disponível em: https://uk-air.defra.gov.uk/reports/cat15/1012131459_21897_Final_Report_291110.pdf. Acesso em: 15 mar. 2024.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Fourth Greenhouse Gas Study 2020.** London: IMO, 2020. Disponível em: https://www.imo.org/en/ourwork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx. Acesso em: 10 set. 2024.

LEMOS, Luane. **Manual de gestão ambiental portuária.** 2. ed. Curitiba: Editora Appris, 2024.

MORENO-GUTIÉRREZ, Juan et al. Methodologies for estimating shipping emissions and energy consumption: a comparative analysis of current methods. **Energy**, [S. l.], v. 86, p. 603-616, 2015.

ROJAS, Pablo. **Introdução à logística portuária e noções de comércio exterior.** Porto Alegre: Bookman, 2014.

VIDAL, Leonardo de Carvalho. **Análise de viabilidade econômica e ambiental da utilização de energia elétrica com sistema Shore Power em um contexto para instalações portuárias Brasileiras.** 2021. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2021. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/bitstream/123456789/3330/1/Tese_2022026.pdf. Acesso em: 10 nov. 2024.

ARTIGO 2

ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO PORTUÁRIA BRASILEIRO: ANÁLISE E ALINHAMENTO CONCEITUAL

Alexandre Euzebio
MSc. (USP)

Caio Teissiere Moretti
MSc. (Unifesp)

RESUMO

O ecossistema de inovação portuária brasileiro é sui generis, dada a sua complexidade e amplitude de processos e atores envolvidos, e necessita de um arranjo adequado para propiciar um ambiente seguro, eficiente e propício à inovação. Ressalta-se a relevância deste ecossistema, uma vez que os portos desempenham um importante papel na corrente de comércio do país e seu desenvolvimento tecnológico impacta na eficiência da cadeia de valor de todos os setores da economia. Para tornar-se e manter-se competitivo face às demandas mundiais de conformidade socioambientais, de segurança e produtividade, seguindo outros países que utilizaram a inovação como diferencial competitivo, justifica-se uma análise do cenário atual e ações de alinhamento conceitual trazidas do estado da arte disponíveis na literatura e das boas práticas e diretrizes de benchmarking dos casos de sucesso pesquisados. Para se atingir esse objetivo foi realizada uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, instrumentalizada pela pesquisa bibliográfica e documental para o levantamento e análise do cenário atual. A partir deste levantamento foi realizada uma análise crítica da literatura com propostas de alinhamento conceitual para o arranjo do ecossistema de inovação portuária que propicie um ambiente de inovação com o estado da arte evidenciado na literatura e que otimize o desenvolvimento tecnológico portuário e consequente desenvolvimento socioeconômico nacional. Os resultados apontam uma cultura de inovação incipiente, políticas deficitárias e forte dependência tecnológica externa. Com isso foram propostas ações de alinhamento conceitual que conduzam ao atendimento dessas deficiências.

Palavras-chave: Ecossistema de Inovação; Inovação Portuárias; Tecnologia Portuária.

ABSTRACT

The Brazilian port innovation ecosystem is sui generis due to its complexity and the wide range of processes and actors involved. This study emphasizes the need for an appropriate systemic arrangement to create a secure, efficient, and favorable environment for innovation. The relevance of this ecosystem is highlighted, as ports play a crucial role in the impacts on trade flow, and their technological development impacts the logistical efficiency of all economic sectors.To become and remain competitive in the face of global demands for socio-environmental compliance, safety, and productivity, following the path of other countries that have used innovation as a competitive advantage, an analysis of the current scenario and conceptual alignment actions is justified. These actions are drawn from the state of the-art literature and from benchmarking successful case studies. The research conducted was of an applied nature, with a qualitative and explanatory approach, using bibliographic and documentary research to survey and analyze the current scenario across the dimensions of: culture, policy, and innovation strategy. Based on this survey, a critical analysis of the literature was performed, and conceptual alignment actions were proposed for the port innovation ecosystem's arrangement. The goal is to create an innovative environment that aligns with the state of the-art evidenced in literature, thereby optimizing port technological development and, consequently, national socioeconomic development. The results indicate an incipient innovative culture, deficient policies, and a strong dependence on external technology. Consequently, we proposed conceptual alignment actions to address these deficiencies.

Keywords: Innovation Ecosystem; Port Innovation; Port Technology.

1. INTRODUÇÃO

A inovação constitui um fator determinante para a competitividade em qualquer setor econômico, e no contexto portuário especialmente. Joseph Schumpeter (1934) foi um dos primeiros a trazer a inovação para o centro da análise econômica, destacando seu papel como motor de desenvolvimento ao criar e encerrar ciclos de vida de produtos e serviços – denominado como destruição criativa, com impactos diretos e indiretos em toda a economia.

No âmbito portuário, a inovação tecnológica tem sido apontada como elemento-chave para a geração de valor, promovendo benefícios socioeconômicos como o aumento da segurança, a resiliência da infraestrutura, a redução de emissões e a criação de empregos (Carbone; Martino, 2003). Os portos, enquanto elos essenciais das cadeias globais de comércio, exercem influência direta sobre a eficiência logística de toda a economia nacional (Notteboom; Rodrigue, 2008). Para se manterem competitivos frente às crescentes exigências internacionais de conformidade socioambiental, segurança e produtividade, os portos brasileiros devem adotar a inovação como diferencial competitivo (Fraga; Silva, 2019).

Nesse cenário, os chamados *smart ports* ou portos 4.0 emergem como resultado da adaptação de tecnologias da Indústria 4.0, maximizando a eficiência de processos (Acciaro et al., 2020).

O ecossistema de inovação portuária brasileiro, é *sui generis* dada sua complexidade e diversidade de processos, agentes e relações na rede, exigindo arranjos institucionais e colaborativos adequados para promover um ambiente propício à inovação (Notteboom; Rodrigue, 2008). Enfrenta, sobretudo, desafios relacionados tanto à absorção de tecnologias provenientes de outros setores quanto ao desenvolvimento de soluções próprias (Cohen; Levinthal, 1990). A chamada capacidade de absorção, entendida como a habilidade de identificar, assimilar, difundir e explorar conhecimentos do ambiente externo.

A pesquisa que sustenta este estudo é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, com objetivo exploratório e fins explicativos, instrumentalizada pela pesquisa bibliográfica e documental para o levantamento e análise do cenário atual nas dimensões da: cultura, política e estratégia de inovação portuária.
A partir deste levantamento foi realizada uma análise crítica da literatura sendo propostas ações de alinhamento conceitual para o arranjo do ecossistema de inovação portuária que propicie um ambiente de inovação com o estado da arte evidenciado na literatura e que otimize o desenvolvimento tecnológico portuário e consequente desenvolvimento socioeconômico nacional. Nesse sentido, a questão norteadora da investigação foi: qual o arranjo ideal para o ecossistema de inovação portuária brasileiro que possibilite a construção de um ambiente seguro e eficiente de inovação, capaz de otimizar o desenvolvimento tecnológico e promover, como consequência, o desenvolvimento socioeconômico nacional?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Inovação

As inovações tecnológicas na produção de bens e serviços, as novas combinações de negócios e métodos produtivos podem ser usadas como vantagens competitivas (PORTER, 1989). Responsável por trazer a inovação para o centro da discussão econômica, Schumpeter (1934) já indicava o potencial das inovações em criar e encerrar ciclos de vida de produtos e serviços com impactos diretos e indiretos em todos os setores da economia,

Segundo a OCDE (2018), no Manual de Oslo 4ª edição, a inovação é um produto ou processo novo ou aprimorado, que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores.

Porter (1989) ressalta seu papel na criação de vantagem competitiva, gerando valor superior ao custo e dificultando a imitação (Porter, 1989; Barney, 2001). Essa vantagem, segundo Bharadwaj et al. (1993), é sustentável quando as estratégias inovadoras criam valor de difícil replicação por concorrentes.

No setor portuário, a inovação gera valor por meio de infraestrutura resiliente, segurança, redução de emissões e empregos (Mendes Constante et al., 2023). A transformação digital impulsiona a evolução para os *smart ports*, que utilizam tecnologias da Indústria 4.0 para otimizar operações, resultando em maior produtividade e conformidade socioambiental (Demming, [s.d.]; González-Cancelas et al., 2020).

A análise e o levantamento de atores e suas escolhas são cruciais para o desenvolvimento tecnológico e científico, uma vez que a prospecção tecnológica e a construção de cenários são ferramentas estratégicas para antecipar e orientar ações (Zackiewicz & Salles Filho, 2001; Grupo de Excelência em Processo Prospectivo e Construção de Cenários do CRA/SP, 2018).

2.2 Ecossistema de inovação

Segundo Adner (2006) e Gomes et al. (2022), um ecossistema de inovação é uma comunidade econômica interativa, onde organizações e indivíduos coevoluem, competem e, ao mesmo tempo, colaboram para a cocriação de valor. Essa interconexão ampla entre diversos atores, como empresas, institutos de pesquisa e governos – denominado como tríplice hélice – (Etzkowitz e Leydesdorff, 1990) este arranjo impulsiona o empreendedorismo e a competitividade (Moore, 2006; Spinosa et al., 2015).

O ecossistema portuário, caracterizado por sua diversidade de atores enfrenta desafios como a necessidade de desenvolver soluções próprias e a capacidade de absorção, definida por Cohen e Levinthal (1990) como a habilidade de assimilar, ampliar, difundir e explorar conhecimentos provenientes de fontes externas. A inovação nesse setor exige a adoção de um modelo de inovação aberta (Chesbrough, 2003), permitindo o compartilhamento de conhecimento e tecnologias (De Langen et al., 2019; Nicotra et al., 2014; Souza et al., 2022). Nesse contexto, a Autoridade Portuária tem um papel de liderança

para coordenar o desenvolvimento do ecossistema (World Bank, 2021). A capacidade de absorção é um fator crítico para uma empresa, pois determina sua habilidade de reconhecer, assimilar e integrar o conhecimento externo em suas atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) (Nicotra et al., 2014).

2.3 O sistema portuário nacional e a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I)

A cooperação entre os diversos atores do setor portuário é essencial para a implementação de inovações e o aumento da competitividade (BID, 2023; Cohen; Levinthal, 1990). A inovação não é um processo isolado, mas depende de uma interconexão entre empresas, governos e institutos de pesquisa. Indicadores como investimentos em novas tecnologias e o crescimento de *startups* portuárias são cruciais para medir a inovação no setor (Mendes Constante et al., 2023).

De acordo com o World Bank (2003) a administração portuária varia em modelos, como o *Public Service Port*, totalmente público, e o *Private Service Port*, inteiramente privado. Entre eles, destacam-se o *Tool Port*, onde a autoridade portuária mantém a infraestrutura, mas a operação é privada, e o Landlord Port, considerado o mais equilibrado (Vieira; Gilberto; Mota, 2018), no qual a autoridade pública aluga os terminais a operadores privados. A natureza jurídica da autoridade portuária influencia a adoção de práticas inovadoras. Nesse contexto, a autoridade deve atuar como líder e facilitadora do ecossistema de inovação (Schreiber et al., 2022), uma estratégia já adotada por portos de referência como Roterdã e Cingapura.

No campo das políticas estruturantes da inovação, Ariente et al. (2025) citam que existem vários instrumentos jurídicos e econômicos disponíveis para fomentar e produzir segurança jurídica ao ecossistema de inovação, entre alguns podem ser citados:

(i) incentivos tributários, destacam-se a Lei do Bem, a Lei da Informática, o Programa Mover e o Regime Tributário para Incentivo à Modernização e à Ampliação da Estrutura Portuária (Reporto), prorrogado até 2028, que suspende tributos sobre aquisição de equipamentos, facilitando a renovação de ativos; (ii) No campo do (ii) financiamento, existem créditos reembolsáveis e não reembolsáveis oferecidos pela Finep, BNDES, Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs) e Embrapii. Também há mecanismos de (iii) compras públicas de inovação, como Encomendas Tecnológicas, Contratação Pública de Solução Inovadora (CPSI) e a aplicação de Margens de Preferência para fabricantes nacionais em licitações.

Complementarmente, quanto: à (iv) cooperação institucional, a Lei de Inovação autoriza convênios entre órgãos públicos, empresas e universidades para P&D, prestação de serviços técnicos e compartilhamento de infraestrutura e recursos humanos; aos (v) ambientes promotores de inovação, a mesma legislação prevê a criação de Alianças Estratégicas, incentivo ao empreendedorismo e fortalecimento de parques tecnológicos, incubadoras e cidades inteligentes; e quanto à (vi) assistência técnica especializada, os programas do Sebrae e do Senai oferecem mentorias, serviços técnicos e acesso a laboratórios para testes e validações.

No âmbito contratual, destacam-se ainda: (vii) cláusulas de investimento obrigatório em P&D, a serem inseridas em contratos de concessão e permissão de terminais portuários, à semelhança de setores como energia e eletricidade; e (viii) cláusulas de compensação comercial (offset), aplicáveis a contratos

de aquisição de maquinário de alto valor, obrigando fornecedores estrangeiros a transferir tecnologia ou produzir parte dos equipamentos no Brasil, como já ocorre no setor de Defesa, e.g. no caso da aquisição de caças pelo governo brasileiro junto a uma fabricante sueca que previa transferência de conhecimento à Embraer e produção parcial em território nacional (Ipea, 2019).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa que sustenta este estudo é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, com objetivos exploratórios e fins explicativos, instrumentalizada pela pesquisa bibliográfica e documental para o levantamento e análise do cenário atual nas dimensões da: cultura, política e estratégia de inovação.

Foi conduzido um levantamento bibliográfico nas bases de dados *Google Scholar, Web of Science* e *Scopus*, no período de 1 de julho de 2025 a 10 de agosto de 2025, com os filtros: (i) período: < 10 anos; (ii) tipo: artigos e conference papers; (iii) acesso: *open access;* (iv) *Search Fields: topic (title, abstract and keyword)*.

Os *strings* de busca foram os seguintes: (i) *port OR seaport OR terminal port AND innovation;* (ii) *innovation AND ecosystem;* (iii) *port OR seaport OR terminal port AND technolog*. Resultando em 1258 documentos.

Para o levantamento documental foram conduzidas pesquisas no mecanismo de busca do Google e Google Scholar com os termos: (i) inovação portuária; (ii) tecnologia portuária; (iii) ecossistemas de inovação brasileiro, resultando em cinco documentos selecionados.

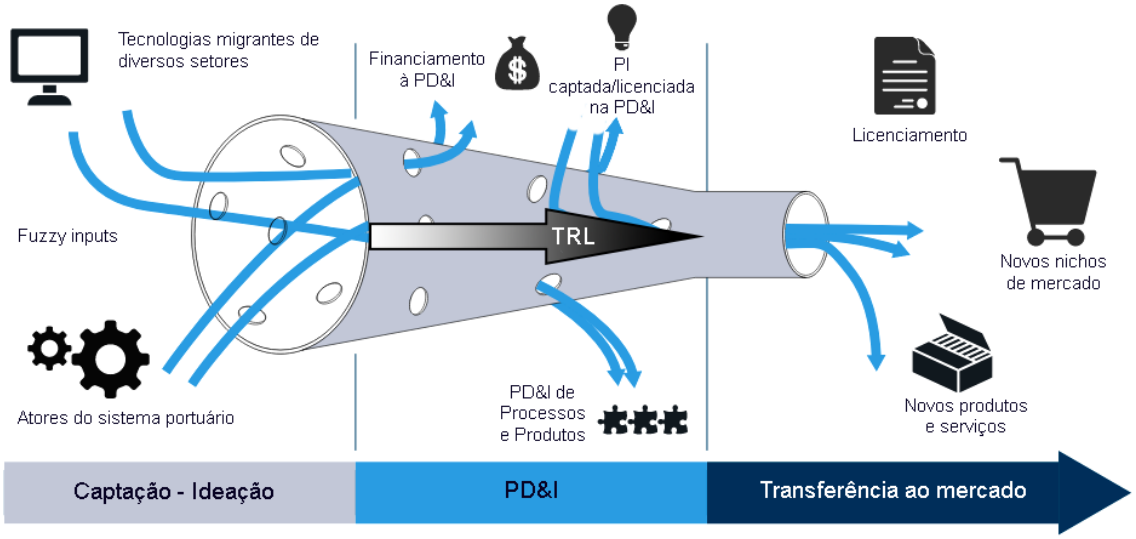
Foram selecionados pelo critério de relevância das plataformas *WoS* e *Scopus* os cem (100) artigos mais relevantes da lista. Após a leitura dos abstracts, selecionou-se vinte e um documentos, procedeu-se a execução do método de *snow ball* e a inclusão de cinco (5) documentos referenciados nos documentos achados no *corpus* primário. O *corpus* final foi composto por vinte e seis (26) artigos de periódicos e cinco (5) documentos sem revisão de pares, todos listados na seção Referência.

A partir deste levantamento foi realizada uma análise crítica da literatura e propostas ações de alinhamento conceitual para o arranjo do ecossistema de inovação portuária que propicie um ambiente de inovação com o estado da arte evidenciado na literatura e que otimize o desenvolvimento tecnológico portuário e consequente desenvolvimento socioeconômico nacional.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo de inovação aberta para o ecossistema portuário, associado aos modelos de Docherty (2006) e Silva, Bagno e Salerno (2013), ilustrado na Figura 1, que visam captar conhecimento e demandas para o processo de PD&I com fronteiras permeáveis, permitindo o fluxo bidirecional de tecnologias e a transferência de inovações para o mercado. Esse modelo busca gerar (i) investimentos em novas tecnologias, (ii) crescimento de *startups* especializadas e (iii) aumento da competitividade do porto e sua comunidade logística (BID, 2023), sendo fundamental o estabelecimento de um ambiente colaborativo para impulsionar a transformação em portos inteligentes. Para tanto, é essencial promover (i) a cooperação intensiva para inovação no ambiente portuário, (ii) impactar positivamente a competitividade do porto e seus stakeholders e (iii) habilitar fatores que incentivem a inovação (BID, 2023).

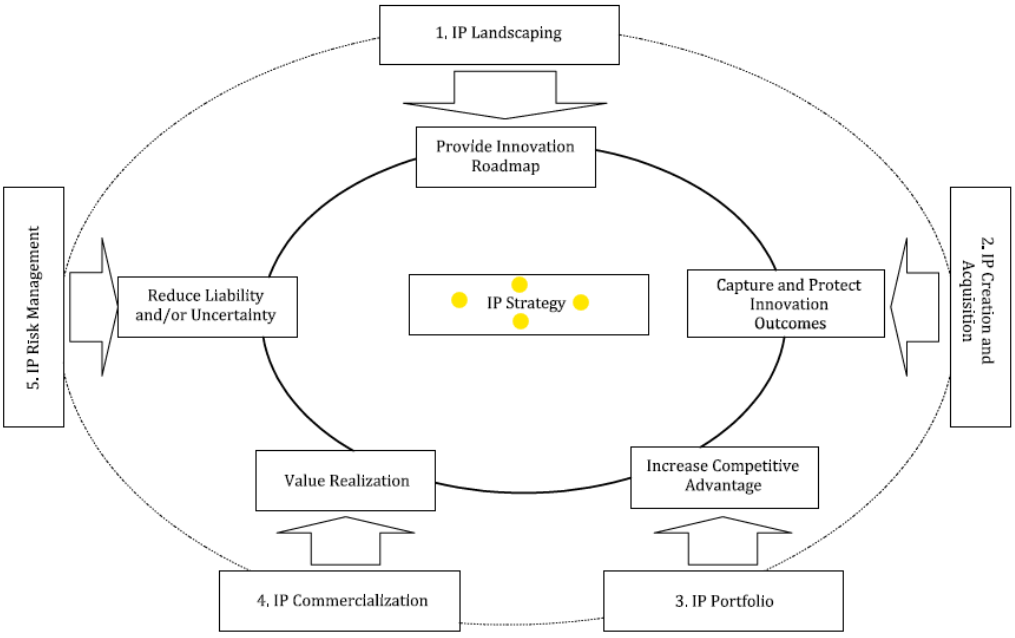
Figura 1: Modelo proposto de ecossistema de inovação portuária brasileiro.



Fonte: Adaptado pelos Autores de (BID, 2023; Docherty, 2006; Silva; Bagno; Salerno, 2013).

Na dimensão da estratégia de inovação propõe-se que o modelo proposto coloque os ativos de propriedade intelectual no centro da estratégia de negócios como indicado na Figura 2, visando criar e captar valor através de ativos intangíveis e facilitar a transferência de tecnologia, alinhando-se o modelo às diretrizes da ISO 56005:2020 — Gestão da inovação — Ferramentas e métodos para a gestão da propriedade intelectual — Guia (ISO, 2020).

Figura 2: Gestão estratégica da inovação com foco em ativos de Propriedade Intelectual (PI)



Fonte: ISO 56005:2020 Gestão da Inovação (ISO, 2020 pag. vii).

Na dimensão das políticas, conforme apontado por Ariente et al. (2025), propõe-se o uso coordenado dos instrumentos jurídicos e econômicos já disponíveis, associado a cláusulas contratuais de P&D e mecanismos regulatórios modernos. Cabe destacar nesse aspecto a utilização de mecanismos promotores de testes e desenvolvimento, como o *sandbox* regulatório da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq), da "Outorga Verde", que visa integrar uma agenda consistente de competitividade, sustentabilidade e soberania tecnológica, tornando os portos brasileiros em vetores de desenvolvimento tecnológico nacional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo revelou a necessidade de um arranjo sistêmico portuário que fomente um ambiente seguro, eficiente e propício à inovação, alinhado com as melhores práticas internacionais.

O levantamento do cenário nacional indica uma cultura da inovação ainda incipiente no país, porém com sinais de incrementos. As políticas estruturantes para produzir segurança jurídica, agilidade e perenidade das ações encontram instrumentos jurídicos já consolidados, como a Lei do Bem e a Lei da Informática, entre outras citadas neste artigo. No entanto, essas normativas ainda são pouco conhecidas e utilizadas pelos gestores públicos e privados.

As estratégias para a inovação necessitam alinhar-se às diretrizes e boas práticas evidenciadas na literatura, sobretudo a indicação de uso estratégico da PI na gestão da inovação, tornando os processos de inovação sistêmicos e facilitando a transferência de tecnologia, diminuindo assim a dependência tecnológica externa.

O modelo proposto de ecossistema de inovação que integra o estado da arte inclui: (i) adoção do modelo de tríplice hélice; (ii) modelo de inovação portuária aberta; (iii) adoção do uso estratégico da PI na gestão da inovação; (iv) uso integrado dos instrumentos jurídicos e econômicos já disponíveis na legislação nacional.

REFERÊNCIAS

ADNER, R. **Match your innovation strategy to your innovation ecosystem**. Harvard Business Review, v. 84, n. 4, p. 98-107, 2006.

ACCIARO, M. et al. **Smart ports and the digitalization of the port industry**. Maritime Economics & Logistics, v. 22, p. 151-175, 2020.

ARIENTE et al. **Políticas públicas e instrumentos de fomento à inovação portuária.** 2025. Disponível em: https://www.conjur.com.br/2025-ago-26/politicas-publicas-e-instrumentos-de-fomento-a-inovacao-portuaria/. Acesso em: 10 set. 2025.

BARNEY, J. **Is the resource-based "view" a useful perspective for strategic management research? Yes.** Academy of Management Review, v. 26, n. 1, p. 41-56, 2001.

BHARADWAJ, S. G.; VARADARAJAN, P. R.; FAHY, J. **Sustainable competitive advantage in service industries: a conceptual model and research propositions.** Journal of Marketing, v. 57, n. 4, p. 83-99, 1993.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO (BID). **Relatório sobre inovação portuária.** Washington: BID, 2023.

CARBONE, V.; MARTINO, M. **The changing role of ports in supply-chain management: an empirical analysis.** Maritime Policy & Management, v. 30, n. 4, p. 305-320, 2003.

CHESBROUGH, H. **Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology.** Boston: Harvard Business School Press, 2003.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. **Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation.** Administrative Science Quarterly, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990.

DEMING, W. E. **Quality, productivity and competitive position.** Cambridge: MIT Press, [s.d.].

DE LANGEN, P. W.; HEIJ, C. V.; NGUYEN, T. T. **Port digitalization: understanding value creation for firms and ecosystem.** Maritime Economics & Logistics, v. 21, p. 331-350, 2019.

DOCHERTY, M. **Primer on open innovation: principles and practice.** PDMA Visions Magazine, v. 30, n. 2, p. 13-17, 2006.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. **The triple helix: university–industry–government relations.** Research Policy, v. 29, p. 109-123, 1990.

FRAGA, L.; SILVA, A. **Inovação tecnológica em portos brasileiros.** Revista de Logística, v. 12, n. 2, p. 55-73, 2019.

GOMES, L. A. V.; SANTOS, M. G.; FACIN, A. L. F. **Uncertainty management in global innovation ecosystems.** Technological Forecasting and Social Change, v. 179, 121622, 2022.

GONZÁLEZ-CANCELAS, N. et al. **The smart port in the context of industry 4.0: an overview.** IEEE Access, v. 8, p. 186611-186624, 2020.

GRUPO DE EXCELÊNCIA EM PROCESSO PROSPECTIVO E CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS DO CRA/SP. **Guia de prospecção tecnológica e construção de cenários.** São Paulo: CRA/SP, 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Offset como instrumento de política pública: o caso da indústria de defesa.** Brasília: Ipea, 2019.

ISO. **ISO 56005: Innovation management – Tools and methods for intellectual property management – Guidance.** Geneva: International Organization for Standardization, 2020.

MENDES CONSTANTE, P. et al. **Transformação digital e inovação em portos brasileiros.** Revista Gestão & Tecnologia, v. 23, n. 2, p. 45-66, 2023.

MOORE, J. F. **Business ecosystems and the view from the firm.** Antitrust Bulletin, v. 51, n. 1, p. 31-75, 2006.

NICOTRA, M. et al. **The cluster approach and SME competitiveness: a literature review.** Journal of Economic Surveys, v. 28, n. 4, p. 1-26, 2014.

NOTTEBOOM, T.; RODRIGUE, J. **Port regionalization: towards a new phase in port development.** Maritime Policy & Management, v. 32, n. 3, p. 297-313, 2008.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Oslo Manual: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation.** 4. ed. Paris: OECD Publishing, 2018.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior.** Rio de Janeiro: Campus, 1989.

SCHREIBER, D. et al. **Port governance and innovation ecosystems.** Maritime Policy & Management, v. 49, n. 6, p. 855-872, 2022.

SCHUMPETER, J. A. **The theory of economic development.** Cambridge: Harvard University Press, 1934.

SILVA, D.; BAGNO, R.; SALERNO, M. **Modelos de inovação aberta: revisão e agenda de pesquisa.** Revista de Administração e Inovação, v. 10, n. 2, p. 112-136, 2013.

SOUZA, R. et al. **Inovação aberta em ecossistemas portuários: estudo exploratório.** Revista Gestão & Produção, v. 29, n. 4, p. 1-18, 2022.

SPINOSA, L. M. et al. **Ecossistemas de inovação e competitividade regional.** Revista Brasileira de Inovação, v. 14, n. 1, p. 35-58, 2015.

VIEIRA, J.; GILBERTO, L.; MOTA, R. **Modelos de governança portuária: uma análise comparada.** Revista Transporte e Desenvolvimento, v. 20, n. 1, p. 77-99, 2018.

WORLD BANK. **World development report 2003: sustainable development in a dynamic world.** Washington: World Bank, 2003.

WORLD BANK. **Port innovation ecosystems: fostering collaboration for competitiveness.** Washington: World Bank, 2021.

ZACKIEWICZ, M.; SALLES FILHO, S. **Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais**

"Os conteúdos expressos no trabalho, bem como sua revisão ortográfica e adequação às normas ABNT são de inteira responsabilidade dos autores".

"Declara-se pelos autores que durante a preparação deste trabalho foi utilizada a ferramenta ChatGPT para auxiliar na verificação de erros gramaticais e tradução do resumo. Após utilizar esta ferramenta/serviço, os autores editaram e revisaram o texto conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo da publicação".

ARTIGO 3

ESTUDO SOBRE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DE DEFENSAS MARÍTIMAS UTILIZANDO SENSORES MEMS

Luiz Augusto Almeida Santos
Mariana Amorim Fraga
Universidade Presbiteriana Mackenzie

RESUMO

Defensas marítimas desempenham um papel crítico na proteção dos cascos das embarcações e das estruturas do cais, absorvendo a energia cinética envolvida nas manobras de atracação. No entanto, estresse mecânico, fadiga do material e exposição ambiental são fatores que podem levar à degradação gradual dos compostos da defensa, comprometendo a segurança e eficiência operacional. Este estudo propõe um sistema baseado em sensores MEMS IoT para monitoramento em tempo real da saúde estrutural das defensas marítimas. O sistema integra sensores ultrassônicos, strain gauges e sensores piezoelétricos numa interface IoT controlada, que transmite dados em uma rede LoRaWAN para uma plataforma baseada em nuvem que permitirá visualização do status de operação das defensas. A arquitetura do sistema possui foco em estimar as forças de impacto, detectar deformações mecânicas e monitorar vibrações durante o processo de atracagem dos navios. Testes em laboratório estão sendo conduzidos para validar os circuitos desenvolvidos e a performance de comunicação do protótipo. A implementação em campo numa defensa marítima no Porto de Santos está planejada para a próxima fase do projeto. A solução proposta objetiva melhorar estratégias de manutenção preditiva e aprimorar a segurança portuária.

Palavras-chave: defensas marítimas; sensores MEMS; IoT; monitoramento; LoRaWAN.

ABSTRACT

Marine fenders play a critical role in protecting both vessels and port structures by absorbing the kinetic energy during berthing operations. However, mechanical stress, material fatigue, and environmental exposure can lead to gradual degradation, compromising safety and operational efficiency. This study proposes a MEMS sensor and IoT based monitoring system for real-time structural health monitoring of marine fenders. The system integrates ultrasonic sensors, strain gauges, and piezoelectric sensors, all interfaced with an IoT controller that transmits the data wirelessly via a LoRaWAN gateway to a cloud-based platform. The architecture is designed to measure impact forces, detect mechanical deformation, and monitor vibrations during vessel docking. Laboratory tests are currently being conducted to validate signal conditioning circuits and wireless communication performance. Field deployment on a marine fender at the Port of Santos (Brazil) is planned for the next project phase. The proposed solution aims to improve predictive maintenance strategies and enhance port safety.

Keywords: marine fenders; MEMS sensors; IoT; monitoring; LoRaWAN.

1. INTRODUÇÃO

1.1 A Importância da Eficiência na Logística Portuária

Os portos desempenham um papel fundamental na economia global, sendo responsáveis por facilitar o comércio internacional e o transporte de mercadorias em larga escala. A UNCTAD (Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento) estima que aproximadamente 90% das mercadorias movimentadas no mundo são transportadas por meio de rotas marítimas, o que reforça a centralidade dos portos na logística internacional.

A expansão do setor traz consigo desafios significativos, como o aumento da complexidade operacional, a necessidade de maior resiliência estrutural e a exigência por níveis mais elevados de segurança. O Brasil é um país em que a logística marítima possui muita importância. O país carrega e descarrega dezenas de toneladas de carga seca por minuto, evidenciando que a operação portuária desempenha uma função crucial nas importações e exportações. Nesse contexto, o monitoramento estrutural das instalações portuárias torna-se uma necessidade.

As estruturas que atuam na proteção da parede do cais contra o impacto direto dos cascos dos navios, as chamadas defensas marítimas, e até outras estruturas como guindastes, estão sujeitas a esforços mecânicos intensos, provenientes de manobras de atracação, cargas e descargas pesadas, variações climáticas e degradação natural dos materiais. A ausência de sistemas eficientes de monitoramento pode levar à ocorrência de danos estruturais não detectados, falhas operacionais, acidentes e até colapsos parciais ou totais de componentes críticos da infraestrutura portuária, causando impacto severo na quantidade de cargas e descargas ocorridas diariamente nos portos.

A ocorrência de falhas ou indisponibilidades operacionais em portos causa atrasos críticos na cadeia logística e pode gerar grandes prejuízos. O tempo de inatividade de um berço de atracação, por exemplo, compromete a programação de navios, impacta a eficiência logística e gera custos adicionais com demurrage, realocação de cargas ou penalidades contratuais. Tais consequências reforçam a necessidade de sistemas preditivos e preventivos baseados em dados estruturais confiáveis.

1.2 Sensores MEMS (Microelectromechanical System)

A busca por soluções que ampliem a inteligência operacional e contribuam para a segurança e a eficiência das operações portuárias tem motivado a incorporação de tecnologias emergentes, como sensores. A partir da década de 2010, observa-se uma tendência crescente de aplicação de sensores na indústria marítima, como parte de uma agenda mais ampla de transformação digital e automação industrial. A implementação de sistemas de sensoriamento, especialmente aqueles baseados em plataformas compactas e de baixo custo, passou a ser considerada estratégica para elevar o grau de controle sobre variáveis estruturais, ambientais e operacionais nos portos.

O monitoramento automatizado de estruturas portuárias representa uma das principais frentes de inovação em infraestrutura marítima. Atualmente, no Porto de Santos, o maior da América Latina, não há nenhum sistema de monitoramento inteligente destes equipamentos. A aplicação de sensores pode permitir a coleta de dados de forma contínua, possibilitando a identificação precoce de deformações, impactos

sofridos e outros fenômenos críticos que afetam a integridade de componentes como as defensas marítimas. Nesse cenário, os sensores MEMS se tornam uma alternativa viável e eficiente.

Os sensores MEMS possuem vantagens decisivas para aplicações em ambientes portuários: são pequenos, leves, eficientes e altamente sensíveis. Essas características permitem sua integração em sistemas embarcados ou distribuídos, com potencial para compor redes de monitoramento inteligentes. Além disso, sua natureza micromecânica favorece a customização para detecção de múltiplos parâmetros, como pressão, vibração e deformação, aspectos diretamente relacionados ao desempenho e à saúde estrutural das defensas e outras partes da infraestrutura portuária.

1.3 Objetivos

Neste contexto, o objetivo geral deste artigo é demonstrar o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de saúde estrutural, baseado em sensores MEMS, para detectar os padrões de operação das defensas marítimas para implementar o conceito de manutenção preditiva, aumentando a eficiência operacional.

Os objetivos específicos incluem o desenvolvimento do sistema de integração dos sensores e das estruturas de fixação nas defensas, além da criação da interface de visualização dos dados dos sensores para possibilitar análises detalhadas de padrões, tendências e anomalias. O recorte metodológico inclui Pesquisa e Revisão Bibliográfica contínua; Seleção e Aquisição dos Sensores MEMS e o Desenvolvimento de Interfaceamento dos Sensores e Integração de Dados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O setor portuário desempenha um papel fundamental na economia global, sendo responsável por facilitar o comércio internacional e o transporte de mercadorias em larga escala. No entanto, enfrenta desafios significativos relacionados à eficiência operacional e segurança (Prabowo; Tuswan; Ridwan, 2021). Uma área que requer atenção é o monitoramento de suas estruturas, na qual a implementação de tecnologias avançadas, como sensores MEMS, pode desempenhar um papel crucial (Liu et al., 2023). A falta de sistemas de monitoramento eficazes pode levar a problemas como danos estruturais não detectados, acidentes e controle insuficiente sobre o impacto ambiental das atividades portuárias. Além disso, a crescente demanda por eficiência operacional e sustentabilidade coloca pressão adicional sobre os operadores portuários para implementar soluções que otimizem as operações enquanto reduzem o impacto ambiental (Yang et al., 2018). Os sensores MEMS são pequenos, leves e de baixo consumo de energia, o que os torna ideais para integração em dispositivos portáteis e sistemas embarcados (Algamili et al., 2021).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Figura 1 – Funções do Sistema Proposto.



Fonte: Autor (2025).

A Figura 1 mostra uma sumarização das funções do sistema proposto neste artigo. A metodologia proposta foi estruturada visando estes objetivos.

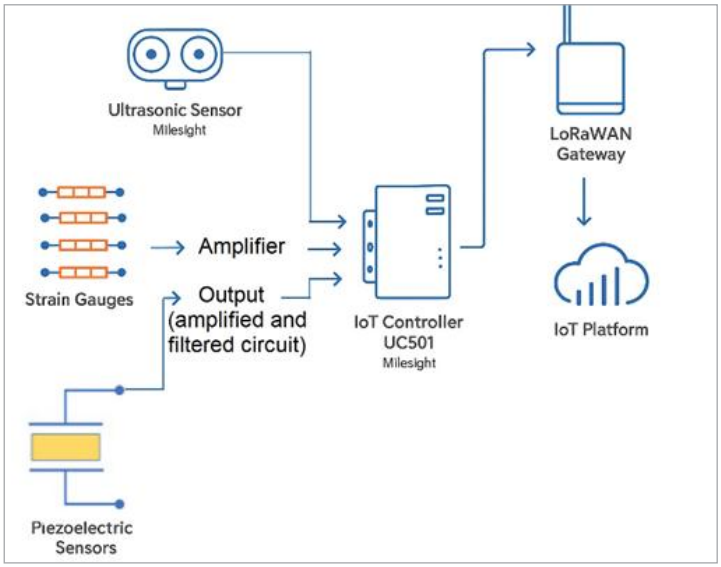
3.1 Definição de Arquitetura e Seleção dos Sensores

A seleção de sensores e componentes de comunicação que possam operar em portos leva em conta uma série de fatores relacionados as condições ambientais, regulações e segurança. Estes equipamentos devem ser encapsulados para operar em ambiente outdoor e de alta umidade.

Neste contexto, a escolha de componentes ultra robustos e com alimentação e comunicação embarcadas foi priorizada.

3.1.1 Componentes

Figura 2 – Arquitetura proposta para o sistema de monitoramento, apresentando a interação entre sensores, controlador UC501, gateway LoRaWAN e plataforma IoT.



Fonte: Autor (2025).

A Figura 2 mostra a arquitetura que contempla a integração dos seguintes componentes:

1. Sensor Ultrassônico EM-500-UDL-915M (Milesight):
Terá como finalidade a medição da distância entre a defensa e o casco da embarcação, ou alternativamente o nível da água, com o objetivo de estimar a velocidade de impacto do casco da embarcação.

2. Controlador IoT UC501 (Milesight):
Servirá para coletar os dados provenientes dos sensores e realizar a transmissão via rede LoRaWAN.

3. Strain Gauges:
Terão como finalidade a aferição das tensões mecânicas na estrutura da defensa durante o impacto com embarcações.

Configuração:
• Ponte de Wheatstone com quatro strain gauges;
• Fonte de tensão para a ponte: 5 V DC;
• Amplificador de instrumentação, com saída ajustada para offset zero e ganho entre 0-5 V (ou 0-3,3 V).

4. Sensores Piezoelétricos:
Detectará vibrações, pressões e impactos.

Configuração:
• Sensor piezoelétrico acoplado a resistor de carga de alta impedância;
• Amplificador operacional em configuração não inversora, com ganho adequado;
• Filtro passa-alta para remoção do offset DC, considerando que o sensor piezoelétrico é de natureza AC;
• Saída condicionada para 0-5 V, compatível com a entrada analógica do UC501.

5. Gateway LoRaWAN:
Terá como função a coleta dos dados transmitidos pelo UC501 e o roteamento para a nuvem.

6. Plataforma IoT:
Terá a função de visualização, armazenamento e análise dos dados coletados.

3.1.2 Posicionamento dos sensores

A Figura 3 mostra o posicionamento dos sensores na estrutura da defensa, que foi definido conforme critérios técnicos que consideram a distribuição de esforços mecânicos e a dinâmica de impactos típicos em operações portuárias.

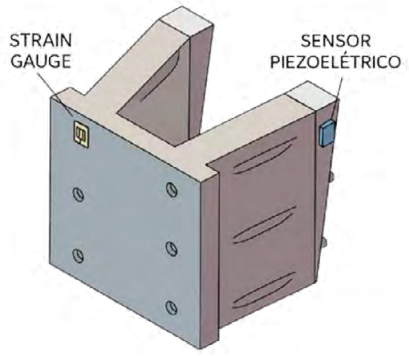
1. Sensores Ultrassônicos:
Posicionados no pier, voltado para o mar, com a função de medir a distância até o casco da embarcação e o nível da água do mar.

2. Strain Gauges:
Instalados em regiões onde há maior concentração de flexões ou impactos estruturais, especialmente próximo aos pontos de fixação e junções dos braços estruturais.

3. Sensores Piezoelétricos:
Posicionados nas superfícies da defensa que recebem impactos diretos, como os topos e extremidades.

4. UC501:
Instalado em local protegido contra a água, porém com fácil acesso aos cabos dos sensores, podendo ser acomodado em uma caixa hermética próxima à defensa.

Figura 3 – Esquemático de defensa, com destaque para a posição do strain gauge e do sensor piezoelétrico.



Fonte: Autor (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa mais recente de testes se concentrou na validação do funcionamento do pipeline de aquisição, transmissão e visualização de dados de ponta a ponta do sistema de monitoramento proposto em laboratório. A arquitetura de teste foi montada utilizando o hardware adquirido em um ambiente interno, com o objetivo de replicar o cenário da futura implementação em campo.

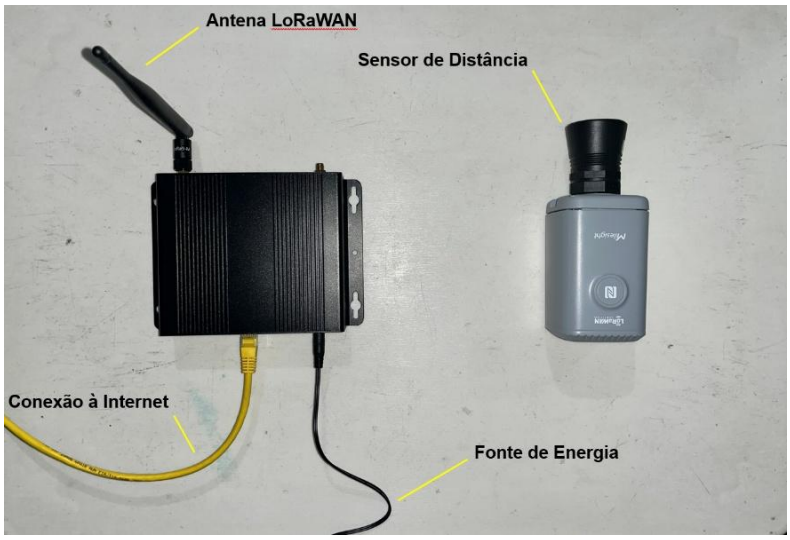
4.1 Validação da Arquitetura em Laboratório

Sensor Ultrassom de Distância/Nível	
Fabricante / Modelo	Milesight / EM500-UDL-915M-W100
Intervalo de Medida	0,5 a 10 metros
Resolução	1 milímetro
Certificação	IP67
Gateway LoRaWAN Indoor	
Fabricante / Modelo	PicoNext / WSMS-155AGN
Potência de Transmissão	Até 27dBm (0,5 W)
Especificação LoRaWAN	LoRaWAN 1.0.3
Banda de Frequência	EU 863~870 MHz / US 902~928 MHz / AU 915~928 MHz

Fonte: Milesight e Browan PicoNext (2023).

A Tabela 1 apresenta os dados dos componentes utilizados em laboratório. O gateway LoRaWAN foi configurado para transmitir uma rede LoRa privada e encaminhar os pacotes recebidos via Internet para o servidor de rede da Everynet. Essa configuração garante uma comunicação de baixo consumo energético e de longo alcance entre os sensores e o sistema desenvolvido. O sensor ultrassônico foi utilizado para medir a distância até uma superfície-alvo, transmitindo dados em intervalos de um minuto.

Figura 4 – Arranjo do sensor e gateway LoRaWAN.



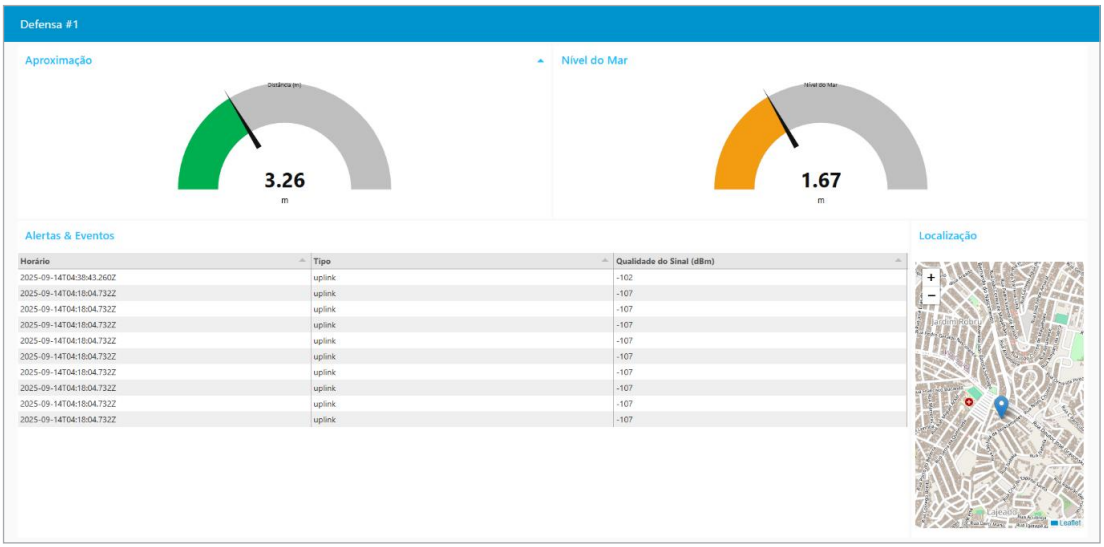
Fonte: Autor (2025).

A Figura 4 apresenta a montagem em laboratório. A carga-útil do sensor inclui leituras de distância codificadas no formato proprietário da Milesight. Esses uplinks foram recebidos pela plataforma IoT Everynet e encaminhados para um broker MQTT (plataforma EMQX), onde os dados foram publicados no tópico sensor/distance. Esse arranjo possibilitou o acesso em tempo real às mensagens por qualquer cliente inscrito nesse tópico MQTT.

4.2 Desenvolvimento da Interface Gráfica

A carga-útil foi decodificada utilizando o decodificador oficial da Milesight em JavaScript, adaptado para integração em um ambiente Node.js. Foi criado um fluxo básico no Node-RED para simular a lógica final do dashboard. Esse fluxo inclui nós para assinatura do broker MQTT, decodificação de dados e renderização da saída. Os valores decodificados foram visualizados por meio de uma dashboard WEB, exibindo em tempo real a distância medida pelo sensor ultrassônico, e incluindo módulo para a implementação do sensor que medirá o nível do mar, assim como uma tabela mostrando os eventos gerados pelo sensor.

Figura 5 – Ambiente Node-RED. Inclui mostradores, registrador de eventos e localização.



Fonte: Autor (2025).

O dashboard apresentado na Figura 5 mostra valores em conformidade com o período de transmissão configurado no dispositivo, validando a integridade da comunicação LoRaWAN do sensor e a publicação dos dados no broker MQTT. Os mostradores de Aproximação e Nível do Mar tem a função de acompanhar os parâmetros de operação da defensa nas manobras de atracagem, e a tabela de Alertas e Eventos salva os eventos de leitura que servem de histórico para basear análises de manutenção preditiva dos equipamentos. O bloco de Localização mostra a localização atual da defensa monitorada e facilita a localização do equipamento para inspeção presencial quando necessária.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo explorou o desenvolvimento e validação inicial da arquitetura de um sistema de monitoramento estrutural em tempo real para defensas marítimas, combinando sensores sem fio, comunicação via LoRaWAN e uma infraestrutura de IoT baseada em MQTT. Um protótipo preliminar foi montado utilizando um sensor ultrassônico comercial (Milesight EM500-UDL), um gateway indoor (WSMS-155AGN) e roteamento de dados pela rede Everynet até o broker MQTT EMQX. Os pacotes de dados foram transmitidos em intervalos fixos, decodificados por meio de funções em JavaScript e visualizados em um painel customizado desenvolvido no Node-RED.

Os resultados demonstraram desempenho consistente do sensor, validaram a cadeia de comunicação LoRaWAN e confirmaram a viabilidade do uso do protocolo MQTT para o tratamento de dados em tempo real. O teste também verificou a compatibilidade entre todas as camadas de hardware e software, desde o sensor até a visualização em nuvem.

O sistema mostrou-se escalável e compatível com futuras integrações de diferentes tipos de sensores, incluindo extensômetros (strain gauges) e sensores piezoelétricos. Essas adições possibilitarão a avaliação em tempo real de esforços mecânicos, vibração e dinâmica de atracação. A arquitetura proposta representa um caminho viável para a manutenção preditiva em infraestruturas portuárias, com potencial para substituir inspeções visuais e reduzir intervenções de manutenção não planejadas.

Os trabalhos futuros incluem a integração de múltiplos sensores, a otimização do condicionamento de sinais analógicos e a implantação em escala real em ambiente operacional no Porto de Santos.

REFERÊNCIAS

ALGAMILI, Abdullah Saleh et al. A Review of Actuation and Sensing Mechanisms in MEMS-Based Sensor Devices. Nanoscale Research Letters, v. 16, n. 1, p. 16, 2021.

LIU, Shuchen et al. Integrity determination and enhancement of multi-sensor navigation systems in maritime applications. Aachen: [S.n.].

PRABOWO, Aditya Rio; TUSWAN, Tuswan; RIDWAN, Ridwan. Advanced development of sensors' roles in maritime-based industry and research: From field monitoring to high-risk phenomenon measurement. Applied Sciences (Switzerland) MDPI AG, 2021.

YANG, Yongsheng et al. Internet of things for smart ports: Technologies and challenges. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, v. 21, n. 1, p. 34–43, 2018.

ARTIGO 4

ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE MOVIMENTAÇÃO DE GRÃOS POR TRANSPORTE PNEUMÁTICO NO PORTO DE SANTOS COMO MEIO DE REDUÇÃO DA DEPENDÊNCIA RODOVIÁRIA

Alan Alves Theodoro
Giovanna Ferreira Sincerre Vida
Kauãn Morales Gabriel
Nelize Maria de Almeida Coelho
Vitor da Silva Rosa
Universidade Santa Cecília

RESUMO

O Porto de Santos destaca-se como principal centro de escoamento de grãos no Brasil, porém enfrenta desafios logísticos pela dependência do transporte rodoviário. Este trabalho propõe o estudo de sistemas de transporte pneumático por tubulação como possível alternativa eficiente e sustentável. O objetivo foi obter fundamentações teóricas que expressassem as vulnerabilidades atuais no transporte de carga por meio de caminhões e encontrar estudos técnicos que apontem para dados técnicos sobre perda de carga, friabilidade e dimensionamento de equipamentos, além de vantagens operacionais. Os resultados indicaram viabilidade técnica preliminar e as potencialidades de adoção dessa tecnologia no acesso portuário..

Palavras-chave: Porto de Santos; transporte pneumático; grãos; logística sustentável.

ABSTRACT

The Port of Santos stands out as the main center for grain export in Brazil, but it faces logistical challenges due to its dependence on road transportation. This work proposes the study of pneumatic transport systems through pipelines as a possible efficient and sustainable alternative. The goal was to obtain theoretical foundations that express the current vulnerabilities in cargo transportation by trucks and to find technical studies that point to technical data on cargo loss, friability, and equipment sizing, in addition to operational advantages. The results indicated preliminary technical feasibility and the potential for adopting this technology in port access.

Keywords: Port of Santos; pneumatic transport; grains; sustainable logistics.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor mundial de grãos, enfrenta sérios desafios logísticos no transporte inclusive quando se trata dos percursos para o porto de Santos, devido aos congestionamentos na Baixada Santista. Como alternativa, o transporte pneumático por dutos surge como uma solução eficiente, oferecendo alta velocidade, menor custo e menor impacto ambiental.

Esse sistema depende de fatores técnicos como as propriedades físicoquímicas dos grãos (esfericidade, umidade, massa específica), além do projeto dos dutos — seu comprimento, diâmetro, presença de curvas ou válvulas — e das vazões de sólidos e ar. A friabilidade dos grãos também é essencial para garantir a qualidade do produto final.

Para viabilizar sua implementação, são necessários estudos detalhados, modelagem matemática e testes experimentais. Simulações em escala real e análises econômicas permitem avaliar a eficiência e a viabilidade do sistema, promovendo avanços na logística agrícola. O objetivo é criar uma alternativa sustentável que alivie o tráfego rodoviário e otimize a exportação de grãos.

Sendo assim, no presente estudo a proposta foi avaliar o transporte pneumático como alternativa eficiente e sustentável, sendo pertinente e original no contexto nacional, uma vez que esta tecnologia ainda é pouco explorada em escala real no Brasil e encontra-se menor quantidade de literatura científica disponível.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Porto de Santos é o maior da América Latina, com terminais públicos e privados para cargas e passageiros. Situado à 65 Km da grande São Paulo, é o maior mercado consumidor e produtor do país, conectando-se por meio rodoviário, ferroviário, hidroviário e dutoviário (Prefeitura de Santos, 2020).

Responsável por um terço das trocas comerciais brasileiras, gera cerca de 31.734 empregos diretamente relacionados à atividade portuária, ou seja, aproximadamente 18% do total de trabalhadores formais do município de Santos. O porto concentra 26,5% do comércio internacional brasileiro e cerca de 60% dos embarques e desembarques internacionais do estado de São Paulo (Prefeitura de Santos, 2020).

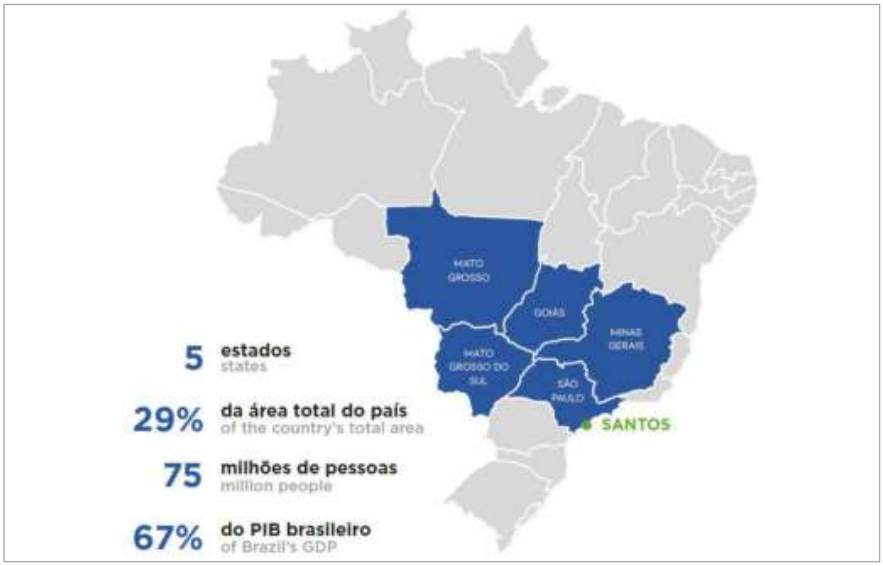
Figura 1 - Complexo portuário localizado ao longo do estuário de Santos.



Fonte: Prefeitura de Santos, 2020.

Sua área de influência econômica, demonstrada na figura 2, representa mais de 67% do PIB do Brasil e 49% da produção nacional, conforme dados da Prefeitura de Santos (2020).

Figura 2 - Área de influência primaria do Porto de Santos.



Fonte: SPA. Fatos e Dados 2020.

De acordo com o Diagnóstico de Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento e Expansão Urbana do município de Santos, o Porto de Santos é um terminal multipropósito, operando uma ampla variedade de cargas, das quais destaca-se os granéis sólidos, granéis líquidos, carga geral e carga geral conteinerizada. Entre os granéis sólidos vegetais para exportação predomina-se a soja, junto do milho e do farelo de soja, consolidando-se como o principal complexo portuário do país nessa movimentação, impulsionado pela presença de grandes empresas do setor (Prefeitura de Santos, 2020).

O transporte de grãos até o Porto de Santos é majoritariamente rodoviário. Em 2024, de acordo com o Agro Estadão (2025), a movimentação de cargas do agronegócio por transporte rodoviário cresceu 5,3%, sendo esse avanço impulsionado principalmente pelo aumento no volume de fretes de soja, que registraram alta de 25,7%, e de fertilizantes, com crescimento de 5,1% no período. Juntos, esses dois segmentos representaram 45% de todas as cargas do setor movimentadas na plataforma ao longo do ano, refletindo a importância crescente dessas *commodities* na logística agrícola brasileira.

Apesar do crescimento, a infraestrutura logística ainda enfrenta sérios desafios. A falta de armazéns adequados tem provocado filas de até três dias para descarregamento, fazendo com que caminhões sejam utilizados como depósitos temporários. Essa situação obriga os produtores a contratar até três vezes mais veículos do que o necessário, o que gera aumento nos custos operacionais. Ainda, a precariedade das estradas, muitas ainda não pavimentadas, dificulta o escoamento da produção, especialmente em regiões agrícolas do interior, comprometendo a eficiência do transporte (Sociedade Nacional de Agricultura, 2025).

Ainda, nos últimos anos foi evidenciada a vulnerabilidade dada pela dependência do transporte de suprimentos pelos caminhões. Na região portuária da Baixada Santista ocorreram impactos logísticos e ambientais relevantes. Theodoro (2023) comenta, por exemplo, a greve dos caminhoneiros de 2018, que ocorreu devido ao aumento do preço dos combustíveis, bem como as fortes chuvas, que constantemente geram significativas inundações na região, especialmente as ocorridas entre o final do ano de 2019 e início de 2020. Ambos os exemplos resultaram em impedimento ou paralização do trafego rodoviário, redução no abastecimento de alimentos em mercados, gasolina em postos e dificuldade de locomoção urbana, impactando, também, nas atividades logísticas do maior porto da América Latina (THEODORO, 2023).

Sendo assim, é possível notar necessidade de aplicação de novas tecnologias de transporte de cargas e grãos como meio de otimizar e melhorar o Porto de Santos. Para tanto, o transporte pneumático por tubulações se apresenta como uma alternativa promissora, oferecendo vantagens como integridade do produto, automação e redução do uso de caminhões na zona portuária.

Os sistemas de transporte pneumático podem operar em fase diluída ou fase densa, conforme o tipo de grão e distância a percorrer. Em fase densa, há baixo consumo de ar, menor erosão interna e preservação das características dos grãos, sendo indicados para distâncias mais longas sem necessidade de parar o sistema em caso de interrupções (RGS Brasil, 2025).

O transporte pneumático de grãos é uma técnica moderna utilizada para movimentar materiais a granel com agilidade, segurança e eficiência, grandes volumes de grãos, desde silos até caminhões, trens e navios, oferecendo vantagens operacionais e financeiras aos processadores, considerando fatores como granulometria, homogeneidade, fragilidade e abrasividade (Bry-Air Brasil, 2021). Operando com ar comprimido, esse sistema reduz perdas, automatiza processos, diminui a necessidade de trabalho manual e evita contaminações, contribuindo para a qualidade dos produtos e a otimização da produção. Seu funcionamento, baseado na movimentação dos grãos por tubulações por meio de sucção ou sopro, elimina o contato direto com superfícies mecânicas, mantendo a integridade do produto e atendendo às exigências de segurança alimentar (Rosso Industrial, 2025). No entanto, para garantir segurança e qualidade, é fundamental utilizar equipamentos adequados. Como a poeira dos grãos geralmente é inflamável, é preciso manter a temperatura abaixo de 40 °C e empregar sopradores e compressores isentos de óleo, evitando riscos de explosão e contaminação, necessitando, assim, de um sistema bem projetado, a fim de se assegurar um transporte eficiente, seguro e em conformidade com as normas de segurança (Atlas Copco Brasil, 2025).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo utilizou como metodologia a análise de quatro literaturas, sendo o recorte temporal a presente década, para melhor compreensão dos resultados obtidos mediante as tecnologias atuais. Priorizou-se a análise de pesquisas sobre o transporte pneumático com ensaios com soja, uma vez que este é um dos elementos mais transportados no Porto de Santos. Como critérios de seleção, foram escolhidos estudos recentes que demonstrassem os seguintes parâmetros experimentais: dimensionamento de transportador pneumático de grãos, perda de carga em tubulações em fase diluída e estudo de friabilidade, por serem considerados dados relevantes na possível construção de unidade piloto para futuros ensaios e aprimoramentos. Dentre as literaturas selecionadas, apresentam-se:

a) Santana et al (2024) sob o título: “Determinação experimental da perda de carga localizada em curva de 45º no escoamento de grãos de soja por fase diluída em transportador pneumático”.

b) Schroeder (2023), sob o título: “Avaliação de parâmetros no dimensionamento de um transportador pneumático de farinha de soja”.

c) Oliveira et al (2017), sob o título “Estudo da friabilidade da soja em unidade piloto de transporte pneumático”.

d) Lustoza et al (2018), sob o título: “Grãoduto - Transporte Pneumático de Soja para Longa Distância”.

Ainda, elaborou-se uma tabela compilando os dados analisados nos estudos a, b e c a fim de se melhor identificar os dados encontrados em cada ensaio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudos de casos experimentais e resultados técnicos

A fim de se ilustrar e exemplificar o método de transporte pneumático, apresenta-se na figura 4 um protótipo desenvolvido no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília.

Figura 4 – Unidade experimental do transportador pneumático desenvolvido no laboratório de operações unitárias da Universidade Santa Cecília.



Fonte: FIRMINO, et.al., 2021.

4.2 Perda de carga em tubulações em fase diluída – ensaios com soja

Em estudos experimentais realizados por Santana *et al* (2024), objetivou-se determinar a curva de perda de carga em uma curva de 45°, considerando diferentes vazões mássicas e velocidades do escoamento. A unidade experimental, feita com dutos de acrílico de 117 mm de diâmetro interno, utilizou grãos de soja transportados por ar.

Ensaios para o transporte de soja em dutos de acrílico de 117 mm, demonstraram como a queda de pressão varia com relação à vazão e velocidade de transporte. As vazões mássicas dos grãos de soja são controladas por meio de um cálculo de massa transportada em relação ao tempo de esvaziamento do reservatório. A velocidade do ar é mensurada utilizando um anemômetro no centro de uma tubulação externa, permitindo, por meio da equação da continuidade apresentada na equação 1, calcular a velocidade interna da tubulação em análise (SANTANA *et.al.*, 2024).

$$\frac{\pi \times D1^2 \times v1}{4} = \frac{\pi \times D2^2 \times v2}{4} \quad \text{(eq. 1)}$$

A perda de carga distribuída da tubulação é determinada através da equação 2, em que é necessário usar a diferença de pressão, a qual é aferida por meio de anéis piesométricos distribuídos ao longo do equipamento (SANTANA et.al., 2024).

$$HB = \frac{\Delta P}{\gamma} + \frac{\Delta v^2}{2g} + \Delta Z + lw_{dis} \quad \text{(eq. 2)}$$

Os resultados demonstraram a curva característica da queda de pressão no acessório.

4.3 Estudo de Friabilidade – ensaios com soja

Neste estudo, Oliveira et al (2017), foi avaliada a friabilidade da soja em uma unidade piloto de transporte pneumático. O sistema utilizou 6,13 m de duto reto de acrílico (117 mm de diâmetro interno), um ciclone, duas curvas de 90° e um tê saída de lado, com e sem prolongamento. Foram realizados 90 ensaios, com vazões de soja de 95,1; 368,5 e 564,4 kg/h, utilizando ar a 12 m/s (velocidade mínima para manter o material em suspensão). Os resultados mostraram que o tê com prolongamento de 90 mm na base do equipamento reduziu a quebra dos grãos ao formar um colchão amortecedor. A menor vazão (95,1 kg/h) resultou na maior quebra da soja, em torno de 0,2% da massa total.

4.4 Dimensionamento de Transportador – ensaios com farinha de soja

Nos estudos de Schroeder (2023), analisou-se o dimensionamento de um sistema pneumático para transporte de farinha de soja e derivados adotando em seus estudos o método sugerido por Gomide (1983), que leva em consideração os parâmetros de capacidade do transportador, densidade aparente, tamanho das partículas e o layout do sistema de transporte. Calculou-se a velocidade de flutuação e a velocidade do material, o que permitiu determinar a velocidade requerida para o transportador pneumático. Em seguida, foi determinado o diâmetro da tubulação de transporte, seguido pela avaliação da perda de carga no sistema. Para cálculo dessa perda, foi preciso conhecer o comprimento das tubulações, a quantidade de curvas e conexões, além dos respectivos comprimentos equivalentes e, então, determinou-se a potência necessária para a máquina geradora de fluxo. Avaliou-se, via Excel, o efeito do diâmetro da tubulação e da velocidade de transporte na potência consumida, sendo a melhor combinação

encontrada o tubo de 101,6 mm e velocidade de 17,6 m/s, reduzindo a potência do gerador de fluxo de 8,4 cv para 6,7 cv, refletindo em economia energética e operacional. O modelo foi validado com um equipamento real, e a configuração otimizada mostrou ganhos em eficiência, segurança e qualidade do transporte.

4.5 Tabela comparativa de parâmetros experimentais

A partir dos estudos averiguados sobre os diferentes testes feitos experimentalmente em transportador pneumático, foi possível construir uma tabela comparativa entre os mesmos, possibilitando uma melhor visualização dos parâmetros de interesse, sendo os mesmos apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Análise comparativa entre os experimentos antes mencionados

Tipos de Grão / Estudo	Diâmetro do Duto (mm)	Vazão (kg/h)	Velocidade (m/s)	Potência (cv)	Quebra (%)
Soja (fase diluída)[1]	117	0 / 362 / 445	Várias	—	—
Soja (friabilidade)[2]	117	95,1 / 368,5 / 564,4	12	—	≈ 0,2%
Farinha de soja [3]	101,6	—	17,6	6,7 (vs 8,4)	—

Fonte: Elaborado pelos autores com base em [1]Santana *et.al.*, 2024; [2]Oliveira *et.al.*, 2017; [3]Schroeder, 2023.

Estudos realizados por Lustoza (2018) propuseram, de forma teórica, um corredor logístico de 16 km entre Paranapiacaba (SP) e o Porto de Santos, utilizando transporte pneumático de soja a longa distância sob regime combinado de fase densa e diluída. A simulação considerou que a rugosidade interna dos dutos gera micro turbulência, reduzindo o coeficiente de atrito e permitindo maior velocidade de escoamento, com menor quebra dos grãos. Assim, adotou-se uma densidade de até 1% em volume para a fase diluída e até 30% para a fase densa. Segundo o autor, o uso de sistemas de transporte por tubulação até o Porto de Santos mostrou ser capaz de preservar os grãos durante todo o trajeto, oferecendo um escoamento eficiente, seguro e ambientalmente sustentável.

4.6. Discussão

Os estudos experimentais apresentados por Santana et al. (2024), Oliveira *et al.* (2017), Schroeder (2023) e Lustoza (2018) evidenciam, de forma complementar, a viabilidade técnica e os benefícios da aplicação do transporte pneumático de grãos, especialmente da soja, em regimes de fase diluída e densa. Esses dados, quando confrontados com as condições operacionais do Porto de Santos, revelam uma alternativa promissora frente aos gargalos logísticos enfrentados atualmente.

Os ensaios com curvas de 45° realizados por Santana *et al.* (2024) mostram como a geometria das tubulações influencia significativamente a queda de pressão ao longo do trajeto, sendo relevante para a realidade do Porto de Santos, onde a complexa infraestrutura e a necessidade de adaptação ao espaço urbano e retroportuário exigem soluções que otimizem o uso de curvas, conexões e variações de elevação.

A correta previsão da perda de carga, por meio de métodos como os de Schroeder (2023), permite não apenas

um dimensionamento mais preciso, mas também a redução da potência exigida por sopradores e compressores, gerando eficiência energética — um aspecto prioritário para sistemas de grande escala como o proposto entre Paranapiacaba e Santos.

Já o estudo de Oliveira et al. (2017) destaca que a friabilidade da soja está diretamente relacionada à geometria dos acessórios (como o tê com prolongamento) e à vazão de transporte. Esses dados são relevantes quanto às operações contínuas e de longo alcance, como o grão-duto proposto por Lustoza (2018), já que a preservação da integridade do grão impacta diretamente no seu valor comercial e na aceitação no mercado internacional.

Em operações portuárias, onde o produto é inspecionado rigorosamente antes do embarque, a redução da quebra de grãos representa uma vantagem competitiva e pode reduzir perdas e custos com reprocessamento, separação ou multas contratuais. A simulação feita por Schroeder (2023), ao demonstrar uma economia de potência de 8,4 cv para 6,7 cv, traduz-se diretamente em reduções significativas de consumo elétrico quando aplicada em escala portuária. Em um contexto como o do Porto de Santos, que enfrenta pressões ambientais e operacionais, a implantação de um sistema automatizado com baixo consumo energético, como sugerido por Almeida (2024) e a Shandong Cad (2025), atende às exigências de sustentabilidade e se alinha com as metas de ESG (Environmental, Social, and Governance) crescentemente exigidas por operadores logísticos e embarcadores.

O modelo proposto por Lustoza (2018) – com 16 km de dutos entre Paranapiacaba e o Porto de Santos – representa uma resposta direta ao colapso da infraestrutura rodoviária da Baixada Santista. Atualmente, o escoamento de grãos depende fortemente do transporte por caminhões, o que sobrecarrega o sistema viário, gera emissões e agrava o trânsito urbano. A substituição parcial ou total desse modal por tubulações automatizadas e contínuas poderia eliminar milhares de viagens anuais, conforme previsto no estudo, mitigando a poluição e o desgaste das vias.

O controle mais preciso do fluxo e a flexibilidade operacional — especialmente no regime de fase densa — se mostram ideais para a realidade portuária, onde interrupções e retomadas do processo logístico são frequentes devido à variação da demanda, condições climáticas e restrições operacionais dos terminais. Preliminarmente, nota-se que o uso combinado de fase diluída e densa, com densidades de 1% e até 30% em volume, respectivamente, conforme Lustoza (2018), demonstra uma abordagem tecnicamente viável para longas distâncias, considerando a segurança do transporte de produtos altamente pulverizados (como farinhas e grãos triturados), conforme destaca a Globe Systems (2021). A adoção desse regime mitigaria riscos de explosões de poeira e contaminações, além de reduzir a abrasividade sobre as tubulações — fator relevante no dimensionamento de manutenção preventiva e vida útil do sistema em áreas costeiras, expostas à umidade e salinidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreende-se que os experimentos estudados apresentam a possibilidade de se cobrir uma significativa área de transporte de soja no Porto de Santos por meio pneumático, todavia essa aplicação exigiria customização do projeto para que este se adeque ao local que seria implementado. Ainda, estudos apontaram para a existência da problemática de que na fase diluída os resultados não foram como almejados, especulando-se como alternativa a aplicação da fase densa.

6. CONCLUSÃO

O transporte pneumático por tubulação para grãos apresenta-se como uma alternativa viável e sustentável ao modal rodoviário na logística do Porto de Santos. Estudos técnicos demonstram sistemas promissores, com baixo impacto físico e ambiental, capazes de conservar o produto e reduzir custos operacionais. Embora os projetos existentes sejam em escala laboratorial ou piloto, há oportunidade real de adaptação para trechos estratégicos, como plataformas logísticas portuárias, para reduzir a dependência de caminhões no entorno.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a fundação CENEP pelo auxílio financeiro na execução desse projeto.

REFERÊNCIAS

Agro ESTADÃO. **Movimentação de carga rodoviária do agro cresce 5,3% em 2024**. 2025. Disponível em: https://agro.estadao.com.br/economia/movimentacao-decarga-rodoviaria-do-agro-cresce-53-em-2024 Acesso em: 15 ago. 2025.

ALMEIDA, Ismael. **Transporte Pneumático: Vantagens que você precisa conhecer.** Mundo Pneumático, 2024. Disponível em: https://www.mundopneumatico.com.br/blog/categorias/artigo/transporte-pneumaticovantagens-que-voce-precisa-conhecer Acesso em: 22 ago. 2025.

ALMEIDA, Ismael. **Transporte Pneumático Fase Densa: 7 Vantagens incríveis.** Mundo Pneumático, 2024. Disponível em: https://www.mundopneumatico.com.br/blog/categorias/artigo/transporte-pneumaacute-tico-fase-densa-7-vantagens-incr-iacute-veis Acesso em: 22 ago. 2025.

Atlas Copco Brasil. **Sistemas de transporte pneumático de grãos – especificações e segurança.** 2025. Disponível em: https://www.atlascopco.com/ptbr/compressors/industry-solutions/pneumatic-conveying-systems/grain-conveyingsystems Acesso em: 22 ago. 2025.

Bry-Air Brasil. **Benefícios do transporte pneumático para a indústria alimentícia.** Blog, 2021. Disponível em: https://www.bryair.com.br/blog/os-beneficios-dotransporte-pneumatico-para-a-industria-alimenticia/ Acesso em: 22 ago. 2025.

LUSTOZA, E. et al. **Grãoduto – transporte pneumático de soja por 16 km.** Anais do Encontro Nacional de Pós-graduação - ENPG, v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: https://ojs.unisanta.br/ENPG/article/view/1603 Acesso em: 29 ago. 2025.

OLIVEIRA, V. S. R.; et al. "Estudo da friabilidade da soja em unidade piloto de transporte pneumático", p. 740-745. In: **Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica** [Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.4]. ISSN Impresso: 2446-8711. São Paulo: Blucher, 2017. Disponível em: https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/estudo-dafriabilidade-da-soja-em-unidade-piloto-de-transporte-pneumtico-25945 Acesso em: 29 ago. 2025.

Prefeitura de Santos. **Diagnóstico de revisão do plano diretor de desenvolvimento e expansão urbana do município de santos.** Disponível em: https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/files/portal_files/SEDURB/3-porto_de_santos.pdf Acesso em: 15 ago. 2025.

RGS Brasil. **Transporte pneumático – fases e vantagens.** Website técnico. 2025. Disponível em: https://www.rgsbrasil.com.br/transporte-pneum%C3%A1tico Acesso em: 22 ago. 2025.

Rosso Industrial. **Transporte pneumático de grãos – descrição e aplicações.** 2025. Disponível em: https://rosso.ind.br/transporte-pneumatico-graos Acesso em: 22 ago. 2025.

SANTANA, Arthur Henrique Gomes de. et.al. **Determinação experimental da perda de carga distribuída no escoamento de grãos de soja por fase diluída em transportador pneumático.** 2024. Iniciação Científica apresentada no Congresso Brasileiro de Iniciação Científica na Universidade Santa Cecília.

SCHROEDER, Daniel. **Avaliação de parâmetros no dimensionamento de um transportador pneumático de farinha de soja.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Mecânica, da Universidade do Vale do Taquari. 2023. Disponível em: https://www.univates.br/bdu/items/c66aac35-cbe7-4eb5-b32d-6f431edb8d12 Acesso em: 29 ago. 2025.

Shandong Cad Industry Machinery Equipment. **Vantagens do Transporte Pneumático no Transporte de Pós e Materiais Granulares.** 2025. Disponível em: https://insights.made-in-china.com/pt/Advantages-of-Pneumatic-Conveying-in-Transporting-Powders-and-Granular-Materials_EtYaJkhxzQlV.html Acesso em: 22 ago. 2025.

Sociedade Nacional de Agricultura. **Brasil vê novos recordes de produção de grãos e velhos problemas de logística.** 2025. Disponível em: https://sna.agr.br/brasil-ve-novos-recordes-de-producao-de-graos-e-velhosproblemas-de-logistica/ Acesso em: 15 ago. 2025.

THEODORO, Carolina Ceci Moino Alves. **Proposta de resiliência em agricultura urbana para subprefeitura de Pinheiros na cidade de São Paulo.** 2023. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-01022024-174519/pt-br.php Acesso em: 23 ago. 2025.

UNISANTA – ACESSORIA DE COMUNICAÇÃO. **Transporte de soja via tubulações é mais eficiente do que por caminhões, aponta dissertação de mestrado.** 2019. Disponível em: https://noticias.unisanta.br/destaques/transporte-desoja-via-tubulacoes-e-mais-eficiente-do-que-por-caminhoes-aponta-dissertacao-demestrado Acesso em: 22 ago. 2025.

ARTIGO 5

BOAS PRÁTICAS DE TECNOLOGIA EM PORT COMMUNITY SYSTEMS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Priscila Bayer de Oliveira Simões
Cesar Augusto Massaro, Msc.
Roberto Pinheiro Paveck, Msc.
Marcelo Schneck de Paula Pessôa, Phd.
Daniel de Oliveira Mota, Phd.
Universidade de São Paulo

RESUMO

A crescente complexidade do comércio internacional ressalta a importância dos Port Community Systems (PCS) para a eficiência portuária. Porém, a literatura carece de uma consolidação sistemática das boas práticas de tecnologia para tais sistemas. Este estudo tem como objetivo identificar, analisar e categorizar tais práticas por meio de uma revisão de literatura e análise de conteúdo. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Scopus e Web of Science, que resultou na análise de 17 artigos acadêmicos. Os resultados identificaram dez categorias de boas práticas tecnológicas para PCS. As mais citadas são: adoção de tecnologias emergentes, interoperabilidade, governança, infraestrutura de TI e análise de dados. O estudo também revelou oito tecnologias emergentes cuja adoção constitui boas práticas de PCS, como Internet das Coisas, inteligência artificial e blockchain, o que demonstra o foco da pesquisa recente em tais ferramentas. A categorização das boas práticas e a identificação das tecnologias relevantes fornecem uma visão abrangente que pode auxiliar gestores portuários, desenvolvedores e pesquisadores a entenderem as tendências essenciais e a aprimorar a eficiência, transparência e competitividade nos portos.

Palavras-chave: Port community systems, boas práticas, tecnologias emergentes.

ABSTRACT

The growing complexity of international trade highlights the importance of Port Community Systems (PCS) for port efficiency. However, literature lacks systematic consolidation of good technology practices for such systems. This study aims to identify, analyze, and categorize these practices through literature review and content analysis. The research was conducted using Scopus and Web of Science databases, which resulted in the analysis of 17 papers. The results identified ten categories of good practices for PCS, with the five most cited being: adoption of emerging technologies, interoperability, governance, IT infrastructure, and data analysis. The study also revealed eight emerging technologies whose adoption constitutes good practices for PCS, such as Internet of Things, artificial intelligence, and blockchain, demonstrating the recent research focus on these tools. The categorization of good practices and the identification of relevant technologies provide a comprehensive overview that can assist port managers, developers, and researchers in understanding essential trends and improving efficiency, transparency, and competitiveness in ports.

Keywords: Port community systems, good practices, emerging technologies.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica do comércio internacional está intrinsecamente ligada à eficiência e à resiliência das cadeias de suprimentos, nas quais os portos marítimos desempenham um papel central e estratégico. Os ecossistemas portuários evoluíram de simples pontos de transbordo para sistemas complexos e multifacetados que operam como centros logísticos e de informação, o que demanda soluções cada vez mais sofisticadas para otimizar operações e garantir competitividade. Em tal contexto, os *Port Community Systems* (PCS) emergem como plataformas colaborativas essenciais ao integrarem os diversos atores do ecossistema portuário e digitalizarem processos para facilitar o fluxo de informações.

Apesar do reconhecimento crescente da importância dos PCS para a eficiência portuária, sua implementação ainda enfrenta desafios significativos, frequentemente relacionados à complexidade tecnológica, à fragmentação de dados e à necessidade de alinhamento entre múltiplos atores. A literatura acadêmica discute diversos aspectos referentes aos PCS, tais como os benefícios econômicos e operacionais obtidos, bem como os desafios de governança e colaboração. Contudo, observa-se uma lacuna na consolidação e categorização sistemática das boas práticas relacionadas à tecnologia que fundamentam o sucesso e a sustentabilidade dos PCS. Compreender quais tecnologias, abordagens e funcionalidades são consideradas boas práticas é fundamental para orientar o desenvolvimento e o aprimoramento destes sistemas em escala global.

Diante de tal contexto, este artigo tem como objetivo principal identificar, analisar e categorizar as boas práticas de tecnologia aplicadas em PCS, conforme evidenciado na literatura científica. Busca-se oferecer uma visão abrangente das dimensões tecnológicas que contribuem para a eficácia e a inovação de tais sistemas, a fim de apoiar gestores portuários, desenvolvedores de tecnologia e pesquisadores na compreensão de tendências e requisitos essenciais. Assim, este estudo busca, especificamente, identificar as principais categorias de boas práticas tecnológicas para

PCS descritas na literatura e examinar quais tecnologias emergentes e consolidadas são reconhecidas como boas práticas.

Para orientar a investigação, apresentam-se as seguintes questões de pesquisa: quais são as principais categorias de boas práticas referentes à tecnologia identificadas na literatura para PCS? Quais tecnologias emergentes e consolidadas são consideradas boas práticas para a otimização e inovação em PCS?

Para alcançar os objetivos e responder às questões de pesquisa, emprega-se a abordagem metodológica de revisão de literatura. Esta abordagem é apoiada por uma análise de conteúdo que visa aprofundar a compreensão das características das boas práticas de tecnologia identificadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta, a fim de embasar conceitualmente a análise proposta neste estudo, definições sobre PCS, o processo de evolução e alguns campos de boas práticas a serem adotadas para viabilizar o sucesso da implantação e operação de PCS.

PCS são plataformas digitais que promovem a integração e o compartilhamento de informações entre os diversos atores envolvidos na operação portuária, tais como autoridades portuárias, terminais, operadores logísticos, aduanas, transportadoras e agentes marítimos. Podem também ser definidos como sistemas neutros e abertos que permitem a troca inteligente e segura de informações entre partes públicas e privadas, com o

objetivo de melhorar a eficiência e a competitividade do comércio portuário (Pagano et al., 2022), (Aloini et al., 2020).

A evolução dos PCS acompanha a crescente complexidade das cadeias logísticas globais, a digitalização de processos e a demanda por maior transparência, rastreabilidade e interoperabilidade entre sistemas. Inicialmente concebidos para automatizar processos documentais, os PCS modernos incorporam funcionalidades analíticas, integração com *single windows* e interoperabilidade com tecnologias emergentes como internet das coisas, *blockchain* e inteligência artificial. Segundo Jovic et al. (2019), tais sistemas são fundamentais para portos que buscam se posicionar como *smart ports*, caracterizados pelo uso intensivo de dados e automação para promover eficiência operacional e sustentabilidade.

A adoção de PCS bem-sucedidos requer mais do que investimentos tecnológicos. Envolve também a implementação de boas práticas que orientam o projeto, a governança e a operação do sistema. Tais práticas são frequentemente associadas a fatores como governança e colaboração multissetorial (Carlan et al., 2016), melhoria contínua e monitoramento (Tsiulin et al., 2020), interoperabilidade (Arduino et al., 2013), capacitação e engajamento (Tijan & Aksentijevic, 2014), processos e documentação (Lupi et al., 2024), sustentabilidade e eficiência operacional (Chandra & Van Hillegersberg, 2022) e segurança/conformidade (Russo & Musolino, 2021).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Revisões de literatura são ferramentas essenciais para mapear e compreender as pesquisas referentes a determinado tópico. Por serem estudos secundários, partem de um protocolo de revisão detalhado que estabelece a questão central e os métodos a serem empregados. Para garantir a identificação do maior número possível de referências sobre o tema, uma estratégia de busca abrangente é traçada e documentada para assegurar o rigor e a replicabilidade do processo. A seleção final dos estudos é feita por meio de critérios de inclusão e exclusão bem definidos. Tal método foi utilizado para a produção deste artigo.

De acordo com Kitchenham & Charters (2007), revisões de literatura são compostas por três fases: planejar, conduzir e disseminar. O Quadro 1 apresenta as fases componentes de uma revisão de literatura bem estruturada:

Quadro 1 – Desdobramento das atividades componentes de uma revisão de literatura

Planejamento – definir:
• Necessidade; • Estrutura; • Questão de pesquisa; • Protocolo de revisão.
Condução:
• Geração da estratégia de pesquisa; • Análise da bibliografia e obtenção dos documentos; • Documentação da pesquisa; • Seleção dos documentos; • Extração dos dados; • Síntese dos dados.
Disseminação:
• Especificação da estratégia; • Formatação do relatório final.

Fonte: autores (adaptado de Kitchenham & Charters (2007).

As revisões de literatura podem ser apoiadas por diversos métodos. Neste artigo é adotado o método "análise de conteúdo". Análises de conteúdo são adotadas para identificar e quantificar os termos relevantes para o tema de pesquisa por meio da leitura dos artigos selecionados pelos critérios de inclusão e exclusão, o que possibilita analisar significados por compreensão subjetiva (Renz et al., 2018). Compreende a codificação dos principais conceitos identificados durante a leitura dos artigos, que posteriormente passaram por contagem de ocorrências e classificação. Para a escrita deste trabalho, os artigos selecionados foram lidos na íntegra e identificaram-se os principais itens relacionados às questões de pesquisa, que passaram por contagem e agrupamento em categorias.

3.1 Identificação e seleção dos artigos

Para gerar a amostra inicial de documentos acadêmicos, primeiro foram selecionadas as bases de dados, a construção da chave de busca e a aplicação de filtros durante a pesquisa para selecionar os artigos mais apropriados.

As bases de dados selecionadas são Scopus e Web of Science devido à consolidada confiabilidade e utilização pela comunidade científica (Pranckutė, 2021). Na primeira execução de busca, foram selecionados artigos, artigos de revisão e early access. Não foram aplicados filtros para limitação de período a fim de serem identificados os artigos mais influentes e construir o panorama da pesquisa no tempo. Após alguns testes, a primeira iteração foi executada em 08 de julho de 2025. A chave de busca é composta pelos termos "*("Port Community System") and ("best practices" or "good practices" or "recommendation" or "framework" or "guidelines" or "implementation strategies" or "success factors" or "lesson* learned" or "critical factors" or "port efficiency" or "port management" or "challenge*" or "barrier*") and ("implement*" or "adoption" or "operation*" or "management") and ("technolog*" or "emergent" or "innovation" or "data" or "transparency" or "interoperability" or "big data" or "artificial intelligence" or "internet of things" or "blockchain")*". Este processo é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Chave de busca

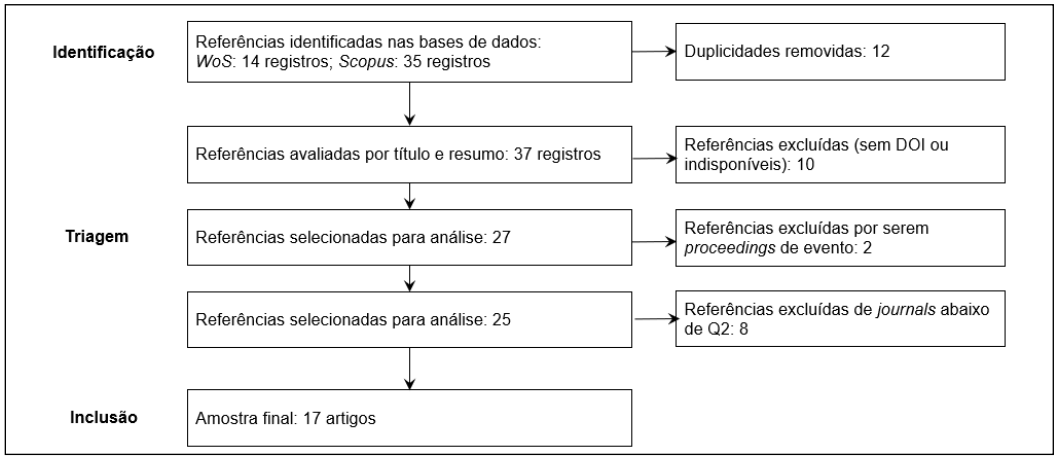
Base de dados	Campos	Chave de busca
Scopus	*Article Title, Abstract, Keywords*	*("Port Community System") and ("best practices" or "good practices" or "recommendation" or "framework" or "guidelines" or "implementation strategies" or "success factors" or "lesson* learned" or "critical factors" or "port efficiency" or "port management" or "challenge*" or "barrier*") and ("implement*" or "adoption" or "operation*" or "management") and ("technolog*" or "emergent" or "innovation" or "data" or "transparency" or "interoperability" or "big data" or "artificial intelligence" or "internet of things" or "blockchain")*
Web of Science	*Topic*	

Fonte: Autores (2025)

Após a busca dos artigos com a chave de busca apresentada, os resultados foram exportados em formato BibTeX. Foram encontrados, inicialmente, 14 artigos na Web of Science e 35 na Scopus. A fim de gerar uma base única, foi executado um processo de consolidação e limpeza dos dados na ferramenta RStudio, o que resultou em uma amostra de 37 artigos.

Esta amostra foi analisada pela leitura de títulos e abstracts e recebeu os critérios de inclusão e exclusão. Com este processo foram selecionados 17 artigos para leitura integral. Estes artigos formam a base final de documentos utilizados para compor este trabalho. A Figura 1 ilustra o processo de obtenção da amostra final.

Figura 1 – Seleção de referências bibliográficas



Fonte: Autores (2025)

3.2 Análise dos dados

Além de selecionar as referências, foi necessário eleger métodos e ferramentas para apoiar a análise e gerar os resultados para discussão em formato visual. Conforme já citado, escolheu-se o método "análise de conteúdo". Esta foi construída por meio da catalogação e leitura dos artigos selecionados com o apoio da ferramenta Excel. Para estruturar a análise de conteúdo, foram contadas e classificadas as ocorrências de cada um dos itens identificados nos artigos selecionados. O Quadro 3 relaciona as ferramentas às questões de pesquisa propostas.

Quadro 3 – Questões de pesquisa, métodos e ferramentas

Quadro 3 – Questões de pesquisa, métodos e ferramentas			
Id	**Questão de pesquisa**	**Método**	**Ferramenta**
QP1	Quais são as principais categorias de boas práticas referentes à tecnologia identificadas na literatura para PCS?	Análise de conteúdo	Excel
QP2	Quais tecnologias emergentes e consolidadas são consideradas boas práticas para a otimização e inovação em PCS?	Análise de conteúdo	Excel

Fonte: Autores (2025)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de análise de conteúdo é utilizado, no estudo dos artigos selecionados, com a finalidade de identificar e quantificar termos relevantes para a pesquisa. O resultado é uma análise de compreensão subjetiva dos itens identificados. (Renz et al., 2018).

Para a elaboração desta análise de conteúdo, todos os artigos selecionados e listados na base final de dados foram lidos e analisados. Seguiu-se a metodologia: estudo dos artigos, identificação de termos-chave relacionados às questões de pesquisa, agrupamento e contagem da ocorrência de tais termos. As tabelas seguintes apresentam o resultado da análise de conteúdo, com os termos identificados, artigos em que figuram e quantidade de ocorrências.

A primeira questão de pesquisa é respondida na análise apresentada na Tabela 1, que apresenta os principais agrupamentos de boas práticas de PCS relacionadas à tecnologia. Os cinco termos mais citados, em ordem decrescente, são "adoção de tecnologias emergentes", "interoperabilidade", "governança", "infraestrutura de TI" e "análise de dados".

Tabela 1 – Análise de conteúdo: agrupamento de boas práticas

Grupo de boas práticas	Referências	N
Adoção de tecnologias emergentes	Tsiulin et al. (2020), Čerin & Beškovnik (2023), Arduino et al. (2013), Carlan et al. (2016), Kenyon et al. (2018), Saragiotis (2019), Lupi et al. (2024), Barasti et al. (2021), Caldeirinha et al. (2022), Tessmann & Elbert (2022), Russo & Musolino (2021), Pagano et al. (2022), Lambrou et al. (2013), Moros-Daza et al. (2020), Nasser et al. (2025), Musolino et al. (2022)	27
Interoperabilidade	Tsiulin et al. (2020), Čerin & Beškovnik (2023), Arduino et al. (2013), Carlan et al. (2016), Kenyon et al. (2018), Saragiotis (2019), Lupi et al. (2024), Barasti et al. (2021), Tessmann & Elbert (2022), Russo & Musolino (2021), Pagano et al. (2022), Lambrou et al. (2013), Moros-Daza et al. (2020), Musolino et al. (2022)	21
Governança	Tsiulin et al. (2020), Saragiotis (2019), Lupi et al. (2024), Barasti et al. (2021), Russo & Musolino (2021), Mubder (2024), Lambrou et al. (2013), Moros-Daza et al. (2020), Nasser et al. (2025), Musolino et al. (2022)	14
Infraestrutura de TI	Čerin & Beškovnik (2023), Arduino et al. (2013), Kenyon et al. (2018), Barasti et al. (2021), Caldeirinha et al. (2022), Tessmann & Elbert (2022), Lambrou et al. (2013), Moros-Daza et al. (2020)	13
Análise de dados	Tsiulin et al. (2020), Kenyon et al. (2018), Saragiotis (2019), Barasti et al. (2021), Tessmann & Elbert (2022), Russo & Musolino (2021), Mubder (2024), Pagano et al. (2022), Nasser et al. (2025)	11
Segurança da informação	Tsiulin et al. (2020), Čerin & Beškovnik (2023), Carlan et al. (2016), Tessmann & Elbert (2022), Mubder (2024), Pagano et al. (2022), Lambrou et al. (2013), Moros-Daza et al. (2020)	9
Automação de processos	Tsiulin et al. (2020), Kenyon et al. (2018), Lupi et al. (2024), Russo & Musolino (2021), Lambrou et al. (2013), Musolino et al. (2022)	7
Evolução de sistemas	Čerin & Beškovnik (2023), Arduino et al. (2013), Carlan et al. (2016), Mubder (2024), Moros-Daza et al. (2020)	6
Treinamento de usuários	Carlan et al. (2016), Mubder (2024)	2
Análise de desempenho	Saragiotis (2019)	1

Fonte: Autores (2025)

A categoria relacionada à adoção de tecnologias emergentes inclui serviços em nuvem, captura e análise de dados em tempo real, tecnologias de comunicação, capacitação de usuários, *big data*, *blockchain*, internet das coisas e inteligência artificial. A categoria de interoperabilidade pode ser desdobrada em alguns itens, tais como integração de sistemas, padronização e interconectividade. Por fim, a categoria "governança" é formada por itens tais como gestão de investimentos em tecnologia, relacionamento entre *stakeholders*, padrões e normas técnicas.

Além disso, foram identificados itens relacionados a tecnologias emergentes como boas práticas de PCS. A Tabela 2 apresenta os resultados desta análise.

Tabela 2 – Análise de conteúdo: tecnologias emergentes e boas práticas

Tecnologias	Referências	N
Internet das coisas	Tsiulin et al. (2020), Čerin & Beškovnik (2023), Carlan et al. (2016), Saragiotis (2019), Barasti et al. (2021), Caldeirinha et al. (2022), Tessmann & Elbert (2022), Russo & Musolino (2021), Pagano et al. (2022), Lambrou et al. (2013), Moros-Daza et al. (2020), Nasser et al. (2025), Musolino et al. (2022)	17
Inteligência artificial	Tsiulin et al. (2020), Čerin & Beškovnik (2023), Saragiotis (2019), Lupi et al. (2024), Barasti et al. (2021), Caldeirinha et al. (2022), Tessmann & Elbert (2022), Russo & Musolino (2021), Mubder (2024), Pagano et al. (2022), Moros-Daza et al. (2020), Nasser et al. (2025), Musolino et al. (2022)	14
Blockchain	Tsiulin et al. (2020), Čerin & Beškovnik (2023), Carlan et al. (2016), Lupi et al. (2024), Barasti et al. (2021), Tessmann & Elbert (2022), Russo & Musolino (2021), Pagano et al. (2022), Lambrou et al. (2013), Nasser et al. (2025), Musolino et al. (2022)	11
Big data	Carlan et al. (2016), Kenyon et al. (2018), Lupi et al. (2024), Barasti et al. (2021), Caldeirinha et al. (2022), Russo & Musolino (2021), Moros-Daza et al. (2020), Musolino et al. (2022)	8
5G	Čerin & Beškovnik (2023), Barasti et al. (2021), Pagano et al. (2022), Nasser et al. (2025)	4
Computação em nuvem	Tsiulin et al. (2020), Kenyon et al. (2018), Lambrou et al. (2013), Moros-Daza et al. (2020)	4
Contratos inteligentes	Tsiulin et al. (2020), Nasser et al. (2025)	2
Gêmeos digitais	Lupi et al. (2024), Russo & Musolino (2021)	2

Fonte: Autores (2025)

Conforme ilustrado pelas Tabelas 1 e 2, foram encontrados padrões de classificação dos artigos de acordo com o estudo. Assim, responde-se a primeira questão de pesquisa (QP1 – quais são as principais categorias de boas práticas referentes à tecnologia identificadas na literatura para PCS?) da seguinte forma: foram identificados dez agrupamentos. São eles: adoção de tecnologias emergentes, interoperabilidade, governança, infraestrutura de TI, análise de dados, segurança da informação, automação de processos, evolução de sistemas, treinamento de usuários e análise de desempenho. É possível responder à segunda questão de pesquisa (QP2 – quais tecnologias emergentes e consolidadas são consideradas boas práticas para a otimização e inovação em PCS?). Afirma-se, em resposta, que as tecnologias consideradas boas práticas para PCS são oito: internet das coisas, inteligência artificial, *blockchain*, *big data*, 5G, computação em nuvem, contratos inteligentes e gêmeos digitais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo principal identificar, analisar e categorizar as boas práticas de tecnologia aplicadas em PCS, conforme analisado na literatura científica. A crescente complexidade das cadeias de suprimentos globais e a necessidade de otimização das operações portuárias ressaltam a importância de soluções tecnológicas sofisticadas para a eficiência e competitividade dos ecossistemas portuários. Embora os PCS sejam reconhecidos como plataformas colaborativas essenciais, sua implementação ainda enfrenta desafios e a literatura apresenta uma lacuna na consolidação sistemática das boas práticas referentes à tecnologia.

Por meio de uma revisão da literatura, apoiada pela análise de conteúdo, foi possível responder às questões de pesquisa propostas. Em relação à primeira questão (QP1: quais são as principais categorias de boas práticas referentes à tecnologia identificadas na literatura para PCS?), identificaram-se dez agrupamentos de boas práticas: adoção de tecnologias emergentes, interoperabilidade, governança, infraestrutura de TI, análise de dados, segurança da informação, automação de processos, evolução de sistemas, treinamento de usuários e análise de desempenho. Dentre estes, a adoção de tecnologias emergentes, interoperabilidade, governança, infraestrutura de TI e análise de dados foram as cinco mais citadas na literatura.

Quanto à segunda questão de pesquisa (QP2: quais tecnologias emergentes e consolidadas são consideradas boas práticas para a otimização e inovação em PCS?), o estudo revelou oito tecnologias consideradas boas práticas para PCS: internet das coisas, inteligência artificial, *blockchain*, *big data*, 5G, computação em nuvem, contratos inteligentes e gêmeos digitais. A prevalência da internet das coisas, inteligência artificial e *blockchain* como tecnologias emergentes mais citadas demonstra o foco da pesquisa recente na aplicação de tais ferramentas para otimizar e inovar os PCS.

Os resultados deste estudo oferecem uma visão abrangente das dimensões tecnológicas que contribuem para a eficácia e a inovação dos PCS e fornecem um guia valioso para gestores portuários, desenvolvedores de tecnologia e pesquisadores. A categorização das boas práticas e a identificação das tecnologias emergentes relevantes podem auxiliar na formulação de estratégias para o desenvolvimento e aprimoramento de PCS em escala global e na promoção de maior eficiência operacional, transparência e competitividade nos portos.

Como limitações deste estudo, destaca-se que a análise de conteúdo foi baseada nos termos identificados durante a leitura dos artigos e na sua frequência, o que, embora sistemático, pode ter nuances que uma abordagem mais aprofundada de cada artigo individualmente poderia revelar. Além disso, foram selecionados para análise apenas artigos publicados em periódicos Q2 ou acima. Sugere-se, para pesquisas futuras, a realização de estudos de caso em portos específicos para validar e aprofundar a compreensão das boas práticas de tecnologia identificadas, além de explorar os desafios e oportunidades de implementação das tecnologias em diferentes

contextos portuários. A investigação da interação entre as diversas categorias de boas práticas e seu impacto no desempenho global dos PCS também representa um caminho possível para estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ALOINI, D.; BENEVENTO, E.; STEFANINI, A.; ZERBINO, P. Process fragmentation and port performance: Merging SNA and text mining. **International Journal of Information Management**, v. 51, p. 101925, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.03.012.

ARDUINO, G. et al. How to turn an innovative concept into a success? An application to seaport-related innovation. **Research in Transportation Economics**, v. 42, n. 1, p. 97-107, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.11.002.

BARASTI, D. et al. An ICT Prototyping Framework for the "Port of the Future." **Sensors,** v. 22, n. 1, p. 246, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/s22010246.

CALDEIRINHA, V.; NABAIS, J. L.; PINTO, C. Port Community Systems: Accelerating the Transition of Seaports toward the Physical Internet—The Portuguese Case. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 10, n. 2, p. 152, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/jmse10020152.

CARLAN, V.; SYS, C.; VANELSLANDER, T. How port community systems can contribute to port competitiveness: Developing a cost–benefit framework. **Research in Transportation Business & Management**, v. 19, p. 51-64, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.03.009.

ČERIN, P.; BEŠKOVNIK, B. Enhancing Sustainability through the Development of Port Communication Systems: A Case Study of the Port of Koper. **Sustainability**, v. 16, n. 1, p. 348, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su16010348.

CHANDRA, D. R.; VAN HILLEGERSBERG, J. Governance of inter-organizational systems: a longitudinal case study of Rotterdam's Port Community System. **International Journal of Information Systems and Project Management**, v. 6, n. 2, p. 47-68, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.12821/ijispm060203.

JOVIC, M. et al. The Transition of Croatian Seaports into Smart Ports. In: INTERNATIONAL CONVENTION ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, ELECTRONICS AND MICROELECTRONICS (MIPRO), 42., 2019. **Anais [...].** Rijeka, Croácia: MIPRO, 2019. p. 1386-1390. Disponível em: https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8757111.

KENYON, G. N. et al. Improving the return on investment in ports: opportunities in data management. **Maritime Economics & Logistics**, v. 20, n. 4, p. 514-530, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1057/s41278-017-0078-4.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. M. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Keele: Keele University, 2007. 57 p.

LAMBROU, M. A. et al. Service-oriented computing and model-driven development as enablers of port information systems: an integrated view. **WMU Journal of Maritime Affairs**, v. 12, n. 1, p. 41-61, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13437-012-0035-0.

LUPI, M. et al. Design and Development of a New Web Platform for the Management of Physical Flows and Customs Documents at Port Terminals. Logistics, v. 9, n. 1, p. 4, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/logistics9010004.

MOROS-DAZA, A.; AMAYA-MIER, R.; PATERNINA-ARBOLEDA, C. Port Community Systems: A structured literature review. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 133, p. 27-46, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.021.

MUBDER, A. A. A. M. The implementation of berth allocation policies that enable Just-in-Time arrival in port calls. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 54, n. 6, p. 610-630, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1108/IJPDLM-11-2023-0442.

MUSOLINO, G.; PEDA, G.; RUSSO, F. EMERGING ICT AND PORT COMMUNITY SYSTEMS: A SURVEY OF SCIENTIFIC LITERATURE. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN TRANSPORT AND THE ENVIRONMENT, 28., 2022. **Anais [...].** Wessex, UK: WIT Press, 2022. p. 123-135. Disponível em: https://doi.org/10.2495/UMT220111.

NASSER, A.; OUZAYD, F.; ECH-CHEIKH, H. Blockchain technology in maritime single window and port community systems: A bibliometric analysis and systematic literature review. **Telematics and Informatics Reports**, v. 18, p. 100206, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100206.

PAGANO, P.; ANTONELLI, S.; TARDO, A. C-Ports: A proposal for a comprehensive standardization and implementation plan of digital services offered by the "Port of the Future." **Computers in Industry**, v. 134, p. 103556, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103556.

PRANCKUTĖ, R. Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. **Publications**, v. 9, n. 1, p. 12, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/publications9010012.

RENZ, S. M.; CARRINGTON, J. M.; BADGER, T. A. Two Strategies for Qualitative Content Analysis: An Intramethod Approach to Triangulation. **Qualitative Health Research**, v. 28, n. 5, p. 824-831, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1177/1049732317753586.

RUSSO, F.; MUSOLINO, G. The Role of Emerging ICT in the Ports: Increasing Utilities According to Shared Decisions. **Frontiers in Future Transportation**, v. 2, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3389/ffutr.2021.722812.

SARAGIOTIS, P. Business process management in the port sector: a literature review. **Maritime Business Review**, v. 4, n. 1, p. 49-70, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1108/MABR-10-2018-0042.

TESSMANN, R.; ELBERT, R. Multi-sided platforms in competitive B2B networks with varying governmental influence – a taxonomy of Port and Cargo Community System business models. **Electronic Markets**, v. 32, n. 2, p. 829-872, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12525-022-00529-z.

TIJAN, E.; AKSENTIJEVIC, S. Seaport cluster information systems — A foundation for Port Community Systems' architecture. In: INTERNATIONAL CONVENTION ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, ELECTRONICS AND MICROELECTRONICS (MIPRO), 37., 2014, Opatija. **Anais [...]**. Opatija: MIPRO, 2014. p. 1557-1562. Disponível em: https://doi.org/10.1109/MIPRO.2014.6859813.

TSIULIN, S. et al. Blockchain-based applications in shipping and port management: a literature review towards defining key conceptual frameworks. **Review of International Business and Strategy**, v. 30, n. 2, p. 201-224, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1108/RIBS-04-2019-0051.

ARTIGO 6

PORTOS E ODS 13: NAPS, REGIMES INTERNACIONAIS E GOVERNANÇA MULTINÍVEL PARA MITIGAR RISCOS CLIMÁTICOS COSTEIROS — O CASO NORMATIVO DE SANTOS

Me. Tawan Ranny
Autoridade Portuária de Santos,
ETEC Dona Escolástica Rosa,
Universidade Católica de Santos

RESUMO

Os portos concentram fluxos críticos do comércio global e operam em zonas costeiras vulneráveis a ressacas, inundações e elevação do nível do mar. À luz do ODS 13, este artigo sustenta que normas internas portuárias (NAPs) podem traduzir e amplificar a efetividade de regimes internacionais existentes — UNCLOS, MARPOL, BWM, OPRC e Basileia — quando acopladas a métricas (MRV), auditorias independentes e incentivos econômicos. Com base em análise dogmática e comparação internacional (Roterdã, Singapura, Durban), desenvolvemos uma arquitetura mínima de "Regime Ambiental Internacional dos Portos (RAIP)", concebida como soft law setorial que alinha princípios, cláusulas-padrão e indicadores auditáveis à prática cotidiana do cais. O caso de Santos é tomado como referência normativa pública para demonstrar convergências entre NAPs e tratados, sem avaliação empírica de desempenho. Conclui-se que a integração normativa orientada a MRV e transparência cria capacidades institucionais para mitigação e adaptação climática, reduzindo riscos operacionais e alinhando incentivos econômicos a objetivos ambientais.

Palavras-chave: Portos; ODS 13; Regimes internacionais; MARPOL; Governança multinível; Auditoria ambiental.

ABSTRACT

Ports are critical gateways of global trade and operate in coastal zones exposed to storm surges, flooding and sea-level rise. In line with SDG 13, this article argues that port-level internal norms can translate and enhance the effectiveness of existing international regimes — UNCLOS, MARPOL, BWM, OPRC and Basel — when combined with MRV metrics, independent auditing, and economic incentives. Based on doctrinal analysis and concise international comparison (Rotterdam, Singapore, Durban), we outline a minimal architecture for a "International Environmental Regime for Ports (RAIP)" as sectoral soft law aligning principles, standard clauses and auditable indicators with day-to-day port operations. Using Santos as a public normative reference (without empirical performance assessment), we show convergences between NAPs and treaties. We conclude that MRV- and transparency-oriented integration builds institutional capacity for mitigation and adaptation, reducing operational risks and aligning economic incentives with environmental goals.

Keywords: Ports; SDG 13; International regimes; MARPOL; Multilevel governance; Environmental auditing

1. INTRODUÇÃO

O transporte marítimo permanece a espinha dorsal do comércio internacional: mais de 80% do volume do comércio global de mercadorias é transportado por via marítima (UNCTAD, 2023).

A preponderância logística dos portos convive com vulnerabilidades climáticas típicas de zonas costeiras — ressacas, inundações e marés meteorológicas — que pressionam operações, infraestrutura e seguros.

Em resposta, o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 13 - ODS 13 convoca a integrar medidas relativas à mudança do clima em políticas, estratégias e planejamento, reforçando resiliência e adaptação como metas transversais (ONU, 2015).

No plano jurídico, não há vazio normativo. A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar - *United Nations Convention on the Law of the Sea* - UNCLOS estabelece o dever geral dos Estados de proteger e preservar o meio marinho (arts. 192 e 194), enquanto disciplina a prevenção da poluição por navios (Anexos I–VI); a Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos dos Navios - International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments - BWM trata do gerenciamento da água de lastro; e o *Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo* - International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation - OPRC organiza preparação, resposta e cooperação em incidentes de poluição por óleo.

Esses comandos internacionais são internalizados no Brasil por legislação específica — notadamente a Lei nº 9.966/2000, sobre prevenção, controle e fiscalização de poluição por óleo e outras substâncias em águas sob jurisdição nacional, e a Resolução CONAMA nº 306/2002, que estabelece requisitos mínimos e termo de referência para auditorias ambientais (BRASIL, 2000; CONAMA, 2002).

Este artigo parte da hipótese de que normas internas da Autoridade Portuária de Santos (NAPs), quando calibradas com MRV (Monitoramento, Reporte e Verificação), auditoria independente e incentivos econômicos, podem operacionalizar o ODS 13 e ampliar a efetividade de regimes internacionais, sem necessidade de novo tratado.

Para demonstrar, adotamos três movimentos: (i) fundamentação teórica (regimes, governança multinível e compliance cooperativo); (ii) mapeamento normativo (NAPs - MARPOL/BWM/ Basileia/UNCLOS - ODS 13) em chave dogmática; e (iii) comparação internacional focada em instrumentos replicáveis (MRV, auditorias, inspeções por risco e *green port dues*). O caso de Santos é utilizado como referência normativa pública, sem recorrer a dados internos ou a avaliações de desempenho de relatórios não publicizados.

A contribuição é dupla. Do ponto de vista analítico-jurídico, oferecemos uma leitura de convergências e lacunas entre normas portuárias e regimes internacionais, apontando ajustes que elevam verificabilidade e transparência.

Do ponto de vista propositivo, delineamos uma arquitetura mínima de Regime Ambiental Internacional dos Portos (RAIP) — um *soft law* setorial que organiza princípios, cláusulas-padrão e métricas auditáveis para mitigação e adaptação climática no cotidiano portuário.

Ao posicionar o porto como nó de governança multinível, sustentamos que arranjos de reconhecimento mútuo e

dados abertos podem criar efeitos de rede e reduzir custos de transação, convertendo sustentabilidade em vantagem competitiva.

Estrutura. A Seção 2 desenvolve o referencial teórico; a Seção 3 mapeia o marco normativo local e sua integração com regimes internacionais; a Seção 4 apresenta boas práticas internacionais (Roterdã, Singapura e Durban) focadas em instrumentos; e a Seção 5 traz as considerações finais, com agenda de pesquisa e implementação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Regimes internacionais ambientais e sua efetividade

A literatura de regimes internacionais conceitua "regime" como o conjunto de princípios, normas, regras e procedimentos de tomada de decisão em torno de uma área temática (KEOHANE; NYE, 2011; SANDS, 2018).

No campo ambiental, essa arquitetura ganhou densidade com instrumentos como MARPOL, BWM, OPRC, Basileia e a UNCLOS, que definem obrigações de prevenção, controle e resposta à poluição marinha, gerenciamento de resíduos e proteção do meio marinho (BEYERLIN; MARAUHN, 2011; RAJAMANI; PEEL, 2021).

A efetividade desses regimes não se esgota no texto dos tratados; depende de mecanismos de implementação doméstica, da capacidade institucional e de incentivos alinhados (CHAYES; CHAYES, 1995).

Estudos sobre *epistemic communities* mostram como redes de especialistas (marítimo-ambientais, classificadoras, autoridades portuárias) difundem padrões e práticas que tornam o cumprimento socialmente esperado (HAAS, 1992).

Na mesma direção, Young (1999) destaca que a efetividade decorre de mecanismos causais — informacionais, normativos e organizacionais — que conectam regras a comportamentos.

Para portos, a relevância desses regimes é dupla:

I. Os tratados criam parâmetros mínimos (por exemplo, proibições de descargas e exigência de instalações de recebimento sob MARPOL; prontidão e cooperação sob OPRC; padrões D-1/D-2 para lastro sob BWM; controles transfronteiriços sob Basileia; e deveres gerais de proteção do meio marinho sob UNCLOS); e

II. Abrem espaço para arranjos complementares ao nível portuário (procedimentos operacionais, inspeções baseadas em risco, reporte e auditorias) que, se bem desenhados, amplificam a eficácia dos regimes (SANDS, 2018; IMO, 2011).

2.2 Governança multinível, interdependência complexa e compliance cooperativo

A operação portuária é um caso clássico de governança multinível: decisões são tomadas e implementadas por uma teia de atores (autoridade portuária, autoridade marítima, agências ambientais, terminais, armadores, práticos, fabricantes de equipamentos), conectados por arranjos formais e informais (SLAUGHTER, 2004).

Em contextos de interdependência complexa, a cooperação se dá por múltiplos canais (técnicos, regulatórios, mercadológicos), em que o uso da força é substituído por incentivos, informação e reputação (KEOHANE; NYE, 2011).

Sob a lente do *compliance*, a "escola da gestão" argumenta que a maior parte das falhas decorre de capacidade limitada e ambiguidade normativa — logo, soluções eficazes combinam assistência técnica, transparência, verificação e aprendizado (CHAYES; CHAYES, 1995).

O “direito interacional” de Brunnée e Toope enfatiza que normas ganham legitimidade (e adesão) quando são internalizadas por práticas reiteradas e por comunidades profissionais, sustentadas por justificativas compartilhadas (BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

No setor portuário, isso significa que normas internas (como Normas da Autoridade Portuária - NAPs), mecanismos de MRV, auditorias independentes, inspeções baseadas em risco e incentivos tarifários (*green port dues*) podem operar como ponte entre regimes internacionais e o cotidiano operacional, reduzindo custos de transação e ancorando mudanças comportamentais (NORTH, 1990 [2013]).

A literatura de economia e gestão portuária corrobora: políticas que combinam padrões tecnológicos e instrumentos econômicos elevam a performance ambiental sem desorganizar a competitividade (NOTTEBOOM; PALLIS; RODRIGUE, 2022).

2.3 ODS 13 e portos como *clusters* sustentáveis

O ODS 13 convoca Estados e organizações a integrarem medidas relativas à mudança do clima em políticas, estratégias e planejamento, com ênfase em adaptação e resiliência (ONU, 2015).

Portos são infraestruturas críticas localizadas em zonas costeiras vulneráveis (elevação do nível do mar, ressacas, inundações) e, ao mesmo tempo, nós logísticos por onde circulam riscos ambientais (óleo, resíduos, perigosas, lastro).

A noção de portos como clusters sustentáveis destaca que o desempenho ambiental emerge de interações entre múltiplos atores locais, inovações processuais e especialização institucional (HAEZENDONCK; VERBEKE, 2018).

Nessa perspectiva, o ODS 13 funciona como métrica transversal que organiza prioridades:

I. Mitigação (Inventários gases de efeito estufa, eficiência energética, eletrificação de operações, uso de Port Reception Facilities);

II. Adaptação (planejamento para eventos extremos e continuidade operacional); e

III. Capacidade institucional (dados, transparência, verificação).

Uma abordagem sistêmica é necessária para evitar “silos regulatórios”: decisões sobre resíduos, perigosas, lastro e dragagem têm interdependências operacionais e jurídicas, devendo ser tratadas como subsistemas acoplados (CAPRA, 1982).

Instrumentos como MARPOL (Anexos I–VI), BWM, OPRC, Basileia e UNCLOS já oferecem um léxico comum; ao nível portuário, normas internas e procedimentos operacionais podem traduzir esse léxico em rotinas verificáveis (IMO, 2011; BEYERLIN; MARAUHN, 2011).

Desse modo, sustenta-se a hipótese central deste artigo: NAPs bem calibradas e auditáveis, combinadas a mecanismos de MRV, auditoria independente e incentivos econômicos, operacionalizam o ODS 13 no cotidiano portuário e pavimentam o desenho de um Regime Ambiental Internacional dos Portos (RAIP), entendido como uma arquitetura mínima de princípios, cláusulas-padrão e métricas que reconhece e alinha o que já existe nos regimes internacionais a práticas portuárias específicas.

3. MARCO NORMATIVO LOCAL E INTEGRAÇÃO COM REGIMES INTERNACIONAIS

3.1 Normas da Autoridade Portuária de Santos (NAPs): escopo e obrigações nucleares

As Normas da Autoridade Portuária (NAPs) são o principal instrumento infralegal de organização das atividades portuárias sob gestão da Autoridade Portuária de Santos - APS. Elas concretizam deveres de prevenção, controle e resposta que aparecem de forma difusa no direito internacional do mar e do meio ambiente (UNCLOS; MARPOL; OPRC; BWM; Basileia) e na legislação brasileira (Lei nº 9.966/2000; Res. CONAMA 306/2002; 381/2006).

- NAP 003/2021 – Cercos de contenção em operações de abastecimento: estabelece o uso preventivo de barreiras/booms e protocolos de prontidão durante manobras de *bunkering*, alinhando-se ao paradigma de "prevenção + capacidade de resposta" (MARPOL Anexo I; OPRC; UNCLOS arts. 192 e 194) (IMO, 2011; UNCLOS, 1982; OPRC, 1990).

- NAP 004/2021 – Abastecimento de combustíveis e lubrificantes: disciplina transferências óleo-óleo e óleo-terra/terra-navio (controle operacional, reporte e inspeção), espelhando o padrão MARPOL I e o dever de estabelecer regras para prevenção à poluição por descargas de óleo (UNCLOS art. 211) (MARPOL, 1973/78; UNCLOS, 1982).

- NAP 005/2021 – Lavagem de porões de graneleiros: condiciona/organiza a gestão de resíduos e efluentes de lavagem (proibição/controle de descarte ao mar, uso de instalações de recebimento), convergindo com MARPOL Anexo V (resíduos/*cargo residues*) e, quando aplicável, com o Anexo II (substâncias nocivas líquidas a granel) (MARPOL, 1973/78).

- NAP 002/2021 – Resíduos de embarcações: estrutura as instalações portuárias de recebimento (PRFs) para óleo, lixo e esgoto (MARPOL Anexos I, IV e V), com cadeia de custódia e destinação ambientalmente adequada; em fluxos transfronteiriços de resíduos, dialoga com a Convenção da Basileia (MARPOL, 1973/78; BASEL CONVENTION, 1989).

- NAP 002/2021 – Uso do Polígono de Disposição Oceânica (PDO): regula a disposição de sedimentos dragados, exigindo licenciamento e monitoramento; espelha o dever de os Estados regularem o *dumping* e adotarem regras compatíveis com padrões internacionalmente aceitos (UNCLOS art. 210) (UNCLOS, 1982).

- NAP 011/2022 – Mercadorias perigosas: organiza declaração, classificação/segregação e fluxo de informações para bens perigosos, em consonância com MARPOL Anexo III e o IMDG Code (adotado sob SOLAS) (MARPOL, 1973/78; IMO, IMDG).

- NAP 016/2022 – Manutenção de embarcações: condiciona atividades de manutenção no porto à contenção de efluentes/partículas e ao uso de PRFs, prevenindo descargas acidentais (MARPOL Anexos I e V; UNCLOS arts. 194 e 211) (MARPOL, 1973/78; UNCLOS, 1982).

Em termos de ODS 13, essas NAPs operacionalizam mitigação de riscos (prevenção de derrames, gestão de resíduos) e adaptação (continuidade operacional em acidentes ambientais), traduzindo obrigações internacionais em rotinas verificáveis no nível do porto (SANDS, 2018; BEYERLIN; MARAUHN, 2011).

3.2 Convergência NAPs, Regimes internacionais, ODS 13

A convergência pode ser sintetizada em três eixos, que depois serão destrinchados em texto corrido na seção de desenvolvimento:

1. Prevenção e resposta a poluição por óleo e substâncias nocivas – NAP 003/2021 e 004/2021 se alinham a MARPOL Anexo I (prevenção de descargas) e ao OPRC (preparação e cooperação para resposta), materializando o dever geral de proteger e preservar o meio marinho (UNCLOS arts. 192, 194). Os procedimentos de contenção, prontidão e reporte contribuem para as metas 13.1 e 13.2 (ONU, 2015; OPRC, 1990; IMO, 2011).

2. Gestão de resíduos de navios e carga – NAP 005/2021 e 002/2021 (PRFs) traduzem no plano portuário as proibições/condicionamentos de MARPOL Anexos V, IV e I, com reforço de rastreabilidade e destinação; quando houver movimentação transfronteiriça de resíduos, aplica-se a lógica de consentimento prévio da Basileia (MARPOL, 1973/78; BASEL CONVENTION, 1989).

3. Dumping de sedimentos dragados e perigosas – NAP PDO (002/2021) observa o licenciamento e monitoramento compatíveis com o art. 210 da UNCLOS; NAP 011/2022 dialoga com MARPOL Anexo III e IMDG Code, reforçando o controle documental e segregação em benefício da segurança ambiental e operacional (UNCLOS, 1982; MARPOL, 1973/78).

Essa malha normativa ancora o ODS 13 ao criar capacidades institucionais (dados, inspeção, reporte e resposta) e reduzir a exposição a eventos ambientais disruptivos — condição necessária para resiliência (NOTTEBOOM; PALLIS; RODRIGUE, 2022; HAEZENDONCK; VERBEKE, 2018).

3.3 Oportunidades de aprimoramento normativo (à luz do ODS 13 e da comparação internacional)

Sem avaliar desempenho empírico, e apenas pela lente da integração normativa, três aperfeiçoamentos tendem a aumentar a aderência ao ODS 13:

- MRV explícito e padronizado: prever, em cada NAP temática, indicadores mínimos e periodicidade de reporte (ex.: % de operações de bunkering com booms; incidentes/10 mil operações; m^3 de resíduos por categoria; tempo de resposta), com verificação por terceira parte (CHAYES; CHAYES, 1995; BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

- Instrumentos econômicos e transparência: inserir mecanismos tarifários verdes (green port dues) ou bonificações por desempenho (CII/ESI, uso de PRFs, histórico zero-spill), associados a dados públicos e interoperáveis — medida comum em portos líderes e compatível com a lógica de compliance cooperativo (NOTTEBOOM; PALLIS; RODRIGUE, 2022; SANDS, 2018).

Esses aprimoramentos são compatíveis com o ordenamento vigente (Lei nº 9.966/2000; CONAMA 306/2002) e reforçam o papel das NAPs como ponte entre regimes internacionais e metas de adaptação/mitigação do ODS 13.

4. COMPARAÇÃO INTERNACIONAL

Selecionam-se três portos de referência — Roterdã, Singapura e Durban — pelo conjunto de instrumentos que combinam comando-e-controle, MRV, auditorias e incentivos econômicos, além de integração com políticas climáticas locais (NOTTEBOOM; PALLIS; RODRIGUE, 2022; SANDS, 2018).

4.1 Port of Rotterdam: preço ambiental + eletrificação de atracação

Instrumentos-chave. (i) Descontos tarifários ambientais atrelados ao Environmental Ship Index (ESI) e a selos ("Green Award"), vinculando port dues ao desempenho de emissões do navio; (ii) estratégia de shore power (OPS) com meta até 2030, apoiada por plano conjunto cidade-porto; (iii) metas e roteiro climático com ênfase em eletrificação, combustíveis alternativos e esquemas de incentivo (Port of Rotterdam Authority, 2023).

Esses mecanismos convertem o princípio "poluidor-pagador/beneficiário-pagador" em regra tarifária portuária, reforçando o compliance cooperativo (CHAYES; CHAYES, 1995). (PORT OF ROTTERDAM, 2023; IMO, 2011).

Lições replicáveis. (a) Amarrar descontos a índices objetivamente verificáveis (ESI/CII) e a condições operacionais (zero spill, uso de PRFs); (b) governança cidade-porto para OPS com cronograma público e priorização de berços; (c) comunicação transparente de metas e progresso para reduzir assimetrias de informação e alinhar investimentos privados (KEOHANE; NYE, 2011).

4.2 Maritime and Port Authority of Singapore (MPA): concessões condicionadas e digitalização

Instrumentos-chave. O Green Port Programme / Green Ship Programme concede reduções de port dues condicionadas ao uso de combustíveis de baixo/zero carbono (com fatores de emissão explícitos), além de pré-registro digital (digitalPORT@SG) para habilitação; o desenho é regra-baseada, com percentuais e condições de estadia definidos em norma pública.

A política insere incentivos de curto prazo (por escala) ao lado de uma estratégia de descarbonização mais ampla. (MPA, s.d.; MOT-Singapore, 2022).

Lições replicáveis. (a) Condições de elegibilidade claras (combustível, tempo de estadia, pré-registro), reduzindo custos de transação; (b) integração digital para agilizar verificação documental; (c) escalonamento de concessões (20%,30%, etc.) que internaliza o custo climático sem perder competitividade (BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

4.3 Durban (TNPA/eThekwini): adaptação costeira e gestão estuarina integrada

Instrumentos-chave. O Porto de Durban, inserido em baía estuarina e zona urbana vulnerável, opera com: (i) planos climáticos municipais que explicitam coordenação com a autoridade portuária para eventos de marés de tempestade e inundações; (ii) planos/estruturas de gestão estuarina elaborados com o governo nacional e TNPA; (iii) diretrizes de planos de gestão ambiental (EMP) e KPIs portuários, padronizados pela TNPA (nível corporativo).

Em paralelo, estudos recentes priorizam resiliência e "trabalhar com a natureza" (UN-Habitat/World Bank). (eThekwini, 2019; DFFE, 2016; TNPA, 2023).

Lições replicáveis. (a) Inserir o porto no planejamento climático da cidade/região costeira, com protocolos conjuntos para ressacas e enchentes; (b) EMP padronizado para arrendatários/operadores com indicadores mínimos e rotinas de monitoramento; (c) gestão de baías/estuários como sistema socioambiental único, o que evita "silos" regulatórios entre dragagem, resíduos e perigosas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo partiu de uma hipótese simples: normas locais portuárias (NAPs), quando desenhadas com foco em prevenção, verificação e transparência, podem traduzir — e, em certa medida, amplificar — a eficácia de regimes internacionais já existentes (MARPOL, BWM, OPRC, Basileia, UNCLOS) no enfrentamento de riscos climáticos costeiros, alinhando-se ao ODS 13.

Ao longo das seções 2–4, mostrou-se que a literatura de regimes e de governança multinível oferece o léxico conceitual e os mecanismos práticos para essa tradução: compliance cooperativo, redes profissionais, incentivos econômicos e métricas auditáveis (CHAYES; CHAYES, 1995; BRUNNÉE; TOOPE, 2010; SANDS, 2018).

Do ponto de vista dogmático, o mapeamento entre obrigações internacionais difusas e obrigações operacionais portuárias demonstrou que não há vazio normativo: existem deveres de proteger e preservar o meio marinho (UNCLOS), de prevenir/mitigar poluição (MARPOL), de preparar e cooperar em emergências (OPRC), de gerenciar água de lastro (BWM) e de assegurar destinação adequada de resíduos (Basileia).

O que falta, muitas vezes, é a intermediação institucional que leve esses comandos à rotina verificável do cais — com indicadores, reporte e fiscalização proporcionais ao risco (IMO, 2011; SANDS, 2018).

A análise comparada indicou que portos líderes convergem para uma combinação relativamente estável de instrumentos: MRV com verificação por terceira parte, auditorias independentes, inspeções baseadas em risco, padronização documental (p.ex., IMDG/BWM) e incentivos tarifários vinculados a desempenho (ESI/CII), sempre com transparência pública (NOTTEBOOM; PALLIS; RODRIGUE, 2022).

Esses elementos não dependem de um novo tratado; dependem, antes, de coordenação e reconhecimento mútuo entre autoridades e operadores, coerentes com a lógica de governança em rede (SLAUGHTER, 2004) e com a economia de redução de custos de transação (NORTH, 1990 [2013]).

Em termos propositivos, o trabalho sugere que um Regime Ambiental Internacional dos Portos (RAIP) pode ser concebido como arquitetura mínima e modular — um soft law setorial — que alinha princípios, cláusulas-padrão e métricas já reconhecidas nos regimes internacionais e os ancora em NAPs e procedimentos operacionais.

O ganho institucional é duplo:

I. Para o porto, previsibilidade regulatória e melhor gestão de risco;

II. Para o sistema internacional, efeitos de rede que elevam a efetividade dos tratados sem inflar o aparato jurídico (BRUNNÉE; TOOPE, 2010; CHAYES; CHAYES, 1995).

Há, contudo, limitações importantes. Optou-se por não avaliar desempenho empírico, mas sim por uma leitura normativa/dogmática das NAPs e dos regimes; portanto, causalidade entre regras e resultados não foi testada.

A comparação internacional foi seletiva (três portos), e os exemplos servem como tipos ideais de instrumentos, não como benchmarks universais.

Finalmente, a agenda climática é dinâmica — mudanças regulatórias na IMO, na UE e em mercados de combustíveis exigem atualização contínua.

Daqui decorrem três agendas de pesquisa e implementação:

I. Padronização de indicadores e dados abertos nos portos brasileiros (incidentes/10 mil operações, tempos de resposta, uso de PRFs, conformidade BWM, KPIs de disponibilidade em eventos extremos), com verificação independente e interoperabilidade entre autoridades (CHAYES; CHAYES, 1995; SANDS, 2018);

II. Simulações econômico-regulatórias de tarifas verdes (green port dues) e de esquemas de bonificação/penalidade, para mensurar impactos distributivos e efeitos sobre a competitividade (NOTTEBOOM; PALLIS; RODRIGUE, 2022);

III. Arranjos de reconhecimento mútuo entre portos (aceitação de auditorias e MRV padronizados), capazes de criar clubes regulatórios que acelerem difusão de boas práticas, coerentes com a governança em rede (SLAUGHTER, 2004).

Em síntese, portos podem converter sustentabilidade em vantagem competitiva quando acoplam normas internas a regimes internacionais por meio de métricas, auditoria e incentivos.

O caso de Santos, tomado aqui como referência normativa pública, é ilustrativo da viabilidade dessa tradução institucional. O passo seguinte — e urgente — consiste em institucionalizar a arquitetura mínima aqui delineada, integrando-a ao planejamento portuário e às políticas climáticas locais, de modo a internalizar o ODS 13 como rotina de gestão e não apenas como compromisso declaratório (KEOHANE; NYE, 2011; SANDS, 2018).

REFERÊNCIAS

BASEL CONVENTION. **Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal.** Basel, 1989.

BEYERLIN, U.; MARAUHN, T. **International Environmental Law.** Oxford: Hart Publishing, 2011.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 306, de 5 de julho de 2002**. Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para a realização de auditorias ambientais. Brasília, DF: MMA/CONAMA, 2002.

BRASIL. **Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000**. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000.

BRUNNÉE, J.; TOOPE, S. J. **Legitimacy and Legality in International Law**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

CAPRA, F. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 1982.

CHAYES, A.; CHAYES, A. H. **The New Sovereignty: Compliance with International Regulatory Agreements.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995.

DFFE – Department of Forestry, Fisheries and the Environment. **Durban Bay Estuarine Management Plan**. Pretoria, 2016.

ETHEKWINI MUNICIPALITY. **Durban Climate Action Plan**. Durban, 2019..

HAAS, P. M. Introduction: Epistemic communities and international policy coordination. **International Organization**, v. 46, n. 1, p. 1-35, 1992.

IMO – International Maritime Organization. **Manual on Oil Pollution: Section I – Prevention**. 2. ed. London: IMO, 2011.

IMO. **International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (BWM)**, 2004.

IMO. **International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL),** 1973/1978.

IMO. **International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation (OPRC),** 1990.

IMO. **International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code).** London: IMO, ed. vigente.

IMO. **Manual on Oil Pollution: Section I – Prevention**. 2. ed. London: IMO, 2011.

KEOHANE, R. O.; NYE, J. S. **Power and Interdependence.** 4. ed. Boston: Longman, 2011.

MOT – Ministry of Transport (Singapore). **Written Reply... on LNG-powered commercial ships**. Singapore, 2022.

MPA – Maritime and Port Authority of Singapore. **Port dues concessions / Maritime Singapore Green Initiative.** Singapore, s.d.

NORTH, D. C. **Institutions, Institutional Change and Economic Performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990 [2013].

NOTTEBOOM, T.; PALLIS, A.; RODRIGUE, J.-P. **Port Economics, Management and Policy.** New York: Routledge, 2022.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Nova York: ONU, 2015. (ODS 13).

PORT OF ROTTERDAM AUTHORITY. **Climate targets 2030; ESI/Green Award discounts; Shore power strategy**. Rotterdam, 2020–2023.

RAJAMANI, L.; PEEL, J. (eds.). **The Oxford Handbook of International Environmental Law.** 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2021.

SANDS, P. **Principles of International Environmental Law**. 4. ed. Cambridge: CUP, 2018.

SLAUGHTER, A.-M. **A New World Order.** Princeton: Princeton University Press, 2004.

UNCLOS – UNITED NATIONS. **United Nations Convention on the Law of the Sea.** Montego Bay, 1982.

UNCTAD – UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Review of Maritime Transport 2023.** Geneva: United Nations, 2023.

UNITED NATIONS. **United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS).** Montego Bay, 1982.

"Os conteúdos expressos no trabalho, bem como sua revisão ortográfica e adequação às normas ABNT são de inteira responsabilidade dos autores."

Declaração de IA generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de redação

“Declara-se pelos autores que durante a preparação deste trabalho foi utilizado(s) Chat GPT 5 para organizar tópicos e fazer paráfrases. Após utilizar esta ferramenta/serviço, os autores editaram e revisaram o texto conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.”

ARTIGO 7

ENERGIA ELÉTRICA A NAVIOS EM SANTOS: ARQUITETURA JURÍDICA E PRINCÍPIOS DE TARIFAÇÃO

Me. Tawan Ranny
Autoridade Portuária de Santos,
ETEC Dona Escolástica Rosa,
Universidade Católica de Santos

RESUMO

O artigo propõe um enquadramento jurídico para a oferta de energia em cais (shore power/OPS) no Porto de Santos, respondendo à questão central de se a Autoridade Portuária de Santos pode — e deve — disponibilizar eletricidade a navios atracados e sob qual regime. Adota-se método dogmático-analítico, com interpretação sistemática e teleológica, diálogo de fontes (direito portuário, ambiental, administrativo e setor elétrico), padrões técnicos transnacionais e direito comparado persuasivo. A contribuição principal é qualificar a OPS como instalação/serviço portuário de interesse ambiental, integrada à infraestrutura comum, com acesso aberto, remissão técnica a IEC/IEEE 80005 e remuneração por preço público (distinta da tarifa setorial de distribuição). Apresenta-se uma arquitetura normativa integrada: Portaria de Diretrizes; política de preços públicos (componentes de disponibilidade, conexão, uso de energia e desempenho, com memória de cálculo e revisão periódica); MRV obrigatório com auditoria; instrumentos contratuais (exploração direta, SPE/PPP, credenciamento/aditivo de arrendamento); e governança em rede. Como rota de implementação, recomenda-se iniciar por berço-piloto de cruzeiros e escalar conforme desempenho e compatibilidade de bordo. Os resultados indicam maior segurança jurídica, efetividade ambiental local e transparência econômica, oferecendo um modelo replicável a outros portos brasileiros.

Palavras-chave: Autoridade Portuária; shore power; preço público; governança portuária; MRV

ABSTRACT

This paper proposes a legal framework for providing shore power (OPS/HVSC) at the Port of Santos, addressing whether the Port Authority of Santos can—and should—supply electricity to berthed ships and under which legal regime. A dogmatic-analytical method is employed, combining systematic and teleological interpretation, dialogue of legal sources (port, environmental, administrative, and electricity law), transnational technical standards, and persuasive comparative law. The main contribution is to qualify OPS as an environmental-interest port installation/service, part of the common port infrastructure, with open access, technical incorporation of IEC/IEEE 80005, and remuneration via public pricing (distinct from electricity distribution tariffs). An integrated normative architecture is presented: a Guidelines Ordinance; a public pricing policy (components for availability, connection, energy use, and performance, with transparent cost memos and periodic review); mandatory MRV with audit; contractual instruments (direct provision, SPV/PPP, accreditation/addenda to leases); and networked governance. As an implementation path, a cruise-berth pilot is recommended, followed by scaling based on performance and onboard compatibility. The results point to greater legal certainty, local environmental effectiveness, and economic transparency, offering a replicable model for other Brazilian ports.

Keywords: Port Authority; shore power; public pricing; port governance; MRV.

1. INTRODUÇÃO

Portos concentram externalidades ambientais relevantes — emissões atmosféricas locais durante a atracação, ruído, e riscos operacionais — e, ao mesmo tempo, oferecem a oportunidade de mitigação localizada com efeitos globais sobre o clima.

A literatura recente de descarbonização marítima identifica a eletrificação em cais (shore power/OPS, inclusive em alta tensão – HVSC) como uma das "boas práticas" para tráfegos previsíveis (cruzeiros e porta-contêineres), por deslocar a geração a bordo para fontes mais limpas em terra e por permitir monitoramento e verificação (PSARAFTIS, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

Em perspectiva de governança portuária, experiências organizadas como infraestrutura comum e com acesso aberto tendem a reduzir custos de transação, aumentar previsibilidade para investidores e disciplina competitiva entre usuários (HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019; NORTH, 2013).

No Brasil, porém, a adoção de OPS enfrenta uma questão jurídico-dogmática central: pode (e deve) a Autoridade Portuária de Santos (APS) disponibilizar energia elétrica a navios atracados? Em caso positivo, em que regime jurídico (serviço portuário acessório? uso especial de bem público? atividade econômica concorrencial?) e com quais instrumentos normativos e contratuais?

A resposta demanda distinguir nítida e tecnicamente a atividade setorial de distribuição de energia elétrica (que permanece sob concessão e regulação própria) da disponibilização em cais como prestação portuária de interesse ambiental — com efeitos diretos na formatação de preços, no acesso e na responsabilidade pública (BODANSKY, 2010; SANDS et al., 2018).

Este artigo, em chave dogmático-analítica, sustenta a tese de que a OPS pode (e deve) ser qualificada como instalação/serviço portuário de interesse ambiental, integrada à infraestrutura comum do porto organizado, com acesso aberto, remissão técnica a padrões internacionais de segurança e compatibilidade (IEC/IEEE 80005-1/3) e remuneração por preço público, distinta da tarifa setorial de energia.

A abordagem articula interpretação sistemática e teleológica do ordenamento (constitucional, administrativo, portuário, ambiental e elétrico) com diálogo de fontes (padrões técnicos e soft law) e direito comparado persuasivo, no espírito da legitimidade por justificativa pública e da conformidade gerencial (BRUNNÉE; TOOPE, 2010; CHAYES; CHAYES, 1995).

Em termos de desenho institucional, parte-se da premissa de interdependência complexa entre autoridades e regimes, o que exige arranjos cooperativos e redes de governança portuária para implementação eficaz (KEOHANE; NYE, 2011; SLAUGHTER, 2004).

O objetivo geral é oferecer um roteiro normativo para a APS que seja juridicamente sólido, operacionalmente simples e economicamente transparente. Especificamente, pretende-se:

(i) Qualificar dogmaticamente a OPS, explicitando competências e titularidades;

(ii) Analisar efeitos jurídicos dessa qualificação (preços públicos, outorga, contratação, responsabilidade); e

(iii) Propor uma arquitetura de implementação que una ato infralegal, modelos contratuais, política de preços públicos, MRV e cláusulas de segurança/compatibilidade, à luz de parâmetros internacionais (SANDS et al., 2018; PSARAFTIS, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

Delimita-se o escopo ao Porto de Santos, com ênfase em berço-piloto para cruzeiros como porta de entrada institucional (maior previsibilidade operacional e aceitação social), sem pretender discutir engenharia de detalhe ou modelagens econômico-financeiras exaustivas; quando necessário, recorre-se a referências técnicas para fixar critérios objetivos de acesso e segurança (IEC/IEEE 80005).

A contribuição original reside em oferecer uma arquitetura jurídica integrada — proporcional e motivada — que separa com clareza as fronteiras setoriais, alinha princípios ambientais (prevenção, precaução e poluidor-pagador) à eficiência administrativa e fornece proposições normativas acionáveis pela APS.

A estrutura do trabalho é a seguinte: a Seção 2 apresenta a revisão da literatura e o marco normativo; a Seção 3 explicita os procedimentos metodológicos; a Seção 4 desenvolve os resultados e discussões (competências e titularidades; natureza jurídica da prestação e efeitos; arquitetura de implementação integrada); a Seção 5 consolida parâmetros comparados e internacionais dentro da própria arquitetura; por fim, a Seção 6 traz considerações finais com enunciados-proposição para decisão imediata da APS.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura e o marco normativo que informam a oferta de energia em cais (OPS/HVSC) indicam que a qualificação jurídica desse arranjo depende do diálogo entre direito internacional do meio ambiente, direito administrativo e portuário, regulação do setor elétrico e padrões técnicos transnacionais.

2.1 Direito internacional do meio ambiente e princípios estruturantes

No plano internacional, princípios como prevenção, precaução, poluidor-pagador, cooperação e não regressão têm servido de base para políticas públicas que internalizam custos ambientais de atividades poluentes em zonas portuárias (SANDS et al., 2018; BEYERLIN; MARAUHN, 2011; BODANSKY, 2010).

A literatura contemporânea também destaca que a legitimidade e a legalidade de arranjos regulatórios emergem de processos de engajamento e justificativa pública, inclusive quando se mobilizam instrumentos “soft” (BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

Em termos de desempenho regulatório, a “hipótese da conformidade gerencial” sublinha que obrigações claras, capacidade institucional e transparência elevam a aderência a normas ambientais (CHAYES; CHAYES, 1995).

A estratégia climática revisada da Organização Marítima Internacional - OMI e as agendas de descarbonização do transporte marítimo funcionam, nesse sentido, como parâmetros interpretativos que orientam autoridades portuárias na redução de emissões em terra e a bordo (IMO, 2023; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023; PSARAFTIS, 2019).

Dentre os instrumentos de “mitigação local com efeito global”, a eletrificação em cais aparece de forma recorrente como melhor prática para portos com tráfego previsível, sobretudo em cruzeiros e porta-contêineres (GLOBAL MARITIME FORUM, 2023; HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019).

2.2 Regulação técnica transnacional e o papel dos padrões

A literatura sobre governança por padrões demonstra que normas técnicas transnacionais podem operar como "direito indicativo" capaz de concretizar princípios ambientais e de segurança em setores complexos (BODANSKY, 2010; BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

No caso de Onshore Power Supply - OPS, os referenciais IEC/IEEE 80005 (partes 1 e 3) estabelecem requisitos de interface, segurança elétrica e procedimentos operacionais que permitem o acoplamento seguro entre navio e terra, reduzindo riscos, custos de transação e assimetria informacional (IEC; IEEE, 2019).

Assim, mesmo sem força cogente estatal, esses padrões são critério técnico objetivo para a Administração ao desenhar requisitos de acesso, compatibilidade e "Service Level Agreement" — SLA – Acordo de Nível de Serviço, reforçando a juridicidade de remissões normativas no ato infralegal portuário.

2.3 Direito administrativo e portuário: serviço, bem público e acesso

No plano interno, a literatura administrativa reconhece que a Administração pode estruturar serviços acessórios e disciplinar o uso especial de bens públicos para atingir fins ambientais e de eficiência, desde que respeitados legalidade, impessoalidade, isonomia de acesso e transparência (SANDS et al., 2018; BEYERLIN; MARAUHN, 2011).

No direito portuário, a autoridade portuária é incumbida de ordenar o acesso e a utilização da infraestrutura comum, o que compreende a possibilidade de criar instalações e serviços de interesse ambiental vinculados à operação portuária, mantendo neutralidade e não discriminação entre usuários (KEOHANE; NYE, 2011; HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019).

A qualificação jurídica de OPS, na chave dogmática aqui adotada, pode ser construída em três rotações analíticas:

(i) Serviço portuário acessório de interesse ambiental;

(ii) Uso especial de bem público mediante regramento específico;

(iii) Atividade econômica em regime concorrencial na zona portuária.

Cada qual gera consequências sobre forma de exploração, regime de preços e procedimentos de contratação — ponto que será desenvolvido nos resultados (Seção 4). A literatura institucionalista oferece um critério de escolha: arranjos que reduzem custos de transação e criam previsibilidade tendem a apresentar melhor desempenho e conformidade (NORTH, 2013; CHAYES; CHAYES, 1995).

2.4 Setor elétrico e fronteiras regulatórias

No caso de Santos, a APS é agente verticalizado (UHE Itatinga - transmissão até o porto - distribuição ao longo do cais). Com isso, o "ponto de entrega" para OPS situa-se dentro da própria rede da APS e a disponibilização em cais pode ser qualificada, dogmaticamente, como instalação/serviço portuário de interesse ambiental, distinta da concessão de distribuição.

A política de preço público pode, legitimamente, adotar critério de custo (sem margem): custo médio de geração/compra + operação da rede interna + perdas + administração/MRV, ainda que resulte abaixo do preço de mercado, desde que motivado, transparente, isonômico e com memória de cálculo publicada e revisão periódica (CHAYES; CHAYES, 1995; BRUNNÉE; TOOPE, 2010; BODANSKY, 2010).

Quando houver suprimento externo complementar, a componente de energia é repasse sem margem; quando houver suprimento próprio (Itatinga), utiliza-se regra de transferência interna a custo.

Assim, preserva-se a fronteira setorial, reduz-se custo de transação e cria-se previsibilidade para adesão dos usuários, em linha com eficiência institucional e melhores práticas ambientais (NORTH, 2013; SANDS et al., 2018; PSARAFTIS, 2019).

2.5 Síntese dogmática

Do estado da arte e do marco normativo decorrem três proposições: (a) é juridicamente defensável qualificar OPS como instalação/serviço portuário de interesse ambiental, com remissão técnica a padrões IEC/IEEE; (b) a autoridade portuária detém dever-poder para estruturar a infraestrutura comum e regrar o acesso

em bases isonômicas, inclusive por preço público com critérios de modicidade, transparência e revisão; (c) a coordenação com o setor elétrico e o licenciamento ambiental deve ser construída como cooperação regulatória, preservando a fronteira da concessão de distribuição e potencializando a efetividade ambiental por meio de MRV obrigatório (SANDS et al., 2018; BRUNNÉE; TOOPE, 2010; NORTH, 2013; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo adota um método dogmático-analítico, orientado à construção de proposições normativas para a oferta de energia em cais (OPS) pela Autoridade Portuária de Santos (APS).

O percurso metodológico combina (i) interpretação sistemática e teleológica do ordenamento (constitucional, administrativo, portuário, ambiental e elétrico), (ii) diálogo de fontes com padrões técnicos transnacionais (IEC/IEEE 80005) e soft law ambiental, e (iii) direito comparado persuasivo para qualificar escolhas regulatórias sem transposição automática (BRUNNÉE; TOOPE, 2010; BODANSKY, 2010).

Corpus normativo e bibliográfico. Foram analisados: normas constitucionais e legais aplicáveis ao setor portuário e ao meio ambiente; atos infralegais setoriais (portuário, elétrico e ambiental); padrões técnicos relevantes para OPS (IEC/IEEE 80005-1/3); documentos internacionais de descarbonização do transporte marítimo e literatura especializada em governança portuária e descarbonização (SANDS et al., 2018; PSARAFTIS, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023; HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019).

As fontes foram selecionadas pela centralidade dogmática e pela autoridade técnica; foram excluídos materiais opinativos sem valor normativo.

Etapas analíticas. (1) Delimitação do problema jurídico: pode/deve a APS prover OPS? Em que regime jurídico e com que instrumentos? (2) Sistematização do bloco normativo: identificação de competências, limites e interfaces (porto/energia/ambiental) e princípios aplicáveis (prevenção, precaução, poluidor-pagador) (SANDS et al., 2018; BEYERLIN; MARAUHN, 2011). (3) Qualificação

jurídica da OPS por três hipóteses alternativas (serviço portuário acessório; uso especial de bem público; atividade econômica concorrencial) e suas consequências sobre preços públicos/tarifas, outorga/licitação e responsabilidade. (4) Arquitetura propositiva: formulação

de minuta normativa enxuta, política de preços públicos e cláusulas-padrão contratuais, com remissão técnica a IEC/IEEE 80005. (5) Validação interna por testes de juridicidade (competência, finalidade, motivação, proporcionalidade e segurança jurídica) e de governança (isonomia, transparência, accountability) (CHAYES; CHAYES, 1995; BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

Direito comparado e parâmetros internacionais. A análise comparada emprega instrumentos estrangeiros (p.ex., agendas europeias de "at-berth" e experiências regulatórias em grandes portos) como razões públicas que iluminam escolhas domésticas, preservando a autonomia do ordenamento nacional (BODANSKY, 2010; KEOHANE; NYE, 2011).

No plano técnico-operacional, padrões IEC/IEEE funcionam como critérios objetivos de compatibilidade e segurança para a Administração, reduzindo custos de transação e assimetrias informacionais (IEC; IEEE, 2019; NORTH, 2013).

Limitações e transparência. O estudo é dogmático e documental; não realiza coleta empírica primária, nem econometria. Resultados dependem da estabilidade normativa e da publicidade dos atos administrativos.

Para mitigar vieses, adotou-se triangulação entre (i) texto normativo, (ii) doutrina e (iii) padrões técnicos/soft law (PSARAFTIS, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

4 ENQUADRAMENTO DOGMÁTICO E ROTEIRO NORMATIVO

A partir do marco teórico-normativo delineado, desenvolve-se a qualificação jurídica da oferta de energia em cais (OPS/HVSC) no Porto de Santos sob três eixos: (i) competências e titularidades da Autoridade Portuária de Santos (APS); (ii) natureza jurídica da prestação e seus efeitos sobre preços públicos/tarifas, outorga e contratação; e (iii) a arquitetura jurídica de implementação.

O fio condutor é o método dogmático-analítico, com interpretação sistemática e teleológica, diálogo de fontes e uso de padrões técnicos como parâmetro objetivo de juridicidade (BRUNNÉE; TOOPE, 2010; BODANSKY, 2010; SANDS et al., 2018).

4.1 Competências e titularidades

Do ponto de vista dogmático, a APS detém um dever-poder de ordenar o uso da infraestrutura comum do porto organizado, assegurando acesso isonômico, segurança operacional e proteção ambiental.

Trata-se de competência típica de administração de bens públicos afetados a finalidade específica (porto), que abrange instituir instalações e serviços de interesse ambiental conexos à atividade portuária, quando tais instrumentos reduzam riscos, custos de transação e assimetria informacional entre usuários (NORTH, 2013; CHAYES; CHAYES, 1995).

Nesse enquadramento, a disponibilização de energia elétrica em cais para navios atracados não se confunde com a concessão de distribuição de energia — cuja titularidade permanece com a distribuidora no ponto de entrega —, mas qualifica-se como prestação portuária acessória voltada a mitigar externalidades ambientais e sanitárias locais, coerente com os princípios de prevenção/precaução e poluidor-pagador (SANDS et al., 2018; BEYERLIN; MARAUHN, 2011).

A consequência prática é que a APS pode: (a) instituir a instalação OPS como parte da infraestrutura comum; (b) disciplinar o acesso por ato infralegal (portaria/resolução) com remissão técnica a padrões IEC/IEEE 80005; (c) estabelecer preço

público (e não tarifa setorial elétrica) pela disponibilização da infraestrutura e pela ocupação de capacidade; e (d) contratar diretamente ou por delegação (SPE/PPP/credenciamento) a implantação e operação, preservados os princípios de isonomia, publicidade, motivação e eficiência (BRUNNÉE; TOOPE, 2010; BODANSKY, 2010).

A coordenação com o regulador setorial de energia e com o órgão ambiental configura cooperação regulatória, própria de regimes de interdependência complexa em que múltiplas autoridades compartilham competências sobre um mesmo problema público (KEOHANE; NYE, 2011; SLAUGHTER, 2004).

Por fim, a inserção de OPS como política pública portuária decorre de razões teleológicas e proporcionais: (i) aptidão do instrumento para reduzir emissões e ruído em áreas densamente povoadas do estuário; (ii) disponibilidade de padrões técnicos internacionais maduros que viabilizam segurança e interoperabilidade; e (iii) existência de modelos contratuais e de governança testados em clusters portuários, que combinam acesso aberto e sinalização econômica clara (PSARAFTIS, 2019; HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

4.2 Arquitetura jurídica de implementação à luz do direito comparado e de parâmetros internacionais

A arquitetura de implementação da oferta de energia em cais (OPS/HVSC) no Porto de Santos pode ser construída como um roteiro normativo único, em que governança, contratação, política de preços públicos, MRV, segurança e interoperabilidade se integram sob uma mesma lógica de infraestrutura comum com acesso aberto, inspirada por padrões técnicos transnacionais e por experiências estrangeiras bem-sucedidas.

O ponto de partida é o reconhecimento de que padrões como a IEC/IEEE 80005-1/3 funcionam como critério objetivo para a Administração, permitindo que a APS remeta tecnicamente — por portaria ou resolução — a requisitos de interface, procedimentos e segurança sem abdicar de sua competência normativa, o que aumenta previsibilidade, facilita auditoria e reduz custos de transação (BODANSKY, 2010; BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

Em paralelo, agendas internacionais de descarbonização no transporte marítimo reforçam a razão pública – prevenção, proporcionalidade e eficiência – para políticas locais de mitigação durante a atracação, contexto em que a eletrificação em cais se consolidou como boa prática para tráfegos previsíveis (PSARAFTIS, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

No plano institucional, a governança deve operar em rede, com a APS como orquestradora de uma coalizão porto-centrada que envolve terminais, armadores, distribuidora de energia, órgãos ambientais e autoridade marítima.

Esse desenho, próximo às “redes de governança” descritas pela literatura de interdependência complexa, melhora a coordenação entre regimes parciais e dá lastro de legitimidade às decisões, sobretudo quando ancoradas em consultas públicas e justificações transparentes (KEOHANE; NYE, 2011; SLAUGHTER, 2004; BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

Em termos dogmáticos, a APS explicita, por ato infralegal, que a OPS integra a infraestrutura comum de interesse ambiental, definindo critérios de acesso isonômico, interoperabilidade técnica e responsabilidades.

Essa base permite escolher, caso a caso, entre exploração direta (quando a padronização e o efeito-demonstração são prioritárias), delegação por Sociedade de Propósito Específico – Parceria

Público Privada (SPE/PPP) (quando a escala e o CAPEX sugerem alavancagem privada) ou credenciamento/obrigações contratuais em arrendamentos (quando soluções localizadas forem eficientes), sempre sob o mesmo conjunto de regras de acesso, compatibilidade e dados (HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019).

A política de preços públicos é o eixo econômico-jurídico que confere racionalidade à operação, distinguindo com nitidez a tarifa setorial da distribuidora (no ponto de entrega ao porto) do preço público devido pela disponibilização e uso da instalação em cais.

A experiência comparada sugere três atributos essenciais: transparência (memória de cálculo publicada e revisões periódicas), sinalização adequada (componentes que reflitam capacidade reservada/ocupação, mobilização de conexão e uso efetivo de energia, além de incentivos contratuais à previsibilidade), e proporcionalidade ambiental (compatibilidade com objetivos de redução de emissões sem transformar a política de preços em instrumento punitivo) (HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019; PSARAFTIS, 2019).

Ao manter publicação regular de dados e metodologia, a APS reduz assimetria informacional e fortalece a confiança nos mecanismos de revisão, o que é coerente com a abordagem gerencial de conformidade e com o desenho institucionalista voltado à redução de custos de transação (CHAYES; CHAYES, 1995; NORTH, 2013).

A gestão de dados e o MRV são o "sistema nervoso" da política. Em vez de tratar a medição apenas como requisito ambiental, a APS pode positivá-la como condição de governança: medição fiscal-classe por escala, fronteira do sistema no ponto de conexão, trilha de auditoria, retenção de dados e auditoria independente anual, com divulgação de sumários públicos.

O resultado é duplo: por um lado, o MRV confere materialidade à proporcionalidade dos atos (motivando decisões tarifárias e operacionais); por outro, habilita o acesso a financiamento verde e sustenta o aprendizado regulatório – a revisão das regras com base em evidências (CHAYES; CHAYES, 1995; BRUNNÉE; TOOPE, 2010; PSARAFTIS, 2019).

No tocante à segurança, compatibilidade e cibersegurança, a remissão obrigatória à IEC/IEEE 80005-1/3 permite estabilizar, por referência, os requisitos de engenharia, intertravamentos, aterramento, testes e procedimentos de acoplamento/desacoplamento; contratualmente, isso se traduz em cláusulas de SLA que conectam disponibilidade física a obrigações de manutenção, planos de contingência e notificações de incidentes, inclusive cibernéticos.

Ao inserir tais requisitos como condições de acesso e continuidade do serviço, a APS alia tutela da segurança a incentivos de desempenho, sem ampliar indevidamente a esfera sancionatória (BODANSKY, 2010; BRUNNÉE; TOOPE, 2010).

A experiência estrangeira é útil para calibrar o grau de intervenção. Em termos tipológicos, há ordenamentos que impõem obrigação direta de conexão para certos navios/berços, com sanções e exceções técnicas; outros preferem regulação por desempenho, aceitando soluções alternativas de eficácia equivalente; e há ainda combinações de incentivos econômicos e condicionalidades contratuais nas regras de acesso e nos arrendamentos (PSARAFTIS, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

Para o contexto brasileiro, a solução mais parcimoniosa – e institucionalmente aderente – é iniciar com um modelo

híbrido: infraestrutura comum com acesso aberto, preço público transparente, cláusulas-padrão em contratos e credenciamentos, e priorização operacional a quem se conecta, reservando a imposição mandatória ou metas de desempenho para fases posteriores, quando houver lastro empírico e capacidade de fiscalização.

Esse caminho respeita a autonomia do ordenamento e evita "transplantes" disfuncionais, mantendo a coerência com a ideia de incrementalismo responsável (NORTH, 2013).

Em termos procedimentais, o fluxo pode ser resolvido sem dispersão: uma Portaria de Diretrizes institui o programa OPS e convoca consulta pública; na sequência, a APS promove Procedimento de Manifestação de Interesse para colher estudos técnicos e econômicos e, com base nesses insumos e nos comentários recebidos, homologa a política de preços públicos, os requisitos de MRV e as cláusulas-padrão.

A decisão de modelagem (exploração direta, SPE/PPP, credenciamento ou aditivo de arrendamento) passa a ser instrumental, porque os elementos estruturantes já estão fixados no ato geral. O licenciamento ambiental, por sua vez, é conduzido em regime de cooperação regulatória, com estudos proporcionais ao risco e condicionantes integradas ao MRV e aos SLAs.

Por fim, comissionamento e operação assistida alimentam uma revisão inicial em 6–12 meses, à luz dos dados coletados. Esse ciclo fecha o circuito "norma → execução → evidência → revisão", ampliando legitimidade e estabilidade (BRUNNÉE; TOOPE, 2010; CHAYES; CHAYES, 1995).

O resultado dessa integração é um arranjo coerente e autoexplicativo: a APS afirma a OPS como instalação/serviço portuário de interesse ambiental; regula acesso aberto e interoperabilidade por remissão técnica; adota preço público com regras claras de cálculo e revisão; ancora tudo em MRV e em governança em rede; e escolhe o instrumento contratual mais eficiente sem romper a unidade do regime.

Do ponto de vista dogmático, trata-se de uma solução proporcional, motivada e apta a produzir conformidade e cooperação, alinhando fins ambientais e eficiência operacional com a melhor prática comparada (SANDS et al., 2018; BRUNNÉE; TOOPE, 2010; HAEZENDONCK; VERBEKE; VERHOEVEN, 2019; PSARAFTIS, 2019; LIND; LEHMACHER; WARD, 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo defendeu, em chave dogmático-analítica, que a oferta de energia em cais (OPS/HVSC) pode e deve ser qualificada, no Porto de Santos, como instalação/serviço portuário de interesse ambiental, integrada à infraestrutura comum, com acesso aberto, remissão técnica a padrões internacionais (IEC/IEEE 80005) e remuneração por preço público.

Essa solução distingue com nitidez a distribuição de energia (que permanece na esfera setorial) da disponibilização em cais (competência da autoridade portuária), reduz custos de transação, eleva previsibilidade e robustece a conformidade por meio de MRV e governança em rede.

Ao alinhar prevenção ambiental, eficiência administrativa e segurança operacional, a arquitetura proposta cria um caminho juridicamente sólido para iniciar pelo berço-piloto (cruzeiros) e escalar de modo responsável.

Enunciados-proposição para deliberação imediata da APS (10):

1. Instituir, por Portaria de Diretrizes, o Programa OPS no porto organizado, reconhecendo-o como instalação/serviço de interesse ambiental e fixando princípios de legalidade, isonomia, transparência, eficiência e acesso aberto.

2. Positivar a remissão obrigatória à IEC/IEEE 80005-1/3 para compatibilidade, procedimentos e segurança; condicionar o acesso ao cumprimento técnico e prever ensaios, certificações e auditorias.

3. Aprovar política de preço público com componentes: disponibilidade (capacidade/janela), conexão (mobilização), uso de energia (repasse + perdas + gestão, sem margem sobre a tarifa setorial) e performance (bônus/ônus por SLA); instituir memória de cálculo pública e revisões ordinária/extraordinária.

4. Tornar o MRV obrigatório, com indicadores mínimos (energia fornecida, horas conectadas, disponibilidade, emissões evitadas, incidentes), auditoria independente anual e publicação de sumários trimestrais.

5. Estabelecer governança em rede (comitês técnico, regulatório e de MRV), com RACI claro (APS responsável e aprovadora; terminais/armadores/distribuidora/órgãos ambientais consultados), consultas públicas e canal de resolução célere de controvérsias.

6. Escolher o instrumento contratual mais eficiente por fase: exploração direta da APS no piloto; preparar SPE/PPP ou credenciamento para expansão, sempre com cláusulas-padrão (SLA, agendamento, compatibilidade, curtailment motivado, cibersegurança, integridade e compartilhamento de dados).

7. Firmar cooperação regulatória com a distribuidora e o regulador setorial de energia para delimitar ponto de entrega, responsabilidades, padrões de medição e procedimentos de contingência, preservando fronteiras de competência.

8. Integrar o licenciamento ambiental de forma proporcional, vinculando condicionantes a requisitos operacionais e ao MRV; adotar matriz de riscos e planos de continuidade/contingência (incluindo OT/IT e cibersegurança).

9. Executar um roteiro de 24–36 meses com marcos trimestrais (engenharia/licenças → contratação/obras → comissionamento → operação assistida) e gatilhos de expansão baseados em demanda, compatibilidade de bordo e desempenho (KPIs).

10. Instituir política de transparência e accountability, com dados operacionais agregados, relatórios de desempenho, prestação de contas anual sobre preços e resultados ambientais, e revisão normativa baseada em evidências.

Em síntese, a APS dispõe de base jurídica suficiente para liderar a transição, iniciar já um piloto com alto valor demonstrativo e, em seguida, escalar com segurança jurídica, sustentabilidade econômica (preço público transparente) e efetividade ambiental (MRV). A rota recomendada combina prudência institucional com ambição climática, permitindo que Santos se torne referência nacional de governança portuária para energia em cais.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, Avinash Kumar; VALERA, Hardikk (eds.). Greener and Scalable E-Fuels for Decarbonization of Transport. Singapore: Springer, 2022.

BEYERLIN, Ulrich; MARAUHN, Thilo. International Environmental Law. Oxford: Hart Publishing, 2011.

BODANSKY, Daniel. The Art and Craft of International Environmental Law. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2010.

BRUNNÉE, Jutta; TOOPE, Stephen J. Legitimacy and Legality in International Law: An Interactional Account. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

CHAYES, Abram; CHAYES, Antonia Handler. The New Sovereignty: Compliance with International Regulatory Agreements. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995.

GLOBAL MARITIME FORUM; UMAS; GETTING TO ZERO COALITION. Charting a Course for Decarbonizing Maritime Transport. Copenhagen/London: GMF/UMAS, 2020.

HAEZENDONCK, Elvira; VERBEKE, Alain; VERHOEVEN, Patrick (orgs.). Sustainable Port Clusters and Economic Development. Cham: Palgrave Macmillan, 2019.

IEC; IEEE. IEC/IEEE 80005-1: Utility Connections in Port — High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems — General Requirements. Genebra; Nova Iorque: IEC; IEEE, \[s.d.].

IEC; IEEE. IEC/IEEE 80005-3: Utility Connections in Port — Low Voltage Shore Connection (LVSC) Systems — General Requirements. Genebra; Nova Iorque: IEC; IEEE, \[s.d.].

IMO — INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships (Resolution MEPC.377(80)). London: IMO, 2023.

KEOHANE, Robert O.; NYE, Joseph S., Jr. Power and Interdependence. 4. ed. Boston: Longman, 2011.

LIND, Mikael; LEHMACHER, Wolfgang; WARD, Robert (orgs.). Maritime Decarbonization: Practical Tools, Case Studies and Decarbonization Enablers. Cham: Springer Nature, 2023.

NORTH, Douglass C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

PSARAFTIS, Harilaos N. (org.). Sustainable Shipping: A Cross-Disciplinary View. Cham: Springer, 2019.

SANDS, Philippe; PEEL, Jacqueline; FABRA, Adriana; MACLEOD, Ruth. Principles of International Environmental Law. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

SLAUGHTER, Anne-Marie. A New World Order. Princeton: Princeton University Press, 2004.

ZINCIR, Burak; SHUKLA, Pravesh Chandra; AGARWAL, Avinash Kumar (eds.). Decarbonization of Maritime Transport. Singapore: Springer, 2023.

"Os conteúdos expressos no trabalho, bem como sua revisão ortográfica e adequação às normas ABNT são de inteira responsabilidade dos autores."

Declaração de IA generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de redação

“Declara-se pelos autores que durante a preparação deste trabalho foi utilizado(s) Chat GPT 5 para organizar tópicos e fazer paráfrases. Após utilizar esta ferramenta/serviço, os autores editaram e revisaram o texto conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.”

ARTIGO 8

ESTRESSE OCUPACIONAL EM TRABALHADORES PORTUÁRIOS

Fabíola Tavares Lemos
Mestre, Doutoranda do Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências da Saúde. Universidade Federal de São Paulo

Regina Célia Spadari
Livre-Docente, Professora Titular do Departamento de Biociências da Universidade Federal de São Paulo

RESUMO

O estresse relacionado ao trabalho pode causar prejuízos ao trabalhador e às empresas, sendo a principal causa de afastamentos e de aposentadoria precoce por doenças decorrentes do estresse ocupacional. O ambiente portuário tem características específicas que podem gerar estresse. Neste trabalho discutimos os causadores de estresse laboral e os mecanismos que são prejudiciais à saúde advindos do estresse, com especial atenção ao ambiente portuário. Conclui-se que, dentre o complexo conjunto de ações necessárias para o enfrentamento do estresse ocupacional, há necessidade de ampliação e aprofundamento do conhecimento acerca das interações entre as características das ocupações exercidas, a organização do trabalho e as condições pessoais dos trabalhadores portuários.

Palavras-chave: *Burnout*; Trabalho; Porto de Santos; Saúde ocupacional.

ABSTRACT

Work stress may be the main cause of loose to the workers and companies, due to absenteeism and early retirement due to illnesses related to stress. The port environment has specific characteristics that may be stressors. Here we discuss the stress related to the work in the port and the mechanisms underlying the health problems in the port environment. It is concluded that, among the complex set of actions necessary to face occupational stress, there is a need to expand and deepen knowledge about the interactions between the characteristics of the occupations performed, the organization of work and the personal conditions of port workers.

Keywords: Burnout; Work stress; Port of Santos; occupational health.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho é parte constituinte da vida pois, através dele não somente se obtém o sustento, mas também se forja a identidade. Assim sendo, o trabalho constitui um aspecto importante da saúde e da qualidade de vida (Li et al., 2016).

Contudo, quando apresenta fatores adversos imprevisíveis e incontroláveis, com grande necessidade adaptativa, que leva à exaustão, por longo período, o trabalho gera estresse e torna-se deletério à saúde, podendo passar a ser precursor de diversas comorbidades (Rossi, 2005).

No ambiente portuário, os desafios inerentes ao tipo de trabalho podem causar estresse e, assim, comprometer a qualidade de vida, o desempenho e a produtividade.

Neste artigo abordaremos aspectos da relação do trabalho no porto com a saúde física e mental e a qualidade de vida do trabalhador portuário.

Este estudo se justifica uma vez que o estresse laboral pode comprometer o desempenho e a saúde do trabalhador assim como a produtividade, gerando prejuízos ao próprio trabalhador e à empresa. Assim, estresse e bem-estar são variáveis que se complementam na avaliação e monitoramento da qualidade de vida no trabalho e em todo o desenvolvimento humano (Spadari et al., 2024).

1.1 O trabalho como parte da vida humana

O trabalho é compreendido como uma atividade profissional, remunerada ou não, produtiva ou criativa, realizada com um propósito específico (Michie, 2002).

Por meio da atividade laboral, o ser humano garante sua sobrevivência, realiza seus sonhos, alcança metas e objetivos de vida, além de ser uma forma de expressão (Michie, 2002).

Durante a fase adulta, economicamente ativa, a maioria das pessoas passa cerca de um terço de suas vidas no local de trabalho de modo que a relação do indivíduo com o trabalho é um dos aspectos mais importantes da qualidade de vida (Li et al., 2016).

Quando se trata de uma atividade legal, com remuneração justa e acompanhada de dignidade, liberdade, igualdade, saúde e segurança, o trabalho pode ser uma fonte de satisfação, autoestima e bem-estar. Pode ser gratificante e recompensador, proporcionando bem-estar e, assim, contribuindo para uma boa qualidade de vida. Por outro lado, o trabalho pode se constituir em fonte de frustração e de estresse e, neste caso, desencadear doenças que afetam não apenas a qualidade de vida e o desempenho, mas também a produtividade do empregado, causando perdas econômicas para as empresas e para a sociedade (Rossi, 2005).

Rotinas de trabalho cada vez mais intensas podem gerar estresse de modo que o ambiente laboral pode se tornar um risco relevante ao bem-estar dos profissionais, causando problemas de saúde, baixo desempenho, alta rotatividade e absenteísmo, além de violência (Rossi, 2005).

1.2 Estresse no trabalho

O estresse relacionado ao trabalho é conhecido como estresse ocupacional, estresse laboral, ou em casos mais graves, burnout (Murofuse et al., 2005). O estresse laboral é definido como a resposta psicológica e fisiológica negativa a estressores no ambiente de trabalho, resultando em efeitos prejudiciais ao bem-estar do indivíduo e ao desempenho, aumento da mortalidade por todas as causas e ao agravamento da saúde mental (Bai et al., 2021).

Fatores ambientais e certas formas de organização do trabalho como trabalho noturno, horários irregulares, barulho excessivo, exposição ao frio ou ao calor, podem interferir nos ritmos biológicos naturais e ativar a percepção do estresse de modo a contribuir para o surgimento de problemas de saúde Briguglio et al., 2021).

Outros fatores relacionados ao tipo de trabalho, como a falta de movimento e a inatividade física em ambientes confinados, aumentam a vulnerabilidade ao estresse e predispõem a condições como obesidade, resistência à insulina e síndrome metabólica, elevando o risco cardiovascular. Tarefas monótonas e repetitivas também contribuem para a insatisfação no trabalho e aumento de problemas de saúde, como obesidade e doenças cardiovasculares (Jovanović *et al*., 2020).

O trabalho por turnos, especialmente à noite, é um fator significativo de estresse devido à ruptura dos ritmos circadianos individuais, com impacto negativo no sono, que não é plenamente compensado durante o dia (Jovanović et al., 2020). Outras condições ambientais desfavoráveis, como barulho e iluminação inadequada, também intensificam a sensação de sobrecarga (Briguglio et al., 2021). Esses fatores estão associados a risco aumentado de obesidade, distúrbios metabólicos, doenças cardiovasculares, diabetes, câncer e problemas de saúde mental como perda de memória, dificuldade de concentração, ansiedade, depressão, insatisfação com a vida, baixa autoestima. (Edú-Valsania et al., 2022). As consequências geradas são: queda no desempenho, alta rotatividade, absenteísmo e violência no local de trabalho (Rossi, 2005). Ressalte-se que transtornos mentais e comportamentais são a terceira maior causa de afastamento do trabalho (Observatório de Segurança do Trabalho, INSS, Brasil, 2022).

1.3 Estresse laboral e perdas econômicas

Além de ter consequências profundas na saúde física e mental das pessoas economicamente ativas, o estresse no trabalho pode gerar perdas econômicas importantes para as empresas e para a sociedade (Spadari et al., 2024).

Estima-se que empresas americanas gastem cerca de 300 bilhões de dólares por ano para cobrir problemas relacionados às doenças de seus funcionários (Spadari et al., 2024).

No Reino Unido, segundo dados da "Health and Safety Executive", um total de 15,4 milhões de dias de trabalho foram perdidos em 2018/2019 como resultado de depressão, ansiedade ou estresse relacionados ao trabalho. Isso equivale a 57,3% dos 26,8 milhões de dias de trabalho perdidos devido a doenças.

Em 2022, o Brasil registrou 612.900 acidentes e 2.538 mortes no trabalho (https://sindsaudesp.org.br/nova/noticia.php). Nesse mesmo ano, foram concedidos 148,8 mil auxílios-doença e 6,5 mil aposentadorias por invalidez devido a acidentes de trabalho. A intensidade dos sintomas psicológicos e a piora da saúde mental foram relatadas como diretamente proporcionais ao nível de estresse em trabalhadores de campos petrolíferos (Kawakami et al., 1997), indústrias e motoristas de ônibus e caminhões (Bianchi et al., 2014).

As comorbidades causadas pelo estresse ocupacional são os principais motivos de afastamentos e de aposentadorias precoces (Spadari et al., 2024).

1.4 Norma Regulamentadora (NR)1

No Brasil, as relações de trabalho são regulamentadas pela "Consolidação das Leis Trabalhistas". Para estabelecer disposições gerais e regulamentar os artigos 154 a 159 da CLT, uma norma regulamentadora foi editada em 8 de junho de 1978, trazendo diretrizes relativas à segurança e saúde do trabalhador, requisitos para o gerenciamento de riscos ocupacionais e medidas de prevenção em Segurança e Saúde no Trabalho (Portaria MTb nº 3.214, de 08 de junho de 1978; Ministério do Trabalho e Emprego, Gabinete do Ministro, Brasil.).

Recentemente, essa portaria passou por uma atualização que trouxe mudanças para garantir um ambiente de trabalho ainda mais seguro. Entre as mudanças estão a obrigatoriedade de identificação e gestão dos riscos psicossociais. Esta atualização entraria em vigor a partir de 25 de maio de 2025, porém, foi alterada para 2026 (Portaria nº 1.419, de 27 de agosto de 2024, Ministério do Trabalho e Emprego, Gabinete do Ministro; DOU de 28/08/2024 - Seção 1).

1.5 O Porto de Santos como ambiente de trabalho

Principal porto marítimo da América do Sul, responsável pela movimentação da maior quantidade de contêineres, em 2022, o Porto de Santos passou a ocupar a 40ª posição no ranking mundial de portos internacionais. Para a região da América Latina, representa uma importante referência de organização, capacidade em infraestruturas portuárias e aprimoramento contínuo (Machado, 2012).

O ambiente portuário possui características próprias de trabalho, relacionada a coletividade do trabalho, sazonalidade da demanda, condições de risco físico, habilidades técnicas especificas, fluxo intenso de movimentações de maquinas e de trabalhadores no espaço de trabalho, exposição à condições climáticas, entre outras (Manchin, 2009).

Essas características próprias do tipo de trabalho realizado produzem estressores, entre os quais podemos citar: sobrecarga física, exposição a ambientes de risco, exposição excessiva a ruídos, dificuldades em estabelecer uma relação com empregadores, exposição às condições climáticas como frio e calor, poeira, entre outras (Cardoso et al., 2014).

Somando a isso, a modernização dos portos, o advento dos containers, e a globalização, trouxeram outras questões que geraram mudanças significativas no cotidiano desses trabalhadores e, em consequência, a necessidade de novas adaptações (Cardoso et al., 2014).

Por outro lado, o trabalhador portuário é conhecido pelo seu apreço a valores de honra, valentia e orgulho. A identidade do trabalhador é construída na execução de atividades de força e desafio diários (Silva, 2003). Esses trabalhadores que abraçam com orgulho a profissão são exemplos de resiliência e coragem.

No entanto, as atividades laborais são desafiadoras e exigem grande concentração, alta demanda energética para força física, atenção principalmente para os membros da equipe, mas, também com o ambiente. Isso leva à percepção de que é necessário resistir, ignorar a dor e não demonstrar fraqueza (Manchin et al. 2009).

A necessidade do trabalho para prover o sustento aliada à falta de tempo para ir ao médico leva muitos trabalhadores a ignorar os sinais de doenças. Dessa forma, diversos sintomas de doenças permanecem imperceptíveis, escondidos, até que a doença atinja níveis muito graves.

Isso endossa a necessidade de um cuidado em saúde voltado para esse tipo específico de público. Pensando em saúde mental essa questão torna-se ainda mais complexa devido aos estigmas que a sociedade carrega (Manchin et al. 2009).

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre o complexo conjunto de ações necessárias para o enfrentamento do estresse ocupacional, há necessidade de ampliação e aprofundamento do conhecimento acerca das interações entre as características das ocupações exercidas, a organização do trabalho e as condições pessoais dos trabalhadores envolvidos. Para tanto, estudos estão sendo projetados e realizados junto ao Centro de Excelência Portuária – CENEP, de Santos, como, por exemplo, a pesquisa intitulada “Avaliação do Estresse em trabalhadores do Porto de Santos”, que está sendo realizada pelas autoras deste artigo. Essa investigação vem se somar a trabalhos sobre o universo laboral do Porto de Santos, como o de Moretti-Silva et al. (2024) e no livro “Porto de santos: Saúde e trabalho em tempos de modernização” de Queiroz et al. (2015).

REFERÊNCIAS

Bai, B., Chengzhi B., Yang, J., Zhou, S. (2024). Perceived organizational support for strengths use and its impact on nurses' job performance: The mediating roles of control beliefs about stress and optimism. *International Nursing Review*, 72(2), e13028.

Bianchi, R., Schonfeld, I. S., & Laurent, E. (2014). Is burnout a depressive disorder? A re-examination with special focus on atypical depression. *International Journal of Stress Management*, 21(4), 307-324.

Briguglio, G., Teodoro, M., Italia, S., Verduci, F., Pollicino, M., Coco, M., De Vita, A., Micali, E., Alibrandi, A., Lembo, G., Costa, C., & Fenga, C. (2021). Salivary biomarkers and work-related stress in night shift workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 3184.

Cardoso, P. Q., Padovani, R. da C., Tucci, A. M. (2014). Análise dos agentes estressores e a expressão do estresse entre trabalhadores portuários avulsos. *Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Pontifícia Universidade Católica de Campinas*, 31(4), 507-516.

Edú-Valsania, S., Laguía, A., & Moriano, J. A. (2022). Burnout: A review of theory and measurement. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1780.

Jovanović, J., Šarac, I., Martačić, J. D., Oggiano, G. P., Despotović, M., Pokimica, B., & Cupi, B. (2020). The influence of specific aspects of occupational stress on security guards' health and work ability: detailed extension of a previous study. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 71(4), 359–374.

Kawakami, N., Tanigawa, T., Araki, S., Nakata, A., Sakurai, S., Yokoyama, K., & Morita, Y. (1997). Effects of job strain on helper-inducer (D4+CD29+) and suppressor-inducer (CD4+CD45RA+) T cells in Japanese blue-collar workers. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 66, 192-198.

Li, J., Loerbroks, A., Bosma, H., & Angerer, P. (2016). Work stress and cardiovascular disease: a life course perspective. *Journal of Occupational Health*, 58(2), 216–219.

Machado, I. S. (2012). O Porto de Santos e a Revolução dos Contêineres. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – SP.

Manchin, R., Couto, M. T., & Rossi, C. C. S. (2009). Representações de trabalhadores portuários de Santos sobre a relação trabalho-saúde. *Revista*, 18(4), 639-651.

Michie, S., & Williams, S. (2003). Reducing work related psychological ill health and sickness absence: A systematic literature review. *Occupational and Environmental Medicine*, 60, 3-9.

Moretti-Silva, C., Araujo, F. R.; Scachetti, R. E.; Oliveira-Monteiro, N. R. Competências genéricas necessárias na operação de carga e descarga do Porto de Santos. Zenodo, fevereiro 2025.

Murofuse, N. T., Abranches, S. S., & Napoleão, A. A. (2005). Reflexões sobre estresse e burnout e a relação com a enfermagem [Reflections on stress and burnout and their relationship with nursing]. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 13(2), 255-261.

Queiroz M. F., Manchin, R., Couto M. T., Porto de santos: Saúde e trabalho em tempos de modernização, São Paulo FAP- Unifesp- 2015;

Rossi, A. M., Perrewé, P. L., & Sauter, S. L. (2005). Stress and quality of working life: Current perspectives in occupational health. *National Institute for Occupational Safety and Health*, Connecticut, 3, 1-7.

Rossi, C., Giustino, V., Patti, A., et al. (2025). The role of physical activity in workplace well-being: impacts on stress, productivity, and health: a narrative review. *Sport Science & Health*, 21, 1431–1445.

Silva, F. T. (2003). Operários sem patrões: os trabalhadores da cidade de Santos no entreguerras. Campinas: Editora da Unicamp.

Spadari, R. C., Ramacciotti, N. de O. M., & Antonio, L. A. C. (2024). Estresse ocupacional: características, consequências e legislação. *Global Health Law Journal,* 2(1).

Zeng, Z., Guo, Y., Lu, L., et al. (2014). Estado de saúde mental e ambiente de trabalho entre trabalhadores de pequenas e médias empresas em Guangdong, China – um estudo transversal. *BMC Public Health*, 14, 1162.

ARTIGO 9

MANIFESTO ESG DO PORTO DE SANTOS: ÁNALISE SOBRE SEU ALCANCE VINCULATIVO AOS ATORES PORTUÁRIOS

Raphael Rodrigues Taboada
Mestrando na Universidade Católica de Santos e pesquisador CENEP

DR. Rodrigo Luiz Zanethi
Professor na Universidade Católica de Santos e Orientador de pesquisa CENEP

RESUMO

No presente artigo, os autores objetivam discorrer sobre a implementação efetiva dos valores do ESG (*Environmental, Social and Governance*), mediante uma vinculação obrigatória aos agentes portuários do Porto de Santos. Na vanguarda do cenário nacional e Internacional, o Porto de Santos conta com uma superintendência específica para a área de Governança, Riscos e Compliance, devidamente estabelecida no Estatuto Social da Autoridade Portuária de Santos. Mencionado organismo vem alavancando projetos na área ESG, inclusive com a criação de um MANIFESTO aderido por diversos agentes portuários. Notadamente, a existência de previsão estatutária garantidora da existência da Superintendência em questão outorga segurança para uma atuação independente do superintendente responsável e conduz a uma ação programada e contínua, condição ainda embrionária em outros portos nacionais de grande porte. Ainda assim, o presente ensaio buscará avançar para a viabilidade de uma implementação dos valores em caráter daquilo que se denomina por "hard law", debruçando-se sobre os desafios existentes e os caminhos a serem eleitos, destacando-se a irreversibilidade desse alcance dada a exigência social e mercadológica pela observância dos valores sociais, ambientais e de governança.

Palavras-chave: ESG; Hard law; Porto de Santos.

ABSTRACT

In this article, the authors aim to discuss the effective implementation of ESG (Environmental, Social, and Governance) values through a mandatory linkage to the port agents operating at the Port of Santos. At the forefront of both national and international contexts, the Port of Santos has a dedicated Superintendency for Governance, Risk, and Compliance, formally established in the Bylaws of the Santos Port Authority. This body has been driving ESG-related projects, including the creation of a MANIFESTO endorsed by various port stakeholders. Notably, the statutory provision ensuring the existence of this Superintendency provides the necessary safeguards for independent action by the responsible superintendent and enables a structured and continuous course of action—still in an embryonic stage in other major national ports. Nevertheless, this essay seeks to explore the feasibility of implementing these values under the framework of what is referred to as "hard law," examining the existing challenges and possible pathways to be pursued, while emphasizing the irreversibility of this movement in light of growing social and market demands for compliance with environmental, social, and governance standards.

Keywords: ESG; Hard Law; Port of Santos.

ARTIGO 9

1. INTRODUÇÃO

Não é de hoje que o Porto de Santos assume o protagonismo nos avanços tecnológicos, comerciais e administrativos, na área portuária, frente aos demais portos nacionais e até mesmo internacionais.

Essa vanguarda na materialização das inovações científicas passa, indubitavelmente, pelo crescente interesse da academia em contribuir com o aprimoramento da ação portuária em toda a sua cadeia.

Notadamente, o mercado acompanha essa ininterrupta movimentação do Porto de Santos e, diante da confirmação de avanços, oferece constantes avaliações favoráveis ao investimento no setor.

Com efeito, a implementação de valores sociais, ambientais e de governança se apresenta como um "novo" eixo avaliatório que supera a questão mercadológica e alcança o interesse da sociedade civil organizada e dos entes políticos em suas esferas nacional, regional e municipal.

Por sua vez, o Porto de Santos, em válida e louvável distinção aos demais portos nacionais, fez constar em seu estatuto social a previsão de existência de uma Superintendência específica para o tratamento da mencionada temática, consoante disposto no artigo 103 do documento.

Contudo, muito mais do que a previsão estatutária e a existência em si de um órgão específico para implementação dos valores ESG – Superintendência de Governança, Riscos e *Compliance* -, importa analisar os projetos da área, o respaldo recebido e o desdobramento das ações programadas.

Neste contexto, destaca-se o consolidado MANIFESTO ESG do Porto de Santos, firmado, em seu nascedouro, no ano de 2022, por 23 empresas e agentes portuários.

Este documento é fruto da nobre iniciativa da Superintendência de Governança, Riscos e *Compliance* quanto à promoção das Jornadas ESG do Porto de Santos, nas quais há ampla participação de autoridades acadêmicas e profissionais no assunto.

No entanto, passado o entusiasmo inicial pelo qual se buscava o alargamento da participação dos agentes portuários envolvidos – o que se confirmou dadas as diversas adesões ao documento -, necessária a reprogramação do MANIFESTO a fim de que os valores lá contidos sejam observados com o rigor necessário em vista da temática envolvida e não meramente a título facultativo.

A partir disso, exsurge a seguinte problematização:

"As medidas adotadas pelo Porto de Santos, especialmente por meio de sua Superintendência de Governança, Riscos e *Compliance*, e mais especificamente em relação ao MANIFESTO ESG DO PORTO DE SANTOS (*Environmental, Social and Governance*), podem ser implementadas de forma vinculativa junto aos atores portuários que materializam a adesão ao documento?"

A pesquisa encontra sua relevância, a priori, no próprio interesse da Superintendência de Governança, Riscos e *Compliance* quanto ao estabelecimento de um programa vinculativo e ordenado em face dos agentes portuários que adiram ao MANIFESTO, ofertando-lhes benefícios decorrentes da assunção de responsabilidades na temática da Governança, da sociabilidade e da preservação ambiental, e, ainda, a suspensão destes benefícios para o caso de afronta aos valores assumidos.

Passando pela metodologia hipotético-dedutiva, mediante pesquisa e consulta bibliográfica, buscar-se-á responder à problematização com o objetivo geral de promover o avanço na compreensão quanto à observância vinculativa dos valores ESG, sobretudo àqueles que formalmente aderem ao MANIFESTO, e como objetivo específico a implementação desta obrigatoriedade junto aos agentes portuários aderentes ao MANIFESTO ESG DO PORTO DE SANTOS.

2. GOVERNANÇA AMBIENTAL, SOCIAL E CORPORATIVA: CAMINHOS PARA IMPLEMENTAÇÃO HARD LAW

Tem-se como incontestável a crescente preocupação social e de mercado com a consolidação dos valores sociais, ambientais e de governança. Citando uma pertinente pesquisa da ONU que aponta para o reconhecimento acerca desta relevância nas práticas do ESG, afirmam das Neves Paglia e Machado (2023, p. 13255):

> Um estudo da Organização das Nações Unidas (ONU, 2017), com 1.200 Chief Executive Officers (CEO), de 29 setores industriais de 112 países, revelaram que 91% consideram "muito importante" e "importante" a questão socioambiental para o sucesso dos negócios e 86% afirmam que conseguem avaliar e divulgar por meio de relatórios as ações de sustentabilidade realizadas pelas empresas. Ainda, 62% acreditam que as ações desenvolvidas pela empresa podem ser mais efetivas e que pretendem ampliar os investimentos e a divulgação dos relatórios e estudos que conduzem as empresas ao comportamento mais transparente.

E mais, continuam das Neves Paglia e Machado (2023, p. 13262-13263):

> Tanto no ambiente acadêmico quanto das práticas organizacionais, há ampla evidência de que os investidores estão se conscientizando sobre a relação ESG e finanças corporativas. Em uma pesquisa realizada pela RBC Global Asset Management (2019), aproximadamente 72% dos entrevistados incorporam princípios ESG em suas abordagens de investimento e processos de tomada de decisão. Noventa por cento (90%) dos entrevistados acreditam que os portfólios integrados a ESG provavelmente superarão o mercado e os portfólios não integrados. Alguns dos entrevistados institucionais acreditam que existem desafios potenciais associados à avaliação e divulgação de ESG.

Destacando a movimentação global sobre a temática e o crescente foco na sua implementação pelas empresas nos últimos anos, Silva (2022, p. 13) afirma:

> A ESG - environmental, social and governance, sigla que diz respeito às práticas ambientais, sociais e de governança das organizações, apesar de surgida em 2004, tem ganhado maior visibilidade e aderência recentemente, a partir de uma crescente preocupação do mercado financeiro com a sustentabilidade, sendo considerada uma das principais diretrizes da atualidade. Em 2020, os fundos ESG captaram investimentos bilionários, provocando pressão sobre o setor empresarial. Outra diretriz em vigor, desde 2015, são os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, ou como também conhecido, Agenda 2030

> para o desenvolvimento sustentável, elaborados durante a Cúpula da ONU para o desenvolvimento sustentável, ocorrida no mesmo ano. Os ODS reúnem as principais necessidades e desafios da sociedade atualmente em relação às dimensões do desenvolvimento sustentável, e possuem uma adaptação ao contexto empresarial de forma a se relacionar com a diretriz ESG. Neste contexto, observa-se a importância do relacionamento das organizações com os seus públicos no desenvolvimento da sustentabilidade empresarial, de modo que essa relação se torna um dos principais ativos deste cenário.

Especificamente acerca do âmbito nacional, Martins (2022, p. 27) destaca que este fenômeno global de valoração do ESG igualmente alcançou as empresas brasileiras:

> Outro ponto de relevância a ser citado é o que se encontra no relatório sobre a evolução do ESG no Brasil (PACTO GLOBAL, 2021). Nele, é possível verificar que os investidores, consumidores e outras partes interessadas procuram, cada vez mais, companhias com práticas ESG, seja para investimentos, compras ou até oportunidades de emprego.
>
> (...)
>
> As empresas brasileiras também estão integradas nessa questão ESG, já que a rede Brasil do Pacto Global da Organização das Nações Unidas atingiu a quantidade de 1.100 membros no Brasil, onde estão inclusas. Logo, essa preocupação dos investidores, aptos a investir nesse tipo de empresas; dos consumidores, aptos a comprar delas; e da própria empresa nessa busca pela melhoria na sustentabilidade, tende a aumentar o valor de mercado dessas companhias.

Neste contexto nacional, o Porto de Santos assume seu protagonismo, conforme destacam Carvalho et al (2024, p. 63):

> A implementação dos princípios ESG (Environmental, Social, and Corporate Governance) no Porto de Santos revelou-se uma estratégia eficiente para promover a sustentabilidade e responsabilidade corporativa em operações portuárias. A adoção do Plano Básico Ambiental, conforme a Licença de Operação n°1382, mostrou o compromisso do porto com a redução de impactos ambientais através de programas de monitoramento da qualidade da água, sedimentos, ar e biota aquática, além de iniciativas de dragagem e educação ambiental.
>
> Em termos de governança, a aplicação do modelo de três linhas demonstrou uma gestão eficiente de riscos e controles internos, assegurando que as responsabilidades fossem claramente definidas e monitoradas. A implementação do Sistema de Integridade reforçou a transparência e a ética na gestão portuária, prevenindo e combatendo fraudes e corrupção.
>
> Além disso, a Autoridade Portuária de Santos mostrou um forte compromisso como desenvolvimento social, incentivando a integração da comunidade através de programas como a Fundação CENEP e o Programa Jovem Aprendiz. Essas iniciativas não apenas forneceram oportunidades de emprego para jovens, mas também promoveram uma relação positiva entre o porto e a cidade.

Com efeito, verifica-se de modo geral, até certo ponto, que as empresas demonstravam franco interesse em vincular suas marcas à observância da prática dos valores ESG, imprimindo-se uma movimentação contínua e sincronizada na direção congressos, jorndadas e documentos/manifestos que abordassem a temática.

Contudo, nada obstante a inquestionável relevância na promoção destes "eventos ESG" – indispensável à propagação e "popularização" de tais valores -, constata-se atualmente a necessidade da assunção de metas mais claras e vinculativas na implementação dos valores sociais, ambientais e de governança.

Em verdade, a adesão foi se encaminhando a título do que se denomina como soft law, ou seja, sem qualquer previsão punitiva para eventual desrespeito ao compromisso livremente assumido.

Ponderando acerca da da imposição hard law dos conceitos do ESG, lecionam Smolenaars e Pellin (2023, p. 76):

> Na sociedade internacional, por vezes, a imposição de normas tipo hard law tem um efeito inibidor, afastando o compromisso dos Estados, temerosos por limitar sua soberania e mitigar seus próprios interesses de maneira obrigatória, sujeitando-se a sanções em caso de descumprimento.
>
> As normas de soft law, ao seu turno, são um convite ao engajamento voluntário e, portanto, livre dos atores internacionais, ampliando a possibilidade de que cumpram seus desígnios como estratégia de ampliar sua participação nos mercados globais, percebendo as vantagens de adotar uma postura mais palatável aos consumidores, cada vez mais conscientes e exigentes, bem como de se posicionar de modo incisivo, usando seu engajamento como marketing político, gerando confiabilidade e divulgando uma imagem mais positiva.

Laurentiz (2022, p. 63) avalia os benefícios e prejuízos dos sistemas soft law e hard law:

> A partir do exposto, percebe-se que, a despeito das vantagens das estratégias não vinculantes, a falta de enforcement que lhes é caracterísitca dificulta a imposição de deveres. É preciso valer-se tanto do soft law, quanto hard law para gerar mecanismos de compliance mais eficazes e capazes de gerar responsabilidade pela violação de direitos humanos em uma perspectiva mais integrativa.
>
> (...)
>
> Há uma série de vantagens e desvantagens associadas a ambos os modelos. Se por um lado as estratégias de hard law tornam os compromissos assumidos pelos Estados mais credíveis internacionalmente pelo seu caráter auto executório (self-executing), por outro lado, os instrumentos de soft law são menos dispendiosos em sua negociação, devido aos menores "custos de soberania", permitindo uma cooperação mais profunda. Tratar os modelos como um binarismo, em uma espécie de visão antagonista, pode conduzir, na melhor das expectativas, a um endurecimento dos regimes de soft law (hardening of soft law regimes) ou apenas um abrandamento dos regimes de hard law (softening os hard law regimes).

E afirmam, Smolenaars e Pellin (2023, p. 77), a respeito da obrigatoriedade que essas normas podem assumir a partir da adesão voluntária dos interessados:

> Por vezes as Organizações Internacionais e os estados adotam as normas privadas, que tornam-se elas próprias soft norms, adquirindo obrigatoriedade quando expressamente aceitas, como no caso da Organização Mundial do Comércio, que por força do Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio, adota as normas e padrões editadas pela instituição privada International

> Organization for Standardization (ISO), reforçando a importância da participação dos agentes privados, sejam eles organizações sem fins lucrativos, ou empresas transnacionais, para a construção normativa do direito internacional.

Este movimento vinculativo já pode ser notado no continente europeu, segundo Antunes (2023, p. 1111-1114):

> O legislador europeu pretende implementar uma nova matriz comum de actuação empresarial, de natureza vinculativa, que transcenda a ideia de normas de adesão e de observância voluntárias em matéria de direitos humanos e de protecção do ambiente e do clima, com a natureza de recomendações ou "guidances".
>
> (...)
>
> As empresas abrangidas ficam obrigadas a cumprir o dever de diligência ao longo das suas próprias operações, das suas filiais, e nas suas "cadeias de actividades", para o que se impõe considerar as relações comerciais e empresariais directas e indirectas estabelecidas, tanto a montante como a jusante (a título ilustrativo, com prestadores de serviços, fornecedores, vendedores, transportadores, distribuidores, armazenadores). A inobservância do dever de diligência empresarial determina, nos termos do texto proposto, consequências jurídicas, fundamentando, havendo danos indemnizáveis e estando preenchidos os demais pressupostos gerais, a responsabilidade civil da empresa, como resulta enunciado no artigo 22.º da Proposta de Directiva, sob a epígrafe: "Responsabilidade civil das empresas e direito a reparação integral".

Apresentados os fundamentos teóricos quanto à relevância dos valores ESG, sua evolução histórica e potencial imposição vinculativa, os panoramas global e nacional, incluindo-se aqui uma apresentação de implementação no Porto de Santos, adentra-se, por ora, na temática central desta pesquisa.

Em resposta à problematização, tem-se, a partir dos dados bibliográficos e legais coletados, a possibilidade de imposição a título de hard law dos valores ESG no Porto de Santos.

Evidentemente que tal iniciativa implicaria na formação de um arcabouço jurídico e institucional que levasse à prática essa pretensão.

Para tanto, a formação de uma pessoa jurídica autônoma, sem fins lucrativos, com natureza jurídica de associação, se mostra a forma mais adequada.

Elaborar-se-ia um estatuto próprio no qual constaria a primazia na implementação dos valores ESG no Porto de Santos, a composição de um conselho diretor que necessaria e obrigatoriamente contaria com a presença de um representante da Superintendência de Governança, Riscos e Compliance do Porto de Santos.

Este documento estipularia a periodicidade dos encontros da associação, suas metas, eventuais benefícios decorrentes da adesão e observância dos objetivos, assim como eventuais penalidades a serem aplicadas para o caso de descumprimento, incluindo-se aqui a possibilidade de exclusão do ator portuário da associação.

Na medida que a implementação dos valores ESG exige a aportacao de recursos pelo ator portuário, é justo que ele se beneficie com algumas isenções ou benefícios administrativos junto ao Porto. Aqui se reforça a justificativa da presença obrigatória e perene da Superintendência de Governança, Riscos e Compliance no conselho da associação.

Mediante fundos próprios ou captação via Autoridade Portuária de Santos, mostra-se

prudente que a associação contrate uma empresa para análise e verificação

dos dados ofertados pelos atores portuários, inclusive sugerindo advertências ou sanções disciplinares a um órgão que será composto exclusivamente para julgamento dessas celeumas.

Nem se argumente que eventual concessão teria o condão de violar a segurança jurídico e o ato jurídico perfeito decorrentes da participação no processo licitatório de atuação no Porto de Santos.

Isso porque a adesão ao Manifesto e à potencial associação a ser criada será facultada indistintamente a todos os atores portuários que, por inafastável liberalidade de seus dirigentes, poderão ou não concluí-la.

Notadamente, a eventual movimentação negativa de agentes portuários poderá repercutir não diretamente em sua relação com a Autoridade Portuária de Santos, mas sim com a sociedade civil organizada e com o mercado de capitais, ambos atentos e interessados nos valores ESG.

Neste quadro, responde-se positivamente à problematizacao lançada, destacando-se que o Porto de Santos se notabilizará na vanguarda dessa iniciativa de tornar vinculativa a adesão aos valores ESG pelos atores portuários.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Assim, mediante pesquisa e consulta bibliográfica e legislativa, além de participação em reuniões com a Superintendência de Governança, Riscos e Compliance e ainda com os atores aderentes ao MANIFESTO ESG DO PORTO DE SANTOS, desenvolveu-se a presente pesquisa com o método hipotético-dedutivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da pesquisa, tem-se a possibilidade de vinculação dos valores sociais, ambientais e de governança a título obrigatório em face dos atores portuários que voluntariamente aderirem ao MANIFESTO ESG DO PORTO DE SANTOS, destacando que o cumprimento das metas importará na concessão de benefícios aos envolvidos, ao passo que, o descumprimento, após a deliberação do órgão competente a ser designado, poderá impor a cassação dos benefícios e a devolução de eventuais incentivos financeiros recebidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, destacando todas as admiráveis iniciativas adotadas pela Superintendência de Governança, Riscos e Compliance em vista da promoção dos valores sociais, ambientais e de governança junto ao Porto de Santos, tanto na dimensão interna corporis e externa corporis, reconhece-se a necessidade de um

avanço no cumprimento das metas estipuladas no MANIFESTO ESG DO PORTO DE SANTOS.

Notadamente, a adesão ao MANIFESTO importa numa valoração da marca da empresa, frente ao reconhecimento difundido na sociedade da relevância dos valores ESG.

Entretanto, este reconhecimento social, isoladamente, não se mostra suficiente para fomentar uma verdadeira adesão ao MANIFESTO, reconhecendo a Superintendência de Governança, Riscos e Compliance que este assentimento deve vir acompanhado de incentivos financeiros e/ou benefícios na dimensão administrativa portuária.

Para tanto, ao aderir ao MANIFESTO, o ator portuário deve assumir compromissos claros e vinculativos de observância dos valores sociais, ambientais e de governança, sob pena de perda dos benefícios e, a depender da intensidade ou grau de reincidência na violação, ser excluído do quadro de aderentes.

A organização do trabalho de implementação desses valores deverá passar por uma pessoa jurídica específica e autônoma, a ser constituída por meio de estatuto próprio, com a estipulação de metas temporalmente fixadas, um conselho diretor que presidirá as reuniões e colherá a apresentação dos resultados.

Este estatuto, igualmente, deverá estabelecer eventuais penalidades pelo descumprimento dos compromissos assumidos, incluindo-se aqui o percurso procedimental para a prolação da decisão administrativa, assegurado o direito ao contraditório e à ampla defesa. Para que isso bem se desenvolva, necessária a contratação de uma empresa que auditará os resultados apresentados.

Mostra-se prudente que a Superintendência de Governança, Riscos e Compliance tenha uma representação permanente no conselho da pessoa jurídica a ser criada, além de ter a autonomia para chancelar ou não as decisões por ocasião de reflexos das atividades no âmbito interna corporis do Porto de Santos.

Este movimento próprio do Porto de Santos de busca pela implementação dos valores ESG a nível hard law impulsionará positivamente a ação de outros portos e os resultados dessa iniciativa poderão ser medidos futuramente em novas pesquisas a serem realizadas.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Ana Filipa Morais. ESG, sustentabilidade empresarial e contratação responsável. Em especial, o papel do contrato e das "cláusulas éticas". **Revista de Direito Comercial,** p. 1103-1138, 2023.

BOYLE, Alan E. Some reflections on the relationship of treaties and soft law. **International & Comparative Law Quarterly,** v. 48, n. 4, p. 901-913, 1999.

CARLINI, ROBERTA CARVALHO. ESG: **A Tríade Estratégica do Modelo de Negócio Rumo à Sustentabilidade e Longevidade Empresarial.** Editora Dialética, 2024.

CARVALHO, Bianca Ippolito et al. SUSTENTABILIDADE E RESPONSABILIDADE CORPORATIVA: A APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ESG NO PORTO DE SANTOS. **Revista Observatório Portuário**, v. 3, n. 1, p. 55-65, 2024.

DAS NEVES PAGLIA, Fabiano Carlos; MACHADO, Nelson Santos. Análise das contribuições acadêmicas e a evolução das boas práticas de ESG no Brasil: uma revisão de literatura. **Observatório de la Economia Latinoamericana**, v. 21, n. 9, p. 13253-13279, 2023.

EL KHATIB, AHMED SAMEER; DE OLIVEIRA FILHO, BOLÍVAR GODINHO. A Obrigatoriedade dos Relatórios de Sustentabilidade Melhora o Desempenho Financeiro das Empresas? Evidências Empíricas em Mercados Internacionais.

LAURENTIZ, Victoria Vitti de. **Compliance de direitos humanos: regulação, responsabilidade empresarial e devida diligência.** 2022. Tese de Doutorado. Universidade de SÃ£ o Paulo.

MARTINS, Mayra et al. A relação da divulgação das práticas ESG com o valor de mercado das empresas brasileiras de capital aberto. 2022.

SILVA, Liliane Fraga da. **Relações públicas e sustentabilidade empresarial no Brasil: uma análise a partir das diretrizes atuais ESG e agenda 2030.** 2022. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

SMOLENAARS, Claudine Costa; PELLIN, Daniela Regina. Princípios ESG: soft law e a governança ambiental e social no Direito internacional contemporâneo. 2023.

SOLER, Fabrício. **ESG (ambiental, social e governança): da teoria à prática**. Saraiva Educação SA, 2023.

TABOADA, RAPHAEL; ZANETHI, RODRIGO LUIZ. SUPERINTENDÊNCIA DE GOVERNANÇA, RISCOS E COMPLIANCE DO PORTO DE SANTOS E O MANIFESTO ESG. **Revista Observatório Portuário**, v. 3, n. 3, p. 97-106, 2024.

ARTIGO 10

AUDITORIA BASEADA EM PESSOAS: UM ESTUDO DE CASO DA SCPAR PORTO DE IMBITUBA

Gabriel Favarim Salzberg
Centro Universitário Univinte

Murilo da Silva de Medeiros, Me
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O presente estudo de caso analisa a implementação da Auditoria Interna Baseada em Pessoas (ABP) na SCPar Porto de Imbituba S.A., sociedade de economia mista responsável pela gestão do Porto Organizado de Imbituba. Para tanto, apresenta o modelo de ABP aplicado na empresa; discute as principais propostas de valor do modelo e avalia a efetividade dos relatórios de auditoria interna a partir do mesmo. Metodologicamente, trata-se de um estudo de caso qualitativo e descritivo, fundamentado, sobretudo, em observação participante e análise documental referente ao período de 2022 a 2025. Os resultados revelaram cinco eixos centrais da ABP na organização: 1) escuta ativa e feedback contínuo, 2) reconhecimento de práticas positivas, 3) uso de linguagem não violenta, 4) análises humanizadas e 5) aplicação pluritemática. Os indicadores de desempenho demonstraram altos índices de cumprimento das recomendações de auditoria, evidenciando que a ABP contribui tanto para a efetividade dos processos de auditoria quanto para a construção de confiança e engajamento entre auditor e auditados no contexto em estudo. Conclui-se que a experiência da SCPar Porto de Imbituba evidencia a ABP como prática inovadora de gestão pública, capaz de inspirar outras organizações a adotar uma abordagem centrada em pessoas.

Palavras-chave: Auditoria Interna; Auditoria Baseada em Pessoas; SCPar Porto de Imbituba; Porto Organizado de Imbituba.

ABSTRACT

This case study analyzes the implementation of People-Based Auditing (PBA) at SCPar Porto de Imbituba S.A., a mixed-capital company responsible for managing the Organized Port of Imbituba. To this end, it presents the PBA model applied at the company, discusses the model's main value propositions, and evaluates the effectiveness of internal audit reports based on it. Methodologically, this is a qualitative and descriptive case study, based primarily on participant observation and document analysis covering the period 2022 to 2025. The results revealed five central axes of PBA within the organization: 1) active listening and continuous feedback, 2) recognition of positive practices, 3) use of non-violent language, 4) humanized analysis, and 5) multi-thematic application. Performance indicators demonstrated high rates of compliance with audit recommendations, demonstrating that PBA contributes both to the effectiveness of audit processes and to building trust and engagement between auditors and auditees in the context under study. It is concluded that the experience of SCPar Porto de Imbituba highlights ABP as an innovative public management practice, capable of inspiring other organizations to adopt a people-centered approach.

Keywords: Internal Audit; People-Based Auditing; SCPar Port of Imbituba; Organized Port of Imbituba.

1. INTRODUÇÃO

A SCPar Porto de Imbituba S.A. é uma sociedade de economia mista criada pelo Governo do Estado de Santa Catarina (SC) para atuar enquanto Autoridade Portuária (AP) do Porto Organizado de Imbituba, cuja administração foi delegada da União à unidade federativa em 2012. Localizado ao sul do Estado de Santa Catarina, a 90 km de Florianópolis e a 6 km da BR-101, trata-se de um porto público, multipropósito, com três berços de atracação com até 14,5 metros de profundidade, situado numa enseada de mar aberto no sul do estado catarinense e que movimentou pouco mais de 8,3 milhões de toneladas em 2024.

A Auditoria Interna, no contexto da administração pública indireta, à qual se aplica a AP do Porto de Imbituba, é uma ferramenta de gestão instituída por um conjunto de leis e normas, como a Lei Federal 6.404/1976 e a Lei Federal 13.303/2016. Para atender às exigências legais e qualificar seus processos de gestão, a SCPar Porto de Imbituba conta com auditores internos de forma intermitente desde 2017. O atual auditor interno único - acompanhado no setor por um estagiário - é colaborador de carreira da administração portuária e desempenha seus trabalhos de forma contínua desde outubro de 2022. A unidade organizacional "Auditoria Interna" vincula-se funcionalmente ao Conselho de Administração (CONSAD) da empresa e possui atuação independente.

A partir disso, pode-se dizer que a chamada "Auditoria Baseada em Pessoas" (ABP) na empresa, tema do presente artigo, nasce de uma preocupação latente com o tema "*Environment, Social and Governance*" (ESG), em especial com o eixo "Social", ou seja, pessoas, na gestão do Porto Organizado de Imbituba. Na prática, isto significa que a unidade de Auditoria Interna da organização possui preocupações que vão além do modelo tradicional de auditoria. Isto inclui questões como uma relevante atenção ao bem-estar e engajamento dos trabalhadores, às garantias de boas condições de trabalho, à escuta ativa e à empatia nas relações com a área cliente durante as auditorias, dentre outras. Assim, o presente estudo de caso nasce do desejo dos autores em demonstrar que a ABP é uma forma de fazer gestão de pessoas, já que considera, interage, promove e valoriza os trabalhadores em seu desenvolvimento. Dessa forma, entende-se que é possível e quisto construir boas práticas de gestão de pessoas para além das áreas estritamente responsáveis por isso, uma vez que a preocupação com o elemento humano no trabalho deve ser de toda a organização. Estima-se que o presente estudo de caso inspire outras áreas desta e de outras organizações a adotarem um olhar baseado em pessoas de modo a qualificarem sua atuação e entrega de valor ao negócio. Um olhar atento às pessoas de dentro e de fora da organização, definitivamente, não deve se restringir às áreas de Gestão de Pessoas.

Assim sendo, o estudo visa a propor respostas para o seguinte problema: como se dá a ABP na SCPar Porto de Imbituba S.A.? Com vistas a resolvê-lo, o estudo tem como objetivo geral analisar a implantação da ABP no contexto da empresa caso. Para tanto, vale-se de três objetivos específicos: a) apresentar o modelo de ABP aplicado na SCPar Porto de Imbituba; b) discutir as principais propostas de valor do modelo e c) avaliar a efetividade dos relatórios de auditoria interna a partir da ABP na organização.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo o Instituto Internacional de Auditoria Interna (IIA, 2025, p. 20), a auditoria interna visa a prover avaliação e consultoria às organizações, adicionando valor e melhorando as operações dos negócios, ajudando no alcance de seus objetivos e proporcionando uma abordagem sistemática e disciplinada para avaliar e melhorar a eficácia dos processos de gestão de riscos, de controle e de governança.

Entretanto, é comum que a Auditoria Interna seja interpretada no ambiente organizacional como uma prática voltada à vigilância, à detecção de erros, à atribuição de responsabilidades individuais e à imposição de medidas corretivas. Tal representação, definitivamente, não corresponde à essência da função. A Auditoria Interna, ao contrário, visa a agregar valor à organização por meio da análise crítica e da melhoria de processos (Marçola, 2014, p. 80). O foco está em qualificar, não em encontrar culpados. E para que esse propósito seja alcançado, é fundamental reconhecer que as pessoas constituem o elemento central de qualquer empresa, devendo, portanto, estar no núcleo das preocupações das atividades de auditoria e não às suas margens.

> A auditoria interna transcendeu seu papel tradicional de examinar registros financeiros e conformidade. À medida que continuamos a nos integrar a outras áreas da organização, devemos incorporar a ideia de auditoria "centrada no ser humano". Essa abordagem reconhece a importância da empatia genuína, dos relacionamentos colaborativos e da transparência no processo de auditoria interna — o que traz benefícios em termos de maior confiança, melhores resultados e maior alcance dentro da organização (Lam, 2024, n.p., tradução nossa).

Assim, compreende-se que a auditoria centrada no ser humano ou baseada em pessoas – como o presente estudo de caso a trata - não fere, mas sim cumpre e até potencializa as diretrizes trazidas pelo IIA, em especial a partir do Framework Internacional de Práticas Profissionais (IPPF). Por exemplo, são categorias gerais de conhecimentos e habilidades necessários ao auditor interno segundo o documento: avaliação integrada e coordenada, reporte de resultados, liderança, comunicação profissional, negociação e gestão de conflitos (IIA, 2025, p.10). Todas são competências que convergem com a ideia de centralização das pessoas nos processos de auditoria. Agregar valor à organização perceptível a partir dos mais distintos *stakeholders*, assim, une a ABP às recomendações do IIA.

Aliás, o termo 'auditoria' tem origem no latim '*audire*', que significa 'ouvir' (Boynton; Johnson; Kell, 2002, p.4). Ou seja, não há falar em auditar sem falar em escutar ativamente, trocar informações e ideias com pessoas, colaborar com a área-cliente, estabelecer reações de confiança, praticar o feedback contínuo e verídico, exercer empatia real e valorizar forças organizacionais não objetivas como cultura e clima (Lam, 2024). Nos termos de Power (1997, p.7-9), a auditoria não é apenas técnica, mas também um ritual social, influenciado por percepções humanas e legitimidade organizacional. Portanto, para haver efetividade precisa haver confiança e para haver confiança é preciso tratar as pessoas enquanto tais.

Por fim, aplicar um modelo de auditoria baseado em pessoas implica em valorizar o eixo "S", ou "social", do chamado ESG, ou seja, o eixo *Environment-Social-Governance* (ONU, 2004, p.6), tão importante aos portos nos dias de hoje. Uma empresa está em consonância com os princípios do ESG quando entende que práticas de governança corporativa, desenvolvimento sustentável e responsabilidade social

podem trazer resultado econômico, mas também para além dele (Irigaray, 2022, p.1). Basear um modelo de auditoria interna em pessoas certamente contribui para a valorização do eixo social do chamado 'ESG Portuário'.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, de natureza qualitativa e descritiva, desenvolvido a partir da experiência prática do autor como auditor interno na empresa caso. O objeto de estudo é o modelo de Auditoria Baseada em Pessoas (ABP) implementado na SCPar Porto de Imbituba, considerando suas práticas, instrumentos e efeitos no processo de gestão organizacional. A amostra é composta pelas auditorias realizadas na organização entre outubro de 2022 e agosto de 2025, conduzidas pelo auditor interno único da instituição, em conjunto com estagiário de apoio. Incluem-se como participantes indiretos os gestores, empregados e terceirizados que foram entrevistados ou consultados durante os processos de auditoria.

A coleta de dados ocorreu por meio de 1) observação participante, visto que um dos autores atuou diretamente como auditor interno durante o período analisado; b) entrevistas semiestruturadas com gestores, empregados e terceirizados, utilizadas como fontes primárias nas auditorias e na validação de alguns elementos trazidos pelo presente case; e 3) análise documental, em especial os relatórios de auditoria interna (RAI) (SCPar Porto de Imbituba, 2025), relatórios de monitoramento de auditoria (RMA) (SCPar Porto de Imbituba, 2025), planos anuais de auditoria interna (PAAI) (SCPar Porto de Imbituba, 2025) e relatórios anuais de auditoria interna (RAINT) (SCPar Porto de Imbituba, 2025).

A técnica fundamental de análise de dados foi a análise de conteúdo, pela qual articularam-se as evidências coletadas às categorias analíticas previamente definidas: escuta ativa e feedback, reconhecimento de práticas positivas, linguagem não violenta, análise humanizada e aplicação pluritemática, nos termos dos resultados, a seguir apresentados. A análise triangulou dados qualitativos (percepções, entrevistas, observações) e dados quantitativos (indicadores de cumprimento de recomendações e de execução do PAAI) por meio de uma abordagem interpretativa a partir do auditor interno e autor do presente estudo de caso.

Faz-se importar declarar o uso de inteligência artificial (IA) no processo de elaboração deste estudo de caso. Utilizou-se a IA generativa ChatGPT, desenvolvido pela empresa OpenIA, em 3 etapas da produção deste trabalho: primeiro, utilizou-se a ferramenta para levantamento de bibliografia que servisse de fundamentação teórica ao caso em análise. As sugestões foram acessadas, avaliadas e selecionadas pelos autores. A produção do texto de fundamentação ou qualquer outro componente do trabalho é de total autoria dos autores, sem qualquer tipo de produção via IA. Em segundo lugar, utilizou-se a mesma ferramenta para o auxílio na elaboração das referências bibliográficas atinentes às fontes de pesquisa, validadas novamente pelos autores. Por fim, a IA foi utilizada para revisões gramaticais pontuais em trechos de dúvida na elaboração textual pelos autores.

Por fim, cabe registrar que, por se tratar de um estudo de caso único, centrado em uma organização pública específica e baseado na experiência dos próprios pesquisadores, os resultados não devem ser generalizados. Contudo, permitem levantar *insights* relevantes para aplicação da ABP em outras instituições, sobretudo portuárias e organizações públicas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ABP na SCPar Porto de Imbituba tem sido implementada de outubro de 2022 até o presente, sendo aperfeiçoada progressivamente desde então. A unidade organizacional é composta por um auditor e um estagiário. Com vistas a descrever a ABP no contexto do caso, optou-se por subdividir tal descrição em seis partes, vinculadas, cada uma, a uma proposta de valor, ou seja, uma característica da ABP na empresa que a qualifica enquanto tal e estabelece-se como boa prática de gestão.

4.1 Primeira proposta de valor: escuta ativa e feedback contínuo

A escuta ativa e o feedback contínuo são a base da ABP na empresa. Isso significa que as pessoas envolvidas na auditoria são priorizadas em todo o processo, desde o planejamento da auditoria, passando pela coleta de dados e análise, chegando até às conclusões e recomendações. Em todas essas etapas, os colaboradores – diretos e terceiros – são ouvidos com atenção e zelo. Sua percepção, anseios e cultura constituem-se enquanto fonte principal da execução a auditoria.

Em termos práticos, na etapa de planejamento, ou seja, quando o PAAI é elaborado, sempre ao fim de um ano e referindo-se ao ano seguinte, o auditor interno realiza um conjunto de procedimentos para levantar sugestões de objetos de auditoria a serem previstos no plano. Uma das ações é fazer o levantamento das ouvidorias recepcionadas no ano (sobretudo denúncias e reclamações) com vistas a verificar o que mais aflige as pessoas da comunidade portuária. Outra ação é consultar os diferentes órgãos da arquitetura de gestão da empresa, corresponsáveis pela boa governança e compliance do negócio, como o Controle Interno, o Conselho de Auditoria Estatutário, o Conselho Fiscal e o Conselho de Administração. Os gestores também são consultados: cada diretor recebe notificações ao longo do ano com lembretes de que a Auditoria Interna recepciona até o prazo de elaboração do PAAI sugestões de temáticas para as auditorias. Por fim, ainda que não haja processo formal para tanto, a Auditoria Interna ouve e recebe dos diversos colaboradores da empresa sugestões de temas ao longo do ano, anotando tudo em um arquivo na nuvem que é acessado e estudado quando no momento da definição das auditorias do ano seguinte.

Já na etapa de coleta de dados, o Auditor Interno prioriza as entrevistas semiestruturadas como um dos principais procedimentos de coleta de dados, para além dos procedimentos clássicos de auditoria, como análise documental e financeira. Isso significa que as pessoas se constituem enquanto fontes primárias de dados e informações das auditorias, sendo reforçadas pela coleta de dados objetivos a partir dos métodos tradicionais. Elementos como cultura organizacional e clima organizacional, de natureza intersubjetiva, portanto, não – necessariamente – objetiva, assim, são essenciais para a compreensão do que o auditor precisa entender. Quando contratos de prestação de serviços são auditados, o auditor também realiza as entrevistas com os colaboradores terceirizados, oportunizando ouvir não apenas a contratante, mas também as pessoas que compõem a contratada e que laboram cotidianamente no porto.

O mesmo é feito na etapa de análise de dados: os insights realizados pelo auditor ao longo do processo são discutidos com as áreas clientes durante o próprio processo. Um exemplo prático disso são os apontamentos informais de auditoria, ou seja, antes mesmo dos RAIs serem oficializados, o auditor dialoga com as áreas clientes para que medidas e soluções possam ser aplicadas o quanto antes, não aguardando o fim da auditoria para se resolver um problema

pontual ou complexo que pode ser resolvido o quanto antes. Várias dessas demandas, mesmo antes do término das auditorias, se resolvem em virtude dos apontamentos informais. Registra-se que mesmo as correções realizadas durante a auditoria são reportadas nos RAIs.

Já nas etapas de conclusões e recomendações, salienta-se que nenhum achado ou recomendação de auditoria é oficializado sem que antes tenha sido validado pela área cliente. Ou seja, antes do Relatório ser assinado e inserido no Sistema de Gestão de Protocolo Eletrônico (SGPe), o auditor encaminha sua minuta para apreciação dos colaboradores da área e agenda uma reunião de validação. Nesta reunião, os pontos de convergência e divergência são discutidos e a minuta é adequada a partir disso. Só com o total aceite das partes é que o RAI é oficializado e encaminhado para as demais instâncias internas deliberativas cabíveis. Assim, pode-se dizer que os RAIs, mesmo que liderados pelo auditor, são frutos de uma construção conjunta e colaborativa.

4.2 Segunda proposta de valor: proposição e reconhecimento

Os RAIs costumam trazer apontamentos de erros, falhas, déficits, riscos e inconsistências nos processos da empresa. Identificar esses gaps e propor adequações, de fato, está no cerne do que se espera de uma auditoria. Entretanto, na SCPar Porto de Imbituba, entende-se que reconhecer os pontos positivos atestados a partir da auditoria também se constitui enquanto uma boa prática. Ao fazê-lo, o auditor valoriza o que está sendo feito em conformidade e de maneira eficaz, eficiente e efetiva. Trata-se de uma forma de trazer uma 'fotografia' mais completa do objeto em análise: para além de evidenciar aquilo que precisa ser melhorado, não deixar de mencionar e parabenizar por aquilo que já está sendo feito de forma adequada. Isto constitui-se enquanto um grande ponto na aceitação dos resultados da auditoria pelas áreas-clientes.

Além disso, é natural que as auditorias se valham de recomendações de adequação às não conformidades legais ou normativas, isto é, indiquem que a área cliente corrija/adeque algo que não está sendo feito de acordo ou em conformidade com o que deveria. Entretanto, na ABP compreende-se que isto não é suficiente, já que estar em conformidade legal e normativa se trata de requisito. Sempre é possível fazer mais e melhor para além do requisito, ou seja, ainda que a lei ou as normas externas e internas não atestem que determinadas práticas são essenciais de serem realizadas, compreende-se que boas práticas de gestão qualificam o negócio e, por isso, podem, sim, ser apontadas e recomendadas pelas auditorias.

Ambas as abordagens qualificam a auditoria, porque retiram desta a imagem de "esterilidade", ou seja, promovem uma visão da Auditoria Interna mais atinente ao que ela, de fato, se propõe: melhorar a empresa.

4.3 Terceira proposta de valor: linguagem não violenta

O auditor interno único da empresa atua desde 2022 e, neste tempo, teve a oportunidade de aprender com erros e acertos. O amadurecimento e a experiência trazem importantes reflexões acerca das práticas mais e menos indicadas na condução de uma auditoria. Um dos principais aprendizados foi o uso da linguagem não violenta, seja no trato com as pessoas durante a execução das auditorias, seja na escrita dos relatórios. Observou-se, por exemplo, que o uso de termos como "oportunidade de melhoria" em detrimento de "déficit", "erro", "falha" ou "problema" (SCPar Porto de Imbituba, 2025) é muito mais bem recebido por parte das áreas clientes, promovendo

uma boa recepção das observações, constatações e recomendações do auditor. Além disso, usar termos eufêmicos atende aos objetivos da auditoria da mesma forma que suas versões mais diretas: no fim das contas, aquilo que precisa melhorar ou ser adequado será apontado e proposições de melhoria/qualificação serão realizadas. Dessa forma, qualquer apego semântico é infinitamente menos importante que a boa condução da auditoria, onde auditor e auditado estabelecem uma relação de confiança e respeito.

4.4 Quarta proposta de valor: análise humanizada

O olhar do auditor no modelo tradicional de auditoria geralmente se volta às não conformidades legais e normativas, o que é de grande importância e, de fato, constitui a essência do trabalho de auditoria. Entretanto, na ABP, visa-se estender o olhar para os problemas de qualidade de vida e de trabalho das pessoas, mesmo que isso não corrija inconformidades formais.

Alguns exemplos de recomendações realizadas em auditorias anteriores que vão neste sentido são: 1) Prover porta de vidro ou correlato no corredor de acesso de pedestres na Portaria 01 (Auditoria 03/2023): os vigilantes que trabalhavam na Portaria 01 do porto, além dos próprios pedestres, sofriam com as intempéries - chuva e vento - em virtude da configuração do corredor de acesso à entrada da portaria. A partir da presente recomendação de auditoria, oportunizou-se melhores condições de trabalho, condizente com a dignidade necessária para seu exercício; 2) Repensar estratégias para o serviço de limpeza nas portarias (Auditoria 03/2023): a partir das reclamações dos usuários, a auditoria interna contribuiu para a qualificação das condições de higiene deste ambiente de trabalho; 3) Deliberar sobre a possibilidade de nomeação dos Chefes de Departamento Substitutos (Auditoria 05/2023): Nesta situação, constatando que algumas exonerações de cargos de chefia não eram acompanhadas, em seguida, por novas nomeações - em uma situação, uma gerência ficou sem um gerente por 7 meses - recomendou-se criar a figura das chefias suplentes, nomeando colaboradores de carreira para tanto. Isto trouxe segurança para as áreas, uma vez que, a partir de então, não houve mais gaps na ocupação dos cargos de chefia. Além disso, a medida trouxe motivação ao time, já que os chefes suplentes também substituem as chefias efetivas durante suas férias e afastamentos médicos (SCPar Porto de Imbituba, 2025). Isto permite que muitos colaboradores experienciem, mesmo que provisoriamente, a atuação num cargo de gestão.

Desta forma, resta evidente o olhar humanizado das análises e recomendações de auditoria na empresa. Fazê-lo é colocar em prática o modelo de auditoria interna humanizada.

4.5 Quinta proposta de valor: aplicação pluritemática

As auditorias realizadas na SCPar Porto de Imbituba se aplicam nas mais diversas áreas da empresa e, portanto, são pluritemáticas. Utiliza-se a análise de riscos, a partir de uma série de indicadores, para definir os objetos de auditoria selecionados e, a considerando o histórico de auditorias, verifica-se que, por se tratar de uma Autoridade Portuária que possui competências múltiplas e pluritemáticas, é natural que os temas de maior risco – portanto selecionados para as auditorias – também o sejam.

Nos últimos anos, estes foram os temas das auditorias da empresa: Almoxarifado Central; Fiscalização de Contratos de Arrendamento; Gestão de Contratos; Controle de Acesso; Fiscalização e Gestão de Contrato de Mão de Obra Terceirizada; Fiscalização e Gestão dos Contratos de Engenharia; Fiscalização e Gestão de Contrato de Serviço de

Dragagem; Fiscalização e Gestão de Contratos do Setor de Transporte; Conservação das Estruturas; Fiscalização e Gestão de Contrato de Serviço de Balanceiros e Fiscalização e Gestão de Contrato de Batimetria. Ou seja, diversas foram as áreas auditadas na empresa, desde a Gerência de Administração, passando pela Gerência Comercial, Gerência de Segurança Portuária, Gerência de Tecnologia da Informação, Gerência de Engenharia e Infraestrutura, Gerência de Operações e Gerência de Saúde, Segurança e Meio Ambiente. Isto representa mais que 50% da empresa, ainda que os resultados das recomendações de auditoria atinjam a quase totalidade dela (SCPar Porto de Imbituba, 2025; 20254).

Isto demonstra que a auditoria não é um instituto meramente aplicável à área financeira ou legal da empresa: todas as áreas podem ser clientes de auditoria, uma vez que possuem seus processos de gestão, passíveis de serem qualificados. Assim, pode-se dizer que a unidade de Auditoria precisa saber lidar com pessoas, afinal, todos os colaboradores, direta ou indiretamente, participam ou irão participar das atividades de auditoria. Também pode-se dizer que o profissional de auditoria precisa saber lidar com os diferentes públicos, das áreas-meio às áreas-fim, do operacional ao estratégico, de gestores a terceirizados. Uma auditoria baseada em pessoas é, justamente, aquela que se vale de estratégias para ser assertiva nesses distintos contextos.

4.6 Efetividade da auditoria interna na SCPar Porto de Imbituba

A efetividade da Auditoria Interna na empresa pode ser atestada a partir do monitoramento de seus indicadores de desempenho, o que demonstra a assertividade do modelo ABP. O indicador "Cumprimento Geral de Recomendações de Auditoria", por exemplo, é aferido desde o primeiro semestre de 2023 a partir dos Relatórios Trimestrais de Monitoramento do PEIN e a partir dos RMAs. Sua unidade de medida é a porcentagem (%) e aplica-se ao montante de recomendações de auditorias ativas. Ou seja, considerando todas as auditorias que ainda possuem recomendações abertas ("não cumpridas" ou "cumpridas parcialmente"), o indicador mede o percentual total de recomendações dessas auditorias que possuem status "cumprido" (totalmente) (SCPar Porto de Imbituba, 20254). A tabela 1 mostra um extrato de monitoramento temporal do indicador ao longo dos últimos 2 anos:

Tabela 1 – % de Cumprimento Geral de Recomendações de Auditoria por Trimestre

Ano	Trimestre	Recomendações					% de Cumprimento Geral	
		Total	Cumpridas	Cumpridas Parcialmente	Não Cumpridas	Não Se Aplica	Total	Total e Parcial
2023	1º Trimestre	30	0	0	0	30	-	-
	2º Trimestre	39	14	1	6	18	67%	71%
	3º Trimestre	88	24	2	10	52	67%	72%
	4º Trimestre	114	49	11	10	44	70%	86%
2024	1º Trimestre	114	72	17	16	9	69%	85%
	2º Trimestre	114	72	17	16	9	69%	85%
	3º Trimestre	130	85	19	21	5	68%	83%
	4º Trimestre	154	110	24	16	4	73%	89%
2025	1º Trimestre	169	136	18	11	4	82%	93%

Fonte: SCPar Porto de Imbituba S.A. (2025).

Existe também um conjunto de indicadores que se refere a cada uma das auditorias em aberto, ou seja, o "Cumprimento de Recomendações de Auditoria por Auditoria". Eles são aferidos desde o primeiro semestre de 2023 a partir dos Relatórios Trimestrais de Monitoramento de Auditoria Interna e do RAINT. Sua unidade de medida é a porcentagem (%) e mede-se da mesma forma que o indicador anterior, com a diferença que o percentual de recomendações cumpridas aferidas é referente a cada auditoria e não ao total de auditorias ativas (SCPar Porto de Imbituba, 20254). A tabela 2 apresenta um extrato de monitoramento temporal de uma das auditorias realizadas nos últimos anos como forma de exemplo:

Tabela 2 – % de Cumprimento de Recomendações de Auditoria por Trimestre (Auditoria 003-2023: Controle de Acesso)

Ano	Trimestre	Recomendações					% de Cumprimento Geral	
		Total	Cumpridas	Cumpridas Parcialmente	Não Cumpridas	Não Se Aplica	Total	Total e Parcial
2023	4º Trimestre	47	0	0	0	47	-	-
2024	1º Trimestre		16	9	4	18	55%	86%
	2º Trimestre		24	9	10	4	56%	77%
	3º Trimestre		30	9	8	0	64%	83%
	4º Trimestre		35	6	6	0	74%	87%
2025	1º Trimestre		41	4	2	0	87%	96%

Fonte: SCPar Porto de Imbituba S.A. (2025).

Desta forma, considerando o alto valor de recomendações de auditoria cumpridas pelas áreas clientes, ou seja, 82% de forma total e 93% de forma total e parcial, atesta-se que o modelo ABP tem dado resultados positivos, uma vez cumpre seu objetivo em essência, que é promover a qualificação das práticas de gestão da organização. Desde setembro de 2022, pode-se dizer que 154 práticas e processos internos foram qualificados a partir dos trabalhos da Auditoria Interna. Só na Auditoria 003/2023, por exemplo, foram 45 apontamentos realizados e devidamente ajustados, tornando a empresa mais eficaz, eficiente e efetiva em seus negócios.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de caso teve como objetivo geral analisar a implementação da ABP na SCPar Porto de Imbituba. Para tanto, valeu-se de três objetivos específicos: a) apresentar o modelo de ABP aplicado na empresa, b) discutir suas principais propostas de valor e 3) avaliar a efetividade dos relatórios de auditoria interna sob essa perspectiva. Os objetivos propostos foram devidamente cumpridos e registrados ao longo do trabalho.

Os resultados evidenciaram que a ABP na SCPar Porto de Imbituba pode ser apresentada a partir de cinco propostas

de valor, que vão desde a escuta ativa e o feedback contínuo até a aplicação pluritemática e multisetorial de seus objetos. Essas dimensões revelam que a auditoria pode atuar não apenas como ferramenta de controle, mas também como instrumento de desenvolvimento organizacional, promovendo engajamento, legitimidade e confiança entre auditor e auditados numa perspectiva de gestão de pessoas. Além disso, a partir da análise dos indicadores de desempenho relativos à Auditoria Interna, constatou-se que os relatórios de auditoria, desenvolvidos a partir do modelo, reforçam a percepção e os resultados positivos da ABP no negócio. Os dados demonstraram altos índices de atendimento às recomendações, evidenciando que a abordagem baseada em pessoas não apenas humaniza a prática de auditoria, mas também a torna mais assertiva e prática na resolução de problemas e na proposição de melhorias, em confluência com o Framework Internacional de Práticas Profissionais (IPPF) de Auditoria Interna (IIA, 2025), documento mais importante quanto ao tema em nível internacional.

Conclui-se, portanto, que a ABP na SCPar Porto de Imbituba constitui-se enquanto um modelo relevante na forma de conceber e executar auditorias internas no setor público portuário. Ainda que se trate de um estudo de caso único, a experiência relatada pode inspirar outras organizações a adotarem um olhar baseado em pessoas, reforçando que a gestão de pessoas não deve ser restrita às áreas especializadas, mas sim responsabilidade de toda a instituição e suas unidades.

REFERÊNCIAS

BOYNTON, William C.; JOHNSON, Raymond N.; KELL, Walter G. **Auditoria.** São Paulo: Atlas, 2002.

IIA – Instituto Internacional de Auditores. **Global practice guide:** internal auditing competency framework. Disponível em: https://www.theiia.org/en/content/guidance/global/competency-framework/. Acesso em: 27 ago. 2025

IRIGARAY, Hélio A. R.; STOCKER, Fabricio. ESG: novo conceito para velhos problemas. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1-5, jul./ago. 2022.

LAM, Dina Marie. **Building a better auditor:** human-centric auditing. Blog do Institute of Internal Auditors (IIA), 22 abr. 2024. Disponível em: https://internalauditor.theiia.org. Acesso em: 27 ago. 2025.

MARÇOLA, Célia. Auditoria interna como instrumento de controle social na administração pública. **Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 62, n. 1, p. 75-87, jan./mar. 2011.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Who cares wins:** connecting financial markets to a changing world. Genebra: United Nations Global Compact, 2004. Disponível em: https://documents1.worldbank.org/curated/en/280911488968799581/pdf/113237-WP-WhoCaresWins-2004.pdf. Acesso em: 28 ago. 2025

POWER, Michael. **The audit society:** rituals of verification. Oxford: Oxford University Press, 1997.

SCPAR PORTO DE IMBITUBA. **Repositório de planejamentos anuais de auditoria interna (PAAI):** 2022-2025. Imbituba: SCPar Porto de Imbituba, 2025.

_____. **Repositório de relatórios anuais de auditoria interna (RAINT):** 2022-2024. Imbituba: SCPar Porto de Imbituba, 20254.

_____. **Repositório de relatórios de auditoria interna (RAI):** 2022-2025. Imbituba: SCPar Porto de Imbituba, 2025.

_____. **Repositório de relatórios de monitoramento de auditoria interna (RMA):** 2022-2025. Imbituba: SCPar Porto de Imbituba, 2025.

Os conteúdos expressos no trabalho, bem como sua revisão ortográfica e adequação às normas ABNT, são de inteira responsabilidade dos autores.

Declara-se pelos autores que durante a preparação deste trabalho foi utilizado a ferramenta ChatGPT para sugestão de bibliografia, correção gramatical e formatação de referências. Após utilizar essa ferramenta/serviço, os autores editaram e revisaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pela publicação.

FGV TRANSPORTES

https://transportes.fgv.br