

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

SUZANE CAROLYNE GORGES

SMART PORTS: CARACTERIZAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE
PRÁTICAS INTELIGENTES EM PORTOS E TERMINAIS BRASILEIROS

Joinville

2021

SUZANE CAROLYNE GORGES

SMART PORTS: CARACTERIZAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE
PRÁTICAS INTELIGENTES EM PORTOS E TERMINAIS BRASILEIROS

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

Orientadora: Dra. Eng. Vanina Macowski
Durski Silva

Joinville

2021

SUZANE CAROLYNE GORGES

SMART PORTS: CARACTERIZAÇÃO E INVESTIGAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE
PRÁTICAS INTELIGENTES EM PORTOS E TERMINAIS BRASILEIROS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Naval, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 07 de maio de 2021.

Banca Examinadora:

Dra. Eng. Vanina Macowski Durski Silva
Orientadora/Presidente

Dr. Eng. Mario Chong
1º Membro
Universidad Del Pacífico

M. Eng. Gustavo Adolfo Alves da Costa
2º Membro
Universidade de São Paulo

*Dedico este trabalho aos meus pais,
que me ensinaram a voar e sempre foram lar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar comigo em todos os momentos e por permitir que eu viesse ao mundo para viver com uma família tão incrível. Meu pai, que sempre me ensinou com o exemplo e amor; minha mãe, musa inspiradora, que sempre foi minha melhor amiga e a responsável por nunca deixar eu me sentir sozinha; meus irmãos, por me suportarem e sempre me apoiarem; minha cunhada, por ser a irmã que eu não tive e por ser mãe dos meus sobrinhos amados, figurinhas doces e espertas, que sempre me deram tanto amor. Eu sempre soube que qualquer obstáculo que surgisse durante essa caminhada, eu teria com quem contar – e sempre tive. Obrigada por serem meu lar em qualquer lugar do mundo. E obrigada também aos meus tios que foram meus *segundos pais* durante parte dessa jornada, Silvia, Irene e Wilson.

Dizem que as amigades que você faz na faculdade duram para o resto da sua vida, não importa a distância nem o tempo. Verdade ou não, meus amigos foram a família que eu escolhi quando estava longe da minha. Família Triplo X, obrigada por permitir que eu me tornasse a eterna musa e pudesse comemorar tantos títulos com vocês – e aos amigos do Zika por terem sido os melhores rivais dentro de campo e grandes amigos fora dele. Equipe Barco Solar Babitonga, eu pude aprender muito mais do que sobre embarcações movidas a energia solar e gestão de pessoas; vocês foram parte de tantos sonhos e títulos! Família Carona Fixa, obrigada por não soltar a minha mão nos momentos de alegrias e principalmente nos de tristezas. Aos amigos Tiago, Gabriela e Loiana, por toda a ajuda e companheirismo ao longo deste trabalho e na vida, vocês são especiais. E claro, à Ana, Geovana, Laís e Ricardo por terem dividido momentos ímpares na nossa casinha.

Agradeço imensamente aos professores e servidores da UFSC Joinville por me acompanharem durante esta árdua e longa caminhada. Gabriela, Luciana e Prof. Calil, talvez vocês não imaginem o quanto foram fundamentais em momentos cruciais de toda essa trajetória; um pedaço muito importante dessa conquista, é de vocês.

Ao Porto de São Francisco do Sul, meu muito obrigada! Em especial às gerências de Meio Ambiente e Apoio Marítimo, pela oportunidade de estágio e por todo o ensinamento que recebi de profissionais e pessoas fantásticas. Vocês fizeram com que eu me apaixonasse pelo ramo portuário e me inspiraram na escolha do tema do presente trabalho.

Agradeço à Secretaria Nacional de Portos e Transportes Aquaviários (Ministério da Infraestrutura) e a Comisión Interamericana de Puertos (CIP OEA) pelo auxílio na divulgação do questionário deste trabalho, assim como aos especialistas Secretário Executivo Jorge Durán,

Prof. M. Eng. Miguel Garín, M. Pascal Ollivier, Prof. Dra. Eng. Rosa González, e Otto Luiz Burlier Silveira Filho e sua equipe, pelos ensinamentos e contribuições relevantes sobre o tema deste trabalho.

Agradecimentos ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica obtida através do Projeto de nº 406716/2018-8.

E dentre tantas pessoas especiais, não poderia deixar de citar um agradecimento especial a professora e orientadora, Prof. Vanina. Obrigada pela orientação impecável neste trabalho, por todos os conselhos e ensinamentos ao longo deste 1 ano juntas. Você acreditou no meu potencial muito mais do que eu mesma acreditava, me fez ficar encantada pelo universo da pesquisa e acima de tudo, se tornou inspiração de mulher, amiga, engenheira e professora. Mil vezes obrigada!

RESUMO

O transporte marítimo possui extrema importância no comércio mundial e na integração efetiva da economia global. O crescimento do setor tem feito com que os portos invistam em tecnologias da indústria 4.0, buscando aumentar a produtividade e eficiência. Assim, a digitalização, a hiperconexão dos atores portuários e a automatização das operações, funcionam como pontos chave para o início desse processo de modernização e a aplicação de inteligência nos processos, facilita o cumprimento desse objetivo e permite que os portos permaneçam competitivos. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar o conceito de portos inteligentes e investigar a implementação de práticas inteligentes em portos e terminais brasileiros. Através de um levantamento bibliográfico, definiram-se 7 componentes que os caracterizam: Tecnologias, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Energia, Segurança e Cibersegurança, Social, Gerenciamento e Estratégia, e Eficiência e Produtividade, os quais são detalhados de modo que se possa compreender melhor os principais focos de atuação dos gestores portuários. Com o desenvolvimento de um conjunto de indicadores de desempenho baseados nos componentes, se fez possível o desenvolvimento de um questionário, que contou com 28 portos e terminais nacionais e internacionais respondentes, permitindo investigar a implementação dos componentes nos mesmos. Os portos de Hamburgo e Roterdã serviram como portos de referência nas análises. Das análises, percebeu-se que o componente Social possui a maior taxa de implementação (78%) nos portos e terminais, seguido por Segurança e Cibersegurança com cerca de 70%. Dentre os com menor taxa de implementação, estão os componentes Energia com 25% e Meio Ambiente e Sustentabilidade com aproximadamente 30%. Os resultados mostram que ainda há um longo caminho a se percorrer para que os portos e terminais brasileiros alcancem o título de portos inteligentes, no entanto, os primeiros passos já foram dados. Notou-se a escassa pesquisa sobre portos inteligentes no Brasil, além do foco em terminais de contêineres – abrindo possibilidades para estudos de modernização de terminais que operam outros tipos de carga, assim como o desenvolvimento de roteiros e ferramentas a fim de orientar e auxiliar os gestores portuários.

Palavras-chave: Smart Ports. Indicadores de Desempenho. Modernização Portuária. Eficiência Portuária.

ABSTRACT

The maritime transportation is extremely important for the global trade and for the effective integration of the global economy. The sector's growth has caused ports to invest in technologies of the industry 4.0, seeking to increase productivity and efficiency. Therefore, the digitization, hyperconnection of port actors and automation of operations act as key points for the beginning of this modernization process, and the application of intelligence in the processes, facilitates the fulfillment of this objective and allows the ports to remain competitive. Thus, the present work aims to characterize the concept of smart ports and to investigate the implementation of smart practices in Brazilian ports and terminals. Through a bibliographic survey, 7 components were defined that characterize them: Technologies, Environment and Sustainability, Energy, Security and Cybersecurity, Social, Management and Strategy, and Efficiency and Productivity, which are detailed in order to better understand the main focus of port managers performance. With the development of a set of performance indicators based on the components, it was possible to develop a questionnaire, which included 28 national and international respondent ports and terminals, allowing to investigate their implementation of the components. The ports of Hamburg and Rotterdam were used as reference for the analyses. From the analysis, it was noticed that the Social component had the highest implementation rate (78%) in ports and terminals, followed by Security and Cybersecurity with around 70%. Among the ones with the lowest implementation rate are the Energy components, with 25% and Environment and Sustainability, with approximately 30%. The results show that there is still a long way to go for Brazilian ports and terminals to achieve the title of smart ports, however, the first steps have already been taken. The scarcity of research on smart ports in Brazil was noticed, in addition to the focus on container terminals – opening up possibilities for modernization studies of terminals that operate other types of cargo, as well as the development of routes and tools in order to guide and assist port managers.

Keywords: Smart Ports. Performance indicators. Port Modernization. Port Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos portos e terminais participantes da pesquisa	66
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Cargo/função dos respondentes de cada porto/terminal participante da pesquisa	80
Gráfico 2 – Tipos de cargas movimentadas em cada porto/terminal	81
Gráfico 3 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Tecnologia - Ativos Virtuais	83
Gráfico 4 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Tecnologia - Ativos Físicos aplicados à terminais de contêiner	84
Gráfico 5 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Tecnologia - Ativos Físicos.....	85
Gráfico 6 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas ao Meio Ambiente e Sustentabilidade	86
Gráfico 7 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Energia..	87
Gráfico 8 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Segurança Patrimonial e Operacional	89
Gráfico 9 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Segurança Ambiental e Virtual	90
Gráfico 10 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas ao componente Social.....	91
Gráfico 11 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas ao Gerenciamento e Estratégia	92
Gráfico 12 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Eficiência e Produtividade.....	93
Gráfico 13 – Análise comparativa do Grupo G1 CT.....	96
Gráfico 14 – Análise comparativa do Grupo G2 CT.....	97
Gráfico 15 – Análise comparativa do Grupo G3 CT.....	98
Gráfico 16 – <i>Ranking</i> de portos e terminais que movimentam contêiner	100
Gráfico 17 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de contêiner	101
Gráfico 18 – Análise comparativa do Grupo G1 GS.....	103
Gráfico 19 – Análise comparativa do Grupo G2 GS.....	104
Gráfico 20 – Análise comparativa do Grupo G3 GS.....	106
Gráfico 21 – Análise comparativa do Grupo G4 GS.....	107
Gráfico 22 – <i>Ranking</i> de portos e terminais que movimentam granel sólido.....	108
Gráfico 23 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de granel sólido	110

Gráfico 24 – Análise comparativa do Grupo G1 GLG.....	112
Gráfico 25 – Análise comparativa do Grupo G2 GLG.....	113
Gráfico 26 – Análise comparativa do Grupo G3 GLG.....	114
Gráfico 27 – <i>Ranking</i> de portos e terminais que movimentam granel líquido e gasoso	115
Gráfico 28 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de granel líquido e gasoso	117
Gráfico 29 – Análise comparativa do Grupo G1 CG	119
Gráfico 30 – Análise comparativa do Grupo G2 CG	120
Gráfico 31 – Análise comparativa do Grupo G3 CG	121
Gráfico 32 – Análise comparativa do Grupo G4 CG	121
Gráfico 33 – <i>Ranking</i> de portos e terminais que movimentam carga geral.....	122
Gráfico 34 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de carga geral	124
Gráfico 35 – Análise comparativa entre Terminais de Passageiros	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características das três primeiras gerações de portos pela UNCTAD	16
Quadro 2 – Características da evolução dos portos pelo projeto WORKPORT	19
Quadro 3 – Evolução portuária.....	24
Quadro 4 – Níveis de transformação de um porto digital	25
Quadro 5 – Levantamento bibliográfico de componentes de um porto inteligente.....	30
Quadro 6 – Ferramentas virtuais tecnológicas aplicadas à portos inteligentes	36
Quadro 7 – Ferramentas físicas tecnológicas aplicadas à portos inteligentes	42
Quadro 8 – Atividades relacionadas ao componente Meio Ambiente e Sustentabilidade	45
Quadro 9 – Atividades relacionadas ao componente Energia	48
Quadro 10 – Atividades relacionadas ao componente Segurança e Cibersegurança	50
Quadro 11 – Atividades relacionadas ao componente Social.....	52
Quadro 12 – Atividades relacionadas ao componente Gerenciamento e Estratégia	54
Quadro 13 – Atividades relacionadas ao componente Eficiência e Produtividade	56
Quadro 14 – Indicadores de desempenho - ANTAQ	58
Quadro 15 – Indicadores do Índice de Desempenho Ambiental (IDA) - ANTAQ.....	59
Quadro 16 – Indicadores de desempenho de portos inteligentes.....	62
Quadro 17 – Pesos para indicadores específicos com níveis e opções de implementação	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão dos portos e terminais conforme média de TEUs/ano.....	95
Tabela 2 – Divisão dos portos e terminais que movimentam granel sólido conforme média de mil toneladas/ano.....	102
Tabela 3 – Divisão dos portos e terminais que movimentam granel líquido e gasoso conforme média de mil toneladas/ano	111
Tabela 4 – Divisão dos portos e terminais que movimentam caga geral conforme média de mil toneladas/ano	118

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	OBJETIVOS	14
1.1.1.	Objetivo Geral.....	14
1.1.2.	Objetivos Específicos	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1.	EVOLUÇÃO DOS PORTOS	15
2.2.	PORTOS INTELIGENTES	25
2.3.	COMPONENTES DE UM PORTO INTELIGENTE.....	32
2.3.1.	Tecnologias	32
2.3.1.1.	<i>Ativos virtuais</i>	33
2.3.1.2.	<i>Ativos físicos</i>	38
2.3.2.	Meio ambiente e Sustentabilidade.....	43
2.3.3.	Energia.....	46
2.3.4.	Segurança e Cibersegurança	48
2.3.5.	Social.....	50
2.3.6.	Gerenciamento e Estratégia.....	52
2.3.7.	Eficiência e Produtividade	55
2.4.	INDICADORES DE DESEMPENHO PORTUÁRIO	56
3.	MÉTODO	61
3.1.	INDICADORES DE DESEMPENHO	61
3.2.	QUESTIONÁRIO.....	63
3.3.	AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO	64
4.	PESQUISA DE CAMPO.....	66
4.1.	PORTOS E TERMINAIS NACIONAIS.....	66
4.1.1.	Região Sul.....	67
4.1.2.	Região Sudeste	70
4.1.3.	Região Nordeste	73
4.2.	PORTOS INTERNACIONAIS	78
4.3.	RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO.....	79
5.	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	94
5.1.	PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE CONTÊINER.....	94
5.2.	PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE GRANEL SÓLIDO.....	102

5.3. PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE GRANEL LÍQUIDO E GASOSO	111
5.4. PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE CARGA GERAL	118
6. CONCLUSÃO.....	127
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....	144

1. INTRODUÇÃO

O transporte marítimo corresponde a mais de 80% do comércio mundial de mercadorias em volume de cargas, tornando-se parte fundamental da cadeia de suprimentos de manufatura (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE COMÉRCIO E DESENVOLVIMENTO – UNCTAD, 2019), além de sustentar a integração efetiva da economia global (UNCTAD, 2018).

Dessa forma, consideráveis mudanças nas cadeias de suprimentos ocorrem devido ao crescimento e desenvolvimento da economia global (DOUIAOUI *et al.*, 2018). A retomada do significativo crescimento do transporte marítimo mundial, percebido principalmente desde 2017, tende a continuar em ascensão. Segundo a UNCTAD (2019), com projeção de uma taxa média anual de crescimento de 3,5% durante o período de 2019 a 2024, a expansão do comércio marítimo internacional é esperada principalmente pelo crescimento de cargas containerizadas, a granel e a gás. Tal expectativa leva em conta fatores que impactam diretamente na cadeia de suprimentos global, como tensões comerciais entre Estados Unidos e China, desastres naturais, e a pandemia causada pelo Covid-19.

Outros fatores, como mudanças estruturais e geográficas na produção, distribuição e consumo, novos acordos de livre comércio, construção de novos portos ao redor do mundo, questões de segurança e preocupações ambientais, atuam como desafios para que os portos consigam acompanhar o avanço da economia (DOUIAOUI *et al.*, 2018).

O processo de evolução dos portos acompanha as mudanças que ocorrem na indústria, e, em toda a cadeia de suprimentos. Considerada como início da mais recente revolução industrial, a Indústria 4.0 pode ser vista como uma transformação natural dos sistemas de produção industrial, acionados pela tendência da digitalização (ROJKO, 2017). Em busca de novas soluções que maximizem os lucros e diminuam os custos das indústrias – que pareciam já esgotadas na Indústria 3.0 – o conceito da Indústria 4.0 possui um elemento central: a logística inteligente (ZSIFKOVITS; WOSCHANK, 2019).

Ainda segundo Zsifkovits e Woschank (2019), a logística inteligente, através de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), Internet das Coisas (IoT), sistemas ciberfísicos e *Data Analytics*, vem tornando as cadeias de suprimentos enxutas e inteligentes. Tais aplicações tecnológicas em todo âmbito logístico, têm como objetivo melhorar a eficiência no transporte, armazenamento e seus respectivos processos (RESCH; BLECKER, 2012), eliminar barreiras de comunicação entre os setores, facilitar a coordenação de recursos para a realização

efetiva dos processos (KORCZAK; KIJEWSKAB, 2019), além de permitir a criação de novos modelos de negócios (ZSIFKOVITS; WOSCHANK, 2019).

A logística inteligente permite a adaptabilidade do sistema de maneira flexível e rápida (DOUIAOUI *et al.*, 2018), além do gerenciamento de informações e suporte automatizado a decisões (MCFARLENE *et al.*, 2016). A combinação inteligente de tecnologia, administração e atividade humana, permite prever problemas e minimizar seus respectivos impactos (KORCZAK; KIJEWSKAB, 2019).

Para a aplicação da logística inteligente nos portos, o primeiro passo é a digitalização portuária. Segundo Heilig *et al.* (2017), a digitalização dos portos é compreendida como implementação de tecnologias digitais disruptivas para processos padronizados, medição e controle de operações, e a criação de modelos de comunicação digital. É importante que não somente o porto passe por essa transformação, mas sim, todos os seus *players*, buscando a hiperconectividade. Quando esse processo é alinhado com a automatização, e ambos são concluídos, pode-se dizer que o porto se tornou um porto 4.0.

Entretanto, terminais portuários tendem a se tornar complexos devido à significativa quantidade de instituições e organizações que influenciam em todos os processos, sem contar a quantidade de informações gerada e a dificuldade de extração de dados a partir dessas (DOUIAOUI *et al.*, 2018). Lembrando que são requeridos altos investimentos para a implementação das tecnologias necessárias. Automatizar e digitalizar todos os processos, não é tarefa simples.

Apesar da remodelação do setor portuário em termos de inovação digital ter se mostrado lenta em relação a outros setores (CARLAN *et al.*, 2017), é necessário que os portos continuem no caminho da modernização. A digitalização (acompanhada da automatização), pode auxiliar em problemas recorrentes nos portos brasileiros, como congestionamento de caminhões nas rodovias de acesso aos portos, filas de navios, prancha média geral¹ instável, restrições de navegações, assim como a redução da capacidade de operação portuária devido à falta de infraestrutura e equipamentos.

Além disso, fatores ambientais, sociais e políticos reforçam a necessidade da implementação de inteligência nos portos. A tendência dos chamados *green ports* (portos verdes), é um exemplo disso. As regulamentações feitas pela Agência Nacional de Transportes

¹ Prancha média geral: diferença entre a data/hora de desatracação de um navio, pela data/hora de atracação do mesmo. O tempo em que o navio ocupa o berço de atracação. (ANTAQ, 2017). Sua instabilidade ocasiona a ampliação da janela de cada atracação por incerteza no tempo necessário de operação, reduzindo, assim, o número de atracações possíveis num mesmo dia.

Aquaviários (ANTAQ), Organização Marítima Internacional (IMO), Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), demonstram a preocupação com o meio ambiente (ANTAQ, 2011) e demandam alterações nas operações, que além de processos que objetivem menor impacto ambiental, se tornem eficientes, além de acompanhar mudanças de mercado, como oferecer suporte e infraestrutura para os novos tipos de embarcações – como navios elétricos.

Não é por acaso, que o conceito de portos inteligentes tem atraído a atenção de muitos portos. Dentre as prioridades tecnológicas na melhoria da indústria marítima, os portos inteligentes ocupam a quarta colocação (DELOITTE PORT SERVICES, 2017). Desde 2010, portos de Hamburgo, Amsterdã e Barcelona, utilizam plataformas IoT, tecnologias inovadoras e soluções digitais, visando atualizar serviços portuários e infraestrutura (BELFKIH, 2017), mas ainda há um longo percurso a se percorrer até que esses portos extraiam todo o potencial dessas tecnologias, tornando-os assim, verdadeiros *portos inteligentes* (DELOITTE PORT SERVICES, 2017).

Acredita-se que com planejamento estratégico, investimentos e integração social, os portos consigam se transformar em portos inteligentes (ALIX, 2017). No entanto, segundo a UNCTAD (2018), ainda há incerteza no setor portuário com relação a possíveis incidentes de segurança, proteção e cibersegurança, bem como preocupação com os possíveis desempregos dos trabalhadores portuários que, em geral, são provenientes de países em desenvolvimento. Entretanto, autores como Alix (2017) e Riedl *et al.* (2018), alertam que é indispensável e de extrema importância a modernização portuária para se manter competitivo no mercado internacional.

Independente do sistema de gestão portuária, que variam significativamente, os portos buscam atualizarem-se dentro de suas possibilidades, como orçamento e recursos disponíveis. Nesse sentido, há diversos estudos comparativos de desempenho dos mesmos. Tais comparativos são desenvolvidos através de análises de indicadores de desempenho portuário, que são ferramentas que auxiliam gestores a convergir seus objetivos e obter melhorias na gestão (HA *et al.*, 2019). Philipp (2020) ressalta a importância de se medir o desempenho digital dos portos, a fim de permitir a elaboração de um roteiro estratégico para a transformação digital dos mesmos, de modo a facilitar a modernização e garantir melhor performance portuária.

Tem-se como justificativa acadêmica para o presente trabalho, a escassez de projetos e estudos relacionados à portos inteligentes no Brasil – principalmente por se tratar de um tema que começou a ser discutido a nível nacional recentemente. Não há relatos na literatura sobre medições de desempenho relacionados a inteligência ou digitalização nos portos e terminais

brasileiros, o que torna este trabalho, pioneiro nessa linha de estudo. Outro fator importante é que, embora a modernização portuária seja um assunto que esteja em voga, principalmente sob o termo *portos inteligentes*, percebe-se uma divergência de opiniões entre autores sobre uma definição desse conceito. Desse modo, este trabalho abre portas para novos estudos relacionados, assim como a continuação do mesmo.

Mencionada anteriormente a relevância dos portos no âmbito econômico, justifica-se este trabalho com o intuito de realizar um estudo que possa auxiliar os gestores portuários em projetos que visem a modernização portuária, objetivando o aumento da produtividade e eficiência dos portos nacionais. Permitindo assim, que se baseiem nos resultados apresentados com relação as práticas inteligentes implementadas nos portos e terminais respondentes, assim como – e principalmente – nos componentes inerentes aos portos inteligentes que não obtiveram os resultados desejáveis. Tal mapeamento, pode ser considerado o primeiro passo para projetos que visem essa modernização dos portos e terminais.

Vale ressaltar que, para evitar dupla interpretação, tratar-se-á ao longo deste trabalho o termo *portos inteligentes* como equivalente a *smart ports*. Além disso, o termo *digitalização*, refere-se como “[...] uso de tecnologias digitais para alterar um modelo de negócios e fornecer novas receitas e oportunidades de geração de valor.” (GARTNER, 2020) e terá esse significado toda vez que for abordado neste trabalho. Já o termo *tecnologia* será considerado como sendo “[...] um produto da ciência e da engenharia que envolve um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam a resolução de problemas.” (SIGNIFICADOS, 2021).

Desse modo, esse trabalho possui o objetivo de caracterizar o conceito de portos inteligentes e investigar a implementação de práticas inteligentes baseados nos componentes inerentes a portos inteligentes por portos e terminais brasileiros, contribuindo para que os mesmos busquem a melhoria de seus desempenhos.

O alcance do objetivo deste trabalho é possível através da realização de um levantamento bibliográfico com palavras-chave como *portos inteligentes*, *smart ports*, *portos 4.0*, *digitalização* e *automatização*. Através da conceitualização e determinação dos principais componentes de um porto inteligente, se faz possível o desenvolvimento de indicadores de desempenho portuário. Esses indicadores são transformados em perguntas que compõem um questionário, o qual tem como correspondentes, portos e terminais brasileiros. A avaliação será feita de forma qualitativa e permitirá análises de *benchmarking* entre portos nacionais e internacionais.

1.1. OBJETIVOS

Para resolver a problemática da falta de um consenso do conceito de portos inteligentes e a necessidade de medição de inteligência nos portos e terminais brasileiros, propõe-se neste trabalho os seguintes objetivos.

1.1.1. Objetivo Geral

Caracterizar o conceito de portos inteligentes e investigar a implementação de práticas inteligentes em portos e terminais brasileiros, contribuindo para que os mesmos busquem a melhoria de seus desempenhos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Distinguir os conceitos de portos 4.0 e portos inteligentes, identificando seus principais componentes;
- Propor uma estrutura conceitual sobre portos inteligentes no intuito de avaliar as práticas inteligentes implementadas nos portos e terminais brasileiros, através de questionário;
- Identificar portos e terminais que se interessem em participar da pesquisa para poder responderem o questionário proposto a fim de investigar a implementação de práticas inteligentes nos mesmos;
- Avaliar os resultados obtidos através dos indicadores de desempenho portuário, no intuito de investigar a quantidade de práticas inteligentes implementadas nos portos e terminais analisados de modo a fornecer um panorama de maturidade frente a portos inteligentes já consolidados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentado sobre a evolução dos portos, com ênfase nas principais gerações portuárias e suas respectivas características. Destacam-se dois conceitos sobre a modernização portuária: os portos 4.0 e os portos inteligentes. São apresentadas definições, conceitos e características sobre esses temas, além das expectativas para a futura geração portuária.

2.1. EVOLUÇÃO DOS PORTOS

Diversos setores da cadeia produtiva vêm se modernizando, devido à globalização, visando maior eficiência. Os portos não ficam de fora: já se percorreu um importante caminho até se chegar aos portos que são observados até o presente. Assim, para entender melhor tal processo evolutivo, e na falta de uma versão única, completa e satisfatória, serão apresentados alguns estudos sobre as gerações portuárias.

Uma das primeiras e mais conhecida proposta é o trabalho apresentado em 1991, pela Conferência das Nações Unidas sobre o Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD), que caracterizou as três primeiras gerações dos portos. Levou-se em conta características como política, estratégia e comportamento em relação ao desenvolvimento portuário, como fatores a serem observados para distinguir as gerações portuárias. A primeira geração, que durou até 1960, caracterizou os portos como uma simples conexão entre o transporte terrestre e marítimo. As atividades eram limitadas a carregamento, descarregamento e armazenamento de cargas, e alguns serviços de navegação. Os investimentos eram focados em infraestruturas à beira-mar, sem qualquer tipo de informação ou conhecimento sobre os navios e as cargas que estivessem fora desse perímetro. O porto era independente e isolado, e tratava de todos os seus processos da mesma forma. A produtividade era considerada baixa e a movimentação de cargas, lenta.

Durante a década de 60 até início dos anos 80, o porto passou a ser considerado um centro de serviços industriais e comerciais. Assim, a segunda geração dos portos passou a ofertar serviços que agregassem valor ao produto, – como embalagem e processos de industrialização das cargas, – a partir de instalações industriais construídas dentro da área portuária. Além dessa maior relação do porto com a indústria, a relação mais próxima com a cidade se acentua, e resulta do fornecimento de energia, mão-de-obra e conexão com o sistema

de transporte terrestre. Determinadas operações já se mostram espontaneamente integradas, devido aumento da quantidade de cargas, bem como o aumento da velocidade na movimentação das mesmas – comparada aos portos de primeira geração (UNCTAD, 1991).

Ainda de acordo com a referência supracitada, com a alta demanda dos contêineres, a intermodalidade e o desenvolvimento do transporte internacional, oriunda do início dos anos 80, entram em cena os portos de terceira geração. O porto é visto por seus gestores e operadores, como nó dinâmico, dentro de uma rede internacional de distribuição. Desse modo, aumentou a preocupação em agregar valor ao produto e serviço, e a inclusão da atividade de distribuição em terra – a partir da criação de centros de distribuição, – é um exemplo disso. Investimentos em equipamentos mais modernos são realizados para que serviços tradicionais como carga, descarga e armazenamento, sejam mais eficientes, além do gerenciamento controlado eletronicamente, através de sistemas de Intercâmbio Eletrônico de Dados (EDI).

No Quadro 1, pode-se visualizar as principais características apontadas pela UNCTAD (1991) para as três primeiras gerações de portos.

Quadro 1 – Características das três primeiras gerações de portos pela UNCTAD

	Primeira geração	Segunda geração	Terceira geração
Período de desenvolvimento	Antes de 1960	Depois de 1960	Depois de 1980
Carga Principal	Carga a granel seca	Carga a granel: seca e líquida	Granel e unitizada (contêiner)
Atitude e estratégia de desenvolvimento portuário	- Conservativo - Ponto de mudança no modo de transporte	- Expansionista - Transporte, indústria e centro comercial	- Orientado comercialmente - Centro de transporte integrado e plataforma logística para comércio internacional
Escopo de atividades	(1) Carregamento, descarregamento e armazenamento de carga; serviço de navegação. - Área de cais e beira-mar	(1) + (2) Transformação das cargas; serviços industriais e comerciais relacionados a navios. - Área portuária ampliada	(1) + (2) + (3) Distribuição de carga e informações, atividades logísticas. - Terminais e distribuição em terra
Características da organização	- Atividades independentes no porto - Relacionamento informal entre portos e usuários portuários	- Relacionamento mais próximo entre porto e usuários portuários - Pouca integração entre atividades dentro do porto - Relação causal entre porto e município	- Comunidade portuária unida - Integração do porto com a cadeia de comércio e transporte - Estreita relação entre porto e município - Organização portuária ampliada

Quadro 1 – (continuação)

Características da produção	- Fluxo de carga - Serviço individual simples - Baixo valor agregado	- Fluxo de carga - Transformação da carga - Serviços combinados - Maior valor agregado	- Carga/fluxo de informações - Distribuição de carga/informação - Pacote de serviços múltiplos - Alto valor agregado
Fatores decisivos	Trabalho/capital	Capital	Tecnologia/conhecimento

Fonte: UNCTAD (1991)

Com o objetivo de revisar e ampliar o modelo de geração de portos da UNCTAD (1991), em 1998, a União Europeia juntamente com outras 8 instituições, dentre elas, universidades, empresas de consultoria, centro de pesquisa e agência de cooperação, idealizaram o projeto denominado WORKPORT. Avaliando o impacto das novas tecnologias, e dos novos conceitos organizacionais aplicado aos portos, o projeto supracitado foi desenvolvido durante dois anos. Tal projeto contou com estudos de caso conduzidos em 6 portos da Europa, sendo eles, o porto de Roterdã (Holanda), Immingham (Reino Unido), Gotemburgo (Suécia), Kotka (Finlândia), Salónica (Grécia) e Duisburg (Alemanha) (NANIOPOULOS *et al.*, 2000).

As novas tecnologias, mencionadas anteriormente, dizem respeito a quatro grandes grupos, definidos como tecnologia de navios, de navegação, sistemas de comunicação e informação, e movimentação de cargas – ressaltando que grande parte das tecnologias listadas são orientadas a portos que operam contêineres (NANIOPOULOS *et al.*, 2000).

Dentre os diversos resultados obtidos com o referido projeto, tem-se um modelo esquemático, que descreve a evolução da indústria portuária europeia desde 1960 até os anos 2000, identificando assim, os principais fatores e marcos durante esse processo evolutivo. Desse modo, optou-se por descartar o modelo evolutivo portuário proposto pela UNCTAD (1991), tendo em vista que há dificuldade em definir quais recursos se enquadram em determinada geração.

Outro ponto forte que leva ao descarte do modelo da UNCTAD (1991), é a diversidade dos portos; por exemplo, a localização em que o porto se encontra implica diretamente em como ocorre seu desenvolvimento, assim como suas oportunidades e estratégias de crescimento. O fato de determinado porto utilizar uma tecnologia que não seja de última geração, mas que atenda suas necessidades, com custo-benefício interessante, tornando-se ideal para suas presentes circunstâncias, não o torna necessariamente, parte de uma geração ultrapassada (NANIOPOULOS *et al.*, 2000).

Ainda conforme a referência aludida, questões de saúde, segurança e meio ambiente, tornaram-se importante ao longo dos anos, e não foram abordadas suficientemente pela UNCTAD (1991). A busca pela maior eficiência, crescimento do porto e de seus *players*, e a regulamentação mais rigorosa são apontadas como fatores que deram continuidade a modernização dos portos.

A seguir, no Quadro 2, são apresentadas as principais características apontadas pelo projeto WORKPORT, em relação à evolução portuária.

Quadro 2 – Características da evolução dos portos pelo projeto WORKPORT

	1960	1970	1980	1990	2000	
Propriedade	<p>Infraestrutura principalmente pertencente ao setor público (exceção no Reino Unido)</p> <p>Superestrutura e operações de carga do setor público ou privado, dependendo do país e/ou porto</p>	<p>Aumenta o envolvimento do setor privado, particularmente no fornecimento de superestrutura e operações de carga</p>	<p>AUMENTO DO ENVOLVIMENTO DO SETOR PRIVADO</p>			
			<p>Privatização dos portos do Reino Unido</p> <p>Alguma concentração de propriedade dos portos do Reino Unido</p>	<p>Aumento da comercialização das autoridades portuárias</p> <p>Portos se tornando mais orientados para o cliente</p> <p>Mais privatizações nos portos do Reino Unido</p>	<p>Maior concentração da propriedade de terminais de contêineres através da aquisição parcial por empresas multinacionais de terminais</p>	
Forma da carga	<p>Carga geral</p> <p>Granel sólido</p> <p>Granel líquido</p>	<p>Começa a substituição de cargas completas por cargas fracionadas</p> <p>A carga geral divide-se em containerizada, Ro/Ro, paletizada, com cintas (LASH), neo granel, e granel</p> <p>Pouca mudança de forma</p> <p>Pouca mudança de forma</p>	<p>SUBSTITUIÇÃO DA CARGA COMPLETA PELA CARGA FRACIONADA</p>			<p>Unitização da carga geral quase completa</p>
			<p>Navios ficando maiores</p>			
Processos de movimentação de carga	<p>Carga geral</p> <p>Granel sólido</p> <p>Granel líquido</p>	<p>Altamente mecanizado</p> <p>Altamente mecanizado e automatizado</p>	<p>AUMENTO DA AUTOMATIZAÇÃO E MECANIZAÇÃO</p>			
			<p>Tornando-se cada vez mais mecanizado e automatizado com a unitização</p> <p>Terminais especializados</p> <p>Terminais especializados</p>	<p>Aumentando a automação</p> <p>Totalmente automatizado</p>	<p>Automação total das operações de cais e empilhamento em alguns terminais de contêineres (robótica)</p>	

Quadro 2 – (continuação)

	1960	1970	1980	1990	2000						
Processos de apoio à carga e fornecimento de informações	Comunicação, documentação e troca de informações	Gravação manual/papel	Correio, telefone, cabo	Correio, telefone, fax	Correio, telefone, rádio, fax, telex	Correio, telefone, fax, telex, EDI	Correio, telefone, fax, telex, EDI, Internet, Intranet	Padronização da informação			
Cultura de Trabalho (Funcionários, organização, ambiente, condições de emprego, relações trabalhistas)	Trabalho muito manual. Trabalho no caos altamente sindicalizado	Estrutura organizacional hierárquica	As operações de carga fracionadas exigem muita mão-de-obra, embora outras operações de carga sejam intensivas	A unificação de operações gerais de carga leva a que tarefas manuais sejam substituídas por tarefas mecanizadas	Maior especialização dos funcionários	Número de funcionários diminuindo (apesar do aumento no volume de carga)	Multi-habilidades dos funcionários	Se inicia em alguns portos, a substituição de trabalhadores contratados (de agências) por grupo de trabalhadores (turnos)	24h de trabalho cada vez mais comum	Proporção menor de trabalhadores portuários sindicalizados	Eliminação dos grupos de trabalhos
Função do porto/ Processos de desenvolvimento portuário	Ponto de intercâmbio entre o transporte interior e marítimo	Focado na carga, mas com algumas atividades auxiliares relacionadas dentro/ fora da área portuária (como refinaria de óleo)	Relações informais entre portos e seus respectivos usuários	Crescente industrialização	Relações mais próximas entre portos e seus usuários	Diversificação de empresas portuárias (como em logística e serviços de valor agregado)	Comunidades portuárias unidas	Globalização das comunidades portuárias			

Quadro 2 – (continuação)

	1960	1970	1980	1990	2000
Aspectos de saúde e segurança do ambiente de trabalho	Trabalho portuário perigoso por causa da alta proporção de tarefas manuais, regulamentação inadequada e treinamento insuficiente	DIMINUIÇÃO DAS TAXAS DE ACIDENTES E ABSENTISMO			
		Diminuição da taxa de acidentes e redução do afastamento de funcionários, devido a problemas de saúde	Menos acidentes e problemas de saúde, devido à redução nas tarefas manuais (mas quando ocorrem acidentes, é mais provável que seja catastrófico)	Equipamento de carga ergonomicamente projetado	Treinamento aprimorado em conscientização sobre segurança Política formal de saúde e segurança Diretiva da UE sobre horário de trabalho Aumento do controle ambiental no local de trabalho
Meio Ambiente	Nível de consciência ambiental geralmente baixo	AUMENTANDO A CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL			
		Respostas reativas a incidentes	Legislação específica Crescente conscientização Iniciativas locais	Avaliação Ambiental da UE Implantação de programas ambientais Sistemas de Gestão Ambiental	Questões ambientais são integradas ao plano de negócios
Fatores Decisivos	Trabalho intensivo	Novos avanços na tecnologia e na base de conhecimento	Novos avanços na tecnologia e na base de conhecimento	Tecnologia da informação e comunicação	Integração dos interesses de toda comunidade portuária

Fonte: Tradução da autora, de NANIPOULOS *et al.* (2000)

Na mesma linha de raciocínio apresentada pelo projeto WORKPORT, outros autores como Beresford *et al.* (2004), também advertem que o modelo das três primeiras gerações portuárias, proposto pela UNCTAD, apesar de popular, pode não demonstrar claramente o que ocorreu entre das décadas de 1960 e 1990 nos portos europeus. Isso por conta de simplificações grosseiras e a necessidade de uma definição exata de cada geração.

Contudo, embora diversas descrições e características sejam semelhantes nos dois modelos evolutivos, o projeto WORKPORT, representa melhor a realidade, principalmente por entender que nem todos os portos encontram-se em uma mesma realidade ao mesmo tempo, e os mesmos possuem ferramentas diferentes e em tempos distintos para se modernizar. Desse modo, adotar a ideia de transição de determinadas características ao longo dos anos, desconstruindo o conceito de que ocorre uma mudança brusca e total da cultura de gerenciamento e operação dos portos, demonstra ser mais adequado. Ademais, algumas características como estrutura organizacional, relações públicas-privadas, tipos de tecnologias utilizadas, segurança no trabalho e medidas ambientais – conforme podem ser observadas no Quadro 2 – são alguns exemplos de assuntos que não são abordados pela UNCTAD (1991), e que possuem grau de importância elevado.

Já em 1999, dando continuidade às três primeiras gerações, a UNCTAD (1999) acrescentou à classificação dos portos, o que seriam os portos de 4ª geração: fisicamente separados, mas unidos por meio de operadores ou uma única administração, principalmente através de parcerias público-privadas. Como exemplo, terminais interligados por operadores comuns, – como o que ocorre hoje com o gerenciamento dos portos de Imbituba e São Francisco do Sul por uma mesma holding, a SCPAr, – além da ligação de portos maiores com portos menores, permitindo o transbordo de cargas, objetivando maior produtividade e menores taxas.

A privatização dos portos e o arrendamento de terminais também são apresentados pela UNCTAD (1999), como sendo um processo cada vez mais comum, e que possa implicar em maior facilidade de investimento em tecnologias que melhorem o desempenho de serviços de movimentação de contêineres. Com tais mudanças, uma lista das funções fundamentais que as autoridades portuárias devam se concentrar é proposta: funções de proprietário, de elaboração de políticas e planejamento, regulatória, de supervisão e vigilância, de monitoramento e promoção, e a de treinamento portuário.

Bem aceita por especialistas, depois da 4ª geração proposta pela UNCTAD (1999), iniciou-se a caracterização dos portos da 5ª geração (5GP). Lee e Lam (2016), propuseram que através de 5 aspectos (sendo eles serviço, tecnologia/aplicação de soluções de tecnologia da informação, desenvolvimento sustentável, cluster, porto *hub*), 8 características e 12 critérios,

gestores pudessem avaliar o desempenho dos portos de forma quantitativa. Assim, os autores aludidos concluíram com base no desenvolvimento conceitual e em evidências empíricas, – estudos de caso realizados nos quatro principais portos de contêineres da Ásia, – que o 5GP é considerado um porto comunitário e com foco no cliente, mas os autores deixam claro que é importante dar maior valor a questões de integração do porto com a cidade e a sustentabilidade ambiental. Kaliszewski (2017), ressalta que apesar da alta complexidade provinda dos aspectos, características e critérios elaborados por Lee e Lam (2016), o porto de 5ª geração amplia o leque de possibilidades de serviços que aumentem o valor agregado das operações.

Com o objetivo de propor componentes para a próxima geração dos portos – planejado para estar conectado ao seu funcionamento nos próximos 50 anos, – Kaliszewski (2017) propôs baseado em perspectivas do mercado marítimo, principalmente em relação à contêineres, 3 principais critérios que devem ser atendidos para um porto ser da 6ª geração: capacidade de lidar com navios com capacidade de 50 mil TEUs, com calado máximo de 20 metros; automação completa do terminal; e conexões intermodais eficientes com a *hinterland*.

Todavia, Kaliszewski (2017) adverte que antes de se chegar ao 6GP, é necessário alcançar o título de 5GP, sendo preciso assim, lidar com barreiras, tais quais: criação de navios cada vez maiores, porém limitados pela geografia (como profundidade de canais) e infraestrutura portuária (tamanho do cais e taxas por ocupação de berço ou a cada 100 m de comprimento do cais ocupado); dificuldades no transporte terrestre devido alta demanda (como congestionamentos); possível encurtamento da cadeia de suprimentos; excesso de oferta em termos de tonelagem; e limitação técnica dos guindastes e equipamentos.

Atualmente, dentre os maiores navios cargueiros do mundo, como o MSC Gulsun com capacidade aproximada de 24 mil TEUs e calado em torno de 13 m (MARINE TRAFFIC, 2020), percebe-se que os portos se encontram um pouco distantes dos portos de 6ª geração, não havendo assim, relato de nenhum porto que possa atender todos os critérios dessa geração, até presente momento.

Por fim, de maneira simplificada, no Quadro 3 é apresentado um resumo sobre as 6 gerações portuárias.

Quadro 3 – Evolução portuária

Geração	Período	Características
1ª geração	Até 1960	Porto público, com alguns indícios de interesse em privatização. São ofertados somente serviços básicos como carga, descarga e armazenamento, gerando baixo valor agregado. Praticamente nenhuma preocupação ambiental é notada. Em geral, todos os processos são manuais, gerando alto risco de acidentes durante as operações. O relacionamento com o cliente é informal.
2ª geração	1960 até 1980	Início da privatização dos portos e ampliação da área portuária, possibilitando a oferta de alguns serviços que agreguem valor às cargas. Atitudes com foco ambiental começaram a ser tomadas após acidentes ambientais. Da-se início na aplicação de tecnologias, trazendo maior segurança e reduzindo o número de acidentes operacionais. Já a relação com o cliente e também com a cidade, ficam mais estreitas.
3ª geração	1980 até 1990	Expressiva utilização de contêineres e maior preocupação em agregar valor ao produto e serviço, criando centros de distribuição. Investimentos em equipamentos mais modernos são realizados para aumentar a eficiência dos serviços básicos. Aumento da utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação, com ênfase para o gerenciamento controlado eletronicamente, através de sistemas de Intercâmbio Eletrônico de Dados (EDI). A conscientização ambiental aumenta. Os portos se tornam mais orientados ao cliente.
4ª geração	1990 até 2000	Portos fisicamente separados, mas unidos por meio de operadores ou uma única administração, principalmente através de parcerias público-privadas. Há maiores investimentos em tecnologias a fim de aumentar a produtividade e eficiência, com foco em operações que envolvam contêineres. Planejamento e elaboração de políticas regulatórias. Ênfase na segurança portuária.
5ª geração	Depois de 2000	Portos digitalizados e automatizados, com foco no cliente. Aspectos ambientais e energéticos têm grande peso nas tomadas de decisões. As novas tecnologias ampliam o leque de serviços que aumentam o valor agregado aos produtos. Funcionários qualificados e operações com baixo risco de acidentes. Porto completamente conectado com a cidade e com seus <i>players</i> .
6ª geração	Até 2050	Portos capazes de operar navios com capacidade de 50 mil TEUs e calado máximo de 20 m. Os terminais são completamente automatizados, e possuem conexões intermodais eficientes com o interior.

Fonte: Adaptado de UNCTAD (1991), UNCTAD (1999), de NANIPOULOS *et al.* (2000), Lee e Lam (2016), e Kaliszewski (2017)

Entretanto, é importante esclarecer que as caracterizações das gerações portuárias foram baseadas principalmente em portos europeus e asiáticos, os quais se encontram atualmente mais desenvolvidos do que portos da América do Sul, como os portos brasileiros. Além disso, o foco em portos e terminais que operam contêineres, se deu por conta dos grandes avanços tecnológicos que se deram nesse tipo de operação de carga, nas últimas décadas. Vale ressaltar ainda, que não necessariamente todos os portos europeus e asiáticos tenham realmente

passado por tais gerações durante os períodos mencionados, nem adotado todos os conceitos propostos.

De maneira simplificada, pode-se dizer que mais importante do que rotular a geração que um porto se encontra, é medir em qual nível de desenvolvimento – com base nos estudos apresentados nessa seção – o mesmo se encontra e quais são os próximos passos a serem seguidos para continuar em evolução, tal qual, respeitando as características únicas de cada porto. Dito isso, na próxima seção, serão abordados conceitos e transformações necessárias para se chegar a um porto inteligente: que é considerado até então, o que se tem de mais moderno em termos de portos.

2.2. PORTOS INTELIGENTES

Para alcançar o título de porto inteligente, o porto precisa tornar-se primeiro, um porto 4.0. Logo, faz-se necessário compreender o conceito de um porto 4.0 e suas principais características.

De acordo com González *et al.* (2020), o conceito de Porto 4.0 está relacionado a AoE (*Automation of Everything*), ou seja, a automatização de todos os processos. A automatização surge para elevar o nível de eficiência na logística portuária e em toda a cadeia de suprimentos. Assim, as atividades operacionais são digitalizadas e combinadas com Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), como Internet das Coisas (IoT), por exemplo.

Portanto, para se tornar um Porto 4.0, o porto precisa passar por uma transformação digital e, Garín (2020), fragmenta esse processo em quatro etapas, conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Níveis de transformação de um porto digital

Nível de transformação	Descrição
1 – Transformação digital interna	Cada setor portuário trabalha de maneira individual, e unicamente na digitalização dos processos internos seguidos por cada organização.
2 – Porto conectado	A digitalização do porto ultrapassa os limites internos das organizações, e se busca aumentar a eficiência dos processos e obter a redução de custos.
3 – Comunidade portuária conectada	Busca-se alcançar uma aliança de toda comunidade portuária para a criação de um nó logístico conectado e coordenado.
4 – Porto hiperconectado	As pessoas, organizações e objetos se encontram conectados entre si e aproveitam as vantagens das tecnologias digitais, de informação e comunicação emergentes.

Fonte: Adaptado de Garín (2020)

O crescente vínculo digital, criado entre todos os processos e envolvidos, mostra que a cada nível, o uso de novas tecnologias permite que o porto se torne hiperconectado. Ao alcançar o nível 4, conforme proposto por Garín (2020), o porto é considerado um porto 4.0.

Para que se possa compreender melhor a hiperconectividade, Fredette *et al.* (2012), a definem como sendo um fenômeno que facilita o acesso à conexão (através de dispositivos móveis e computadores), trazendo interatividade, riqueza em informações e registros semipermanentes. Benefícios esses, que podem trazer agilidade nos processos, além de auxiliar na tomada de decisões e possibilitar uma melhoria da gestão portuária. Entretanto, para maximizar tais efeitos, é preciso que a hiperconectividade esteja completa, conectando toda a cadeia de suprimentos. Para que isso ocorra, a interconexão entre portos (parceiros e até mesmo concorrentes) de um mesmo país, é primordial. Como consequência, pode promover alianças significativas que tragam ganhos como economias de escala, compartilhamento de riscos e investimentos, redução de incertezas e negociações de diferentes recursos complementares (DOUIAOUI *et al.*, 2018).

De acordo com Fredette *et al.* (2012), a IoT e a hiperconectividade tornam os processos relacionados à cadeia de suprimentos (como exemplo, gerenciamento de estoque e monitoramento da oferta e demanda) mais eficientes, pois conectam clientes, fornecedores e fabricantes. Segundo González *et al.* (2020), através das tecnologias de informação e comunicação, é possível obter maior eficiência e segurança no gerenciamento dos portos. A melhoria na transmissão de informações entre os envolvidos nas operações portuárias, pode auxiliar na segurança aduaneira, por exemplo, implicando no controle mais rigoroso de entrada e saída de mercadorias.

Pode-se resumir então, um porto 4.0 como sendo um porto hiperconectado e automatizado, ou seja, conta com sistemas integrados, – os quais permitem a troca de informações e dados dos *players* envolvidos nas operações, – utilização de guindastes e veículos automatizados na movimentação de cargas, *gates* automatizados, sistemas de segurança robustos, entre outros.

Para González *et al.* (2020), as tendências atuais para a obtenção de portos inteligentes, contam com medidas baseadas no uso da tecnologia da informação e comunicação. Logo, é aceitável assumir que o porto 4.0 é o primeiro passo, para se chegar ao título de porto inteligente. Porém, essa etapa inicial está longe de ser um processo simples.

Faz-se necessário destacar, que nem todos os portos têm o potencial de se integrar totalmente ao ambiente tecnológico. É preciso atender requisitos de infraestrutura, integração física com o ambiente tecnológico, além de condições de realizar altos investimentos. Esse

conjunto de características, define o quão um determinado porto pode se tornar digitalizado (DELOITTE PORT SERVICES, 2017).

Ainda de acordo com Deloitte Port Services, a importância de tratar cada porto separadamente, tendo em vista que as características apresentadas por cada um, podem ser completamente diferentes. Os tipos de cargas operadas, assim como seus respectivos volumes, serviços prestados, infraestrutura portuária, equipamentos necessários, e até mesmo as políticas públicas seguidas pelo porto, são alguns exemplos que influenciam na viabilidade de aplicações de determinadas tecnologias. Além do mais, há um certo receio demonstrado pelos *players* mais conservadores em relação a transparência de dados gerada pela digitalização – principalmente quando se trata de atores portuários concorrentes – e a possível substituição do homem pelas tecnologias, implicando em uma diminuição de vagas de emprego no ramo portuário (UNCTAD, 2018).

Uma pesquisa realizada pela Drewry Maritime Research (2018), fez um levantamento dos terminais de contêineres para verificar o número de terminais já automatizados. A pesquisa demonstra que apenas 1% dos terminais são considerados automatizados (o estudo considera terminais automatizados como aqueles em que o empilhamento de contêineres no pátio e a transferência horizontal entre o cais e o pátio, são automatizados). Já os terminais semiautomatizados, correspondem a 2% (são aqueles terminais em que apenas o empilhamento é automatizado).

Apesar dos portos estarem um tanto quanto distantes de se tornarem inteligentes, é de extrema importância que estudos e pesquisas sobre o assunto sejam realizados, principalmente para possibilitar o encurtamento desse caminho. Autores como Douiaoui *et al.* (2018), salientam a necessidade de justificar o conceito de portos inteligentes, em seus mais variados campos/cenários.

Os inúmeros congressos e conferências que vêm ocorrendo nos últimos anos, e a atenção crescente nas pesquisas sobre o desenvolvimento de portos inteligentes (PHILIPP, 2020), vem demonstrando que apesar da falta de uma definição concreta de portos inteligentes, há uma clara tendência apontada por diversos especialistas sobre o futuro dos portos.

Para Philipp (2020), a ideia de conectar completamente o porto por meio de uma rede de comunicações e que integre totalmente os agentes da cadeia logística portuária, ainda é uma visão. Todavia, o autor supracitado acredita que a implementação de novas tecnologias digitais, contribuirá significativamente para o desenvolvimento dos portos inteligentes. Tais tecnologias são provindas da indústria 4.0, como *big data*, Internet das Coisas, computação em nuvem, sensoriamento inteligente (CHEN *et al.*, 2019), data centers e dispositivos sem fio.

Segundo Douiaoui *et al.* (2018), o porto inteligente tem como objetivo a integração vertical e horizontal de toda a cadeia de suprimentos, proporcionando o aumento da produtividade e facilitando a colaboração entre todos os atores portuários. Para promover toda essa integração, diversos componentes de atuação precisam ser correlacionados com as tecnologias anteriormente mencionadas. Por componentes entende-se neste estudo como fatores, elementos, itens que constituem um todo, no caso, o porto inteligente.

A automatização dos portos é uma delas. Defendida por Philipp (2020), Sari e Pamadi (2019) e Douiaoui *et al.* (2018), contribui para a agilidade nos processos, tornando o porto mais produtivo e eficiente, resultados aliás, considerados como outros dois critérios importantes. Além disso, outro componente destacado pelos autores supracitados é a segurança das operações. Afinal, erros operacionais causados por falha humana, podem ser evitados com a automatização. Todavia, outro tipo de segurança é destacado, mas dessa vez, no quesito tecnológico. A cibersegurança deve ser um ponto significativo considerado pelos portos inteligentes, segundo Douiaoui *et al.* (2018) e Yau *et al.* (2020).

Um dos principais focos do porto inteligente, é a satisfação do cliente, atendendo as necessidades e requisitos do mesmo (GONZÁLEZ *et al.*, 2020). Mais do que isso, pode-se considerar ‘pessoas’ como uma componente de atuação, sejam elas, clientes, funcionários e até mesmo a comunidade da cidade portuária.

Outros temas que têm apresentado relevância no âmbito portuário, são a eficiência energética e a conscientização ambiental (ACCIARO *et al.*, 2014). Assuntos esses, que impactam diretamente na qualidade de vida das cidades portuárias, e devem ser correlacionados com demais componentes de atuação já citados.

Em suma, utilizando uma abordagem sistêmica, que contemple correlações com automatização, sustentabilidade, tecnologia, segurança, produtividade, eficiência e foco social, é possível obter uma definição interessante de portos inteligentes. Pode-se considerar o modelo proposto por Durán *et al.* (2019), como um dos mais semelhantes a esse. A abordagem sistêmica em um ambiente Cyber-Social-Tecnológico-Cognitivo (CSTC), se traduz em um conjunto de tecnologias relacionadas a fluxos de dados, informações e conhecimentos. Dessa forma, os membros da comunidade portuária e da cadeia logística, produzem e colocam em ação ideias, percepções, informações e conhecimentos (DURÁN *et al.*, 2019).

Assim como Durán *et al.* (2019), Chen *et al.* (2019) se baseiam no pensamento sistêmico, acompanhado do pensamento estratégico e social, para definir o porto inteligente. A utilização de aplicativos inteligentes, permite a interconexão de todas as partes, integração inteligente, operação coordenada, além do compartilhamento de recursos entre os atores

portuários, tornando assim, um porto moderno mais eficiente, seguro, flexível e ecológico. Os autores aludidos, complementam: “o porto inteligente apresenta excelente operação portuária, um ecossistema aberto e expansão ativa em negócios inovadores sustentáveis.”

Para Sari e Pamadi (2019), além da alta eficiência da tecnologia digital, os portos inteligentes buscam a melhoria de aspectos ambientais, valor agregado competitivo para a comunidade ao redor, e aumento da segurança e produtividade.

O conceito de porto inteligente proposto por Garín (2020), compreende na utilização de tecnologias emergentes ligadas à indústria 4.0. Internet das Coisas, *big data*, *blockchain*, automatização, inteligência artificial e outros métodos, são empregados a fim de obter melhora na competitividade econômica, bem como na eficiência portuária; não esquecendo que a sustentabilidade ambiental e energética das operações, assim como a segurança e proteção das instalações, também são objetivos a serem alcançados.

Para Alix (2017), os principais desafios encontrados pelos portos hoje, podem ser divididos em quatro categorias. A primeira, diz respeito à questão do gigantismo naval, onde navios porta-contêineres, graneleiros e cruzeiros, estão se tornando cada vez maiores. Dessa forma, os portos precisam adaptar suas infraestruturas para poder receber tais navios. O segundo desafio é econômico e financeiro, afinal, as autoridades portuárias dependem do governo. Já o terceiro desafio é a segurança. Um porto conta com uma posição estratégica e com alta quantidade de produtos inflamáveis (como óleo e armazenamento de produtos químicos), podendo se tornar alvo para ataques terroristas, por exemplo. Para completar a lista, indicadores sociais são apontados como o quarto desafio. Integrar cidadãos, habitantes e a cidade às atividades portuárias é mais um obstáculo a ser superado para alcançar o título de porto inteligente.

Como nota-se, as opiniões quanto à caracterização de um porto inteligente variam. Assim, elaborou-se o Quadro 5, que apresenta de maneira sucinta os principais componentes considerados por diferentes autores, quanto a caracterização de um porto inteligente.

Quadro 5 – Levantamento bibliográfico de componentes de um porto inteligente

Autores	Ano	Componentes
Wu <i>et al.</i>	2013	Gerenciamento portuário Recursos portuários Gerenciamento de transporte Comércio eletrônico Gerenciamento de operações Gerenciamento de produção Atendimento ao cliente
Buiza <i>et al.</i>	2015	Operacional Energética Ambiental Impacto socioeconômico Inovação tecnológica
El-Sakty	2016	Impacto ambiental Operações Consumo de energia
Schuo <i>et al.</i>	2016	Tecnologia Operações Segurança Gerenciamento
Carlan <i>et al.</i>	2017	Econômico Social Ambiental
Alix	2017	Tecnologia Colaboração entre <i>players</i> Foco no cliente
Deloitte Port Services	2017	Automatização Integração com o ambiente Social Sustentabilidade
Delenclos <i>et al.</i>	2018	Tecnologia Infraestrutura Movimentação de carga Tráfego intermodal Alfândega/Aduana Segurança e proteção Energia e meio ambiente
Douiaoui <i>et al.</i>	2018	Sistema de informação inteligente Data center Cibersegurança Navios inteligentes Contêiner inteligente Operações automatizadas
Chen <i>et al.</i>	2019	Tecnologias Segurança Eficiência Flexibilidade Sustentabilidade Social

Quadro 5 – (continuação)

Autores	Ano	Componentes
Rajabi <i>et al.</i>	2018	Monitoramento portuário em tempo real Gerenciamento de infraestrutura Gerenciamento de energia <i>Data-analytics</i> e previsões Operações de emergência, resgate e segurança
Sari e Pamadi	2019	Tecnologias Ambiental Segurança Social Produtividade e eficiência
Durán <i>et al.</i>	2019	<i>Cyber</i> Social Tecnológico Cognitivo
Molavi <i>et al.</i>	2019	Operações Meio ambiente Energia Segurança e proteção
Babica <i>et al.</i>	2019	Tecnologias e automatização Segurança Ambiental
Garín	2020	Tecnologias digitais Estratégia digital Pessoas Produtividade Segurança e proteção Sustentabilidade
González <i>et al.</i>	2020	Eficiência operacional e energética Competitividade Meio Ambiente Segurança Social Político
Karas	2020	Tecnologia Digitalização Eficiência operacional Integração porto-cidade Energia alternativa
Philipp	2020	Gestão Funcionalidade Capital Humano Tecnologia Informação
Yau <i>et al.</i>	2020	Componentes do sistema de informação (tecnologias) Aplicações inteligentes (gerenciamento) Medidas de desempenho (ambiental)

Fonte: Autora (2021)

Conforme esperado, há divergência entre os autores listados, com relação aos componentes de um porto inteligente. Todavia, há predominância de alguns temas, ou áreas, e com isso, selecionou-se os que foram citados de forma mais repetida, a fim de permitir uma melhor abordagem e detalhamento dos mesmos. Nas próximas seções serão apresentadas mais detalhadamente os 7 componentes selecionados que caracterizam um porto inteligente: Tecnologias, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Energia, Segurança e Cibersegurança, Social, Gerenciamento e Estratégia, e Eficiência e Produtividade.

2.3. COMPONENTES DE UM PORTO INTELIGENTE

Sabe-se que a aplicação de inteligência em um conjunto de componentes portuários, quando integradas, resulta em um porto inteligente, mas para que esse objetivo seja alcançado de fato, deve-se alcançar primeiro o êxito de cada componente separadamente.

Dividir o porto inteligente em componentes, áreas, partes, elementos, ou parcelas, permite entender o conjunto de fatores e características que influenciam no funcionamento de um porto desse tipo. Para isso, se faz necessário entender quais são as responsabilidades e desafios que cada componente carrega e de que modo impacta no porto.

A abordagem de cada um dos componentes, é fundamental para a elaboração e o delineamento de indicadores de desempenho que auxiliem no gerenciamento portuário. Desse modo, nas próximas seções será apresentado cada componente com maior detalhamento. Um quadro com as principais características e necessidades, acompanha cada componente.

2.3.1. Tecnologias

De acordo com Heilig *et al.* (2017), nas últimas três décadas, notou-se a rápida inovação da tecnologia da informação, a qual veio acompanhada do desenvolvimento de novos sistemas, aplicativos de *software* e padrões de hardware que suportam e moldam as atividades de negócios de diversas maneiras. Tais inovações, trazem diversos benefícios e tendências como: o armazenamento de quantidades consideráveis de informações e dados em dispositivos cada vez menores, destacando a crescente desmaterialização; o acesso remoto, permitindo obter informações de modo imediato, mesmo há quilômetros de distância da fonte original; a mobilidade de se trabalhar de qualquer lugar em qualquer momento, permitindo a interatividade de diferentes *players*, através da informação bidirecional entre indivíduos e grupos sem

importar onde se encontram; a programação de atividades que serão executadas automaticamente, de maneira segura e efetiva através da automatização (GARIN, 2020).

A seguir, apresentam-se as principais tecnologias em termos de ativos virtuais (ferramentas como *softwares*, sistemas e equipamentos básicos da computação móvel) aplicados à portos inteligentes. Da mesma maneira, na seção subsequente, são abordadas as tecnologias de destaque, que englobam a automatização, representadas neste trabalho como ativos físicos (por exemplo, guindastes, veículos automatizados, assim como as ferramentas tecnológicas que permitam o funcionamento dos mesmos).

2.3.1.1. Ativos virtuais

Para que os portos possam usufruir dos benefícios tecnológicos – citados na seção 2.3.1, – precisam passar por uma transformação digital, a qual, exige transformações de estruturas, processos e estratégias organizacionais. Denominadas como “facilitadores” para essa transformação, as tecnologias e os conceitos digitais, envolvem big data, computação em nuvem, Internet das Coisas, computação móvel, *blockchain*, *machine learning*, (HEILIG *et al.*, 2017), Inteligência Artificial, *digital twin* e sistemas de integração.

De acordo com Garín (2020), a tecnologia *big data* é empregada para armazenar e processar uma quantidade numerosa de dados, tais quais os sistemas convencionais não possuem capacidade de processamento. A referida tecnologia é considerada como “vertente tecnológica dedicada ao desenho e execução do conjunto de arquitetura e tecnologia de computação”. Uma das fontes de armazenamento mais utilizadas (e conhecidas) dessa tecnologia, é a computação em nuvem (*cloud computing*).

Segundo Bojanova *et al.* (2013), a computação em nuvem “permite o acesso de pagamento ou cobrança por uso de aplicativos, ambientes de desenvolvimento e implantação de *software*, e infraestrutura de computação”. Fornece computação otimizada e eficiente, através de colaboração, agilidade, flexibilidade, escalabilidade e disponibilidade de maneira aprimorada. Os autores aludidos ainda destacam que a demanda dessa tecnologia, vem sendo impulsionada pelo crescente aumento da quantidade de dados e pela necessidade de que os mesmos sejam armazenados de forma segura e acessíveis a partir de qualquer lugar, a qualquer momento. O setor portuário é um grande exemplo disso; devido ao número elevado de *players* participantes das mais variadas operações, gera-se uma quantidade de informações e dados, significativa. Além da segurança e acessibilidade exigida pelos portos, essa tecnologia traz benefícios operacionais e economia de custos de forma substancial.

A Internet das Coisas (IoT) é considerada por Attia (2016) como uma das melhores maneiras de obter benefícios em um porto inteligente, por permitir a conexão de diversos dispositivos. Na mesma linha de raciocínio, Garín (2020), exemplifica esses dispositivos, como sensores e máquinas que podem ser empregados para coletar informações. Dentre algumas possibilidades da utilização dessa tecnologia, destacam-se: o sensoriamento, que coleta grandes quantidades de informação dentro do segmento terrestre e marítimo; o posicionamento, onde a combinação do GPS com a Internet das Coisas, permite o compartilhamento da localização em tempo real de objetos e veículos; a interconexão, no qual o conjunto de sensores, contêineres, caminhões, guindastes, e trens, são conectados através de redes de acesso com trabalhadores, cargas e navios; e o monitoramento e controle em tempo real de distintos processos, a partir dos dados obtidos do sensoriamento. Além disso, a tecnologia 5G – considerada a espinha dorsal da IoT – pode auxiliar no desenvolvimento de navios autônomos e da logística inteligente (PORT & TECHNOLOGY, 2020). Estudos vêm sendo desenvolvidos por autores como Ozturk *et al.* (2018), sobre qual seria a melhor conectividade e o melhor local para o processamento das tarefas, otimizando conjuntamente a energia, tempo de resposta, segurança e custo, das tecnologias de Internet das Coisas quando aplicadas a portos inteligentes.

Digital twin pode ser definido como “uma representação virtual de um ativo físico habilitado por meio de dados e simuladores para previsão em tempo real, otimização, monitoramento, controle e tomada de decisão aprimorada” (RASHEED *et al.*, 2020). São conhecidos também como “megamodelos computacionais” ou “protótipos virtuais sincronizados”, e representam objetos ou elementos reais com seus dados, informações, funções e recursos de comunicação no mundo digital (SCHLUSE *et al.*, 2018).

A computação móvel pode ser definida como “o acesso à informação em qualquer lugar, a qualquer momento e com qualquer equipamento” e juntamente com a computação pervasiva, que consiste no “acesso à informação distribuída no ambiente de forma imperceptível e perceptível ao usuário”, formam a computação ubíqua, a qual é popularmente conhecida como computação móvel (LOGICAL MINDS, 2017). Essa tecnologia não oferece apenas hardware (dispositivos como computadores, tablet, notebooks e smartphones), mas soluções baseadas em *softwares* associados à segurança de dispositivos relacionados à Internet das Coisas (LIAO *et al.*, 2020).

O *blockchain* pode ser definido como um “livro de registros eletrônico”, o qual é distribuído e compartilhado por uma rede de servidores que registra transações em unidades criptográficas denominadas “blocos”, de maneira permanente e verificável (RODRIGUE, 2020). Dessa forma, os atores portuários podem ter acesso à informação uns dos outros de forma

segura, facilitando a conformidade entre clientes e fornecedores (GARÍN, 2020). De acordo com Saanen (2019), ainda é uma tecnologia subdesenvolvida no ramo portuário, devido tamanha complexidade de implementação, em consequência do grande número de atores portuários envolvidos. Fazer com que funcione em escala global, é uma barreira para a implementação rápida dessa solução.

A Inteligência Artificial (IA), segundo Garín (2020), se resume no ramo da informática focado no desenvolvimento e combinação de algoritmos, criados para aprender e estabelecer relações e observações frequentemente baseadas no raciocínio humano. Para a indústria portuária, essa tecnologia ainda precisa avançar. Conforme Saanen (2019), “mesmo quando é utilizado em áreas dedicadas, como manutenção preditiva, é difícil lidar com a vasta quantidade de dados coletados, muito menos derivar dados úteis, confiáveis e preditivos”.

Considerada por Garín (2020), como um ramo da IA, a tecnologia *machine learning* consiste no desenvolvimento de algoritmos que são capazes de detectar padrões de grupos de dados fornecidos, de forma automática. A partir desses grupos, pode-se extrapolar tais comportamentos e tomar decisões baseadas nos mesmos.

Sistemas específicos vêm sendo desenvolvidos para a modernização dos portos. A plataforma eletrônica, Port Community Systems (PCS), conecta os inúmeros sistemas operados por diversos atores da comunidade portuária. É compartilhado no sentido de que é criado, organizado e utilizado por empresas do ramo portuário. O PCS é um sistema modular² projetado para fornecer ferramentas específicas a todos os *players* portuários, fornecendo um sistema totalmente integrado. Tal sistema, abrange exportações, importações, transbordos, consolidações, carga perigosa e relatórios de estatísticas marítimas (IPCSA, 2020).

O PortCDM (Port Collaborative Decision Making) é um sistema que promove o compartilhamento de dados em tempo real, entre todos os atores portuários envolvidos no processo de escala de um navio no porto. Informações que abrangem desde a chegada prevista do navio na área portuária até que ele saia após ter sido atendido de acordo com o propósito da escala. Dessa maneira, os *players* envolvidos possuem uma consciência situacional comum, permitindo ajustes e atualizações dos planos de forma independente, conforme ocorrem antes ou durante a escala do navio. O respectivo sistema permite a troca de mensagens padronizadas entre portos que contam com essa plataforma, ampliando o horizonte de planejamento dos

² Sistema modular: pode ser entendido como um sistema que contém um conceito computacional chamado modularização, empregado para dividir o programa em partes funcionais, que conversem umas com as outras (GATTO, 2020).

processos de escala e alinhando todos os atores que fazem parte dessa operação (MICHAELIDES *et al.*, 2019).

O Quadro 6, apresenta um resumo das principais tecnologias utilizadas nos portos inteligentes, com suas respectivas características e funções. Alguns desafios são destacados; todavia, não é evidenciado o investimento necessário para a implementação dessas tecnologias, mas este é um fator de extrema importância.

Quadro 6 – Ferramentas virtuais tecnológicas aplicadas à portos inteligentes

Tecnologia	Características	Função	Desafios	Referência
<i>Big data</i>	Utiliza fontes como a computação em nuvem	Armazenar e processar uma grande quantidade de dados	Infraestrutura adequada	Garín (2020)
Computação em nuvem	Armazenamento de forma segura e acessível; permite economia de custos de forma substancial	Permitir o acesso de pagamento ou cobrança por uso de aplicativos, ambientes de desenvolvimento e implantação de <i>software</i> , e infraestrutura de computação	Preocupação com a cibersegurança; resistência cultural das organizações;	Bojanova <i>et al.</i> (2013)
Internet das Coisas (IoT)	Promove a coleta de dados, compartilhamento de localização, monitoramento e controle de processos em tempo real	Permitir a conexão de diversos dispositivos, como sensores e máquinas	Conexão segura e estável (5G)	Garín (2020); Ports & Technology (2020)
Computação móvel	“Acesso à informação distribuída no ambiente de forma imperceptível e perceptível ao usuário”, através de computadores, <i>notebooks</i> , <i>smartphones</i> , <i>tablets</i>	Permitir o acesso à informação em qualquer lugar, a qualquer momento e com qualquer equipamento	Compatibilidade dos equipamentos	Logical Minds (2017); Liao <i>et al.</i> (2020)
Inteligência Artificial (IA)	Ramo da informática focado no comportamento humano	Desenvolver e criar combinação de algoritmos, criados para aprender a estabelecer relações e observações frequentemente baseadas no raciocínio humano	Lidar com a vasta quantidade de dados coletados	Garín (2020)
<i>Machine learning</i>	Ramo da IA com aplicação de conceitos estatísticos	Desenvolver algoritmos que são capazes de detectar padrões de grupos de dados fornecidos, de forma automática	Tomar decisões a partir dos resultados obtidos	Garín (2020)

Quadro 6 – (continuação)

Tecnologia	Características	Função	Desafios	Referência
<i>Blockchain</i>	Espécie de “livro de registros eletrônico”, o qual é distribuído e compartilhado por uma rede de servidores, os quais registram transações em unidades criptográficas de forma permanente e verificável	Garantir a segurança das informações publicadas, distribuindo os registros em diferentes “blocos”	Alta complexidade de implementação, em consequência do grande número de atores portuários envolvidos	Garín (2020); Rodrigue (2020); Saanen (2019)
Port Community Systems	Sistema modular projetado para fornecer ferramentas específicas a todos os <i>players</i> portuários, fornecendo um sistema totalmente integrado	Conectar múltiplos sistemas, permitindo a troca de dados entre a comunidade portuária	Garantir a cibersegurança	IPCSA (2020);
PortCDM	Sistema que promove o compartilhamento de dados em tempo real, entre todos os atores portuários envolvidos no processo de escala de um navio no porto	Permitir o gerenciamento em tempo real das operações	Participação efetiva de todos os <i>players</i> envolvidos	Michaelides <i>et al.</i> (2019)
<i>Digital twin</i>	“Representação virtual de um ativo físico habilitado por meio de dados e simuladores”	Prever resultados e comportamentos dos ativos físicos, minimizando possíveis falhas e problemas	Tornar o protótipo/modelo digital o mais fiel possível a versão física	Rasheed <i>et al.</i> (2020); Schluse <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Autora (2021)

Os sistemas portuários são compostos pela integração de diversas tecnologias. O Port Community Systems, pode ser composto por tecnologias como IoT, *big data*, *blockchain*, entre outros. As diversas combinações tecnológicas permitem a criação dos mais diferenciados sistemas, além da customização dos *softwares* a fim de atender as necessidades dos clientes – no caso, a comunidade portuária.

Em termos de *softwares* e sistemas, o que definirá qual tecnologia é mais indicada para determinada necessidade, são requisitos de segurança, conexão com ou sem fio, complexidade de processamento e disponibilidade, custo de armazenamento de dados e implementação da tecnologia, armazenamento de dados em cache / upload, assim como os próprios recursos do dispositivo, como opções de conectividade e bateria disponíveis (OZTURK *et al.*, 2018).

Dentre as dificuldades e desafios da transformação digital, a implementação de inovações tecnológicas por toda uma indústria, pode demandar um longo tempo e exigir grandes esforços, entretanto, inicialmente os portos podem apostar em inovações de processos, que

consequentemente exigem menor tempo de adoção e adaptação (ACCIARO *et al.*, 2014). Para tais inovações, protótipos e projetos pilotos podem ser considerados como fundamentais para a garantia do sucesso dessas transformações, evitando prejuízos em grande escala, quando o processo não reagir de maneira adequada, sendo necessária a implementação de outras tecnologias.

Outro ponto de destaque, trata da integração de sistemas entre inúmeros atores portuários. É necessário verificar se as tecnologias que serão implementadas, têm a capacidade de operar de forma conjunta, permitindo a interconexão dos processos e dos *players*. Além disso, o rápido desenvolvimento e evolução das tecnologias de informação, e a capacidade de acomodar novas tecnologias sem ter que constantemente, se reestruturar, são grandes desafios que o setor portuário encontrará. Afinal, as redes de comunicação, tecnologias de informação e todos os equipamentos associados, apresentam a base técnica dos portos inteligentes (ATTIA, 2016).

2.3.1.2. Ativos físicos

A adoção ou aprimoramento das tecnologias empregadas na atividade portuária possibilitam a redução de custos de operações, diminuição de erros associados à conduta humana, e eliminação de incertezas no tempo de resposta, o que pode ser obtida por exemplo através da automatização das operações. Garín (2020), define a automatização como:

Um conjunto de soluções tecnológicas que permitem empregar elementos de sistemas mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos e eletrônicos, e computadorizados para controlar máquinas e processos, reduzindo assim, a intervenção humana.

A automatização de terminais envolve a substituição total ou parcial das operações do terminal, através do uso de equipamentos e processos automatizados. Pode ser do tipo abrangente, quando envolve vários estágios de operações – como a automatização de todo o processo de movimentação de contêiner dentro de um pátio (desde a retirada do contêiner do navio, seu deslocamento do cais ao pátio, e o empilhamento), por exemplo, – ou do tipo específica quando apenas um estágio está envolvido por vez – como quando somente uma etapa desse processo de movimentação, por exemplo, a automatização da retirada do contêiner do navio, enquanto o deslocamento do cais ao pátio, e o empilhamento, se dão de forma mecanizada. Os novos projetos de terminais têm padronizado a implementação da automatização abrangente, todavia, terminais já existentes têm optado pela automatização

específica, já que a do tipo abrangente costuma ser cara e altamente disruptiva. (RODRIGUE, 2020).

Segundo Rodrigue (2020), a automatização portuária não se limita a terminais que operam somente um tipo determinado de carga, entretanto, os princípios e tecnologias que tendem a ser utilizados, possuem semelhanças com o que se têm na automatização do processo de manuseio de contêineres – o qual é o segmento pioneiro nesse processo de modernização. Dessa forma, tendo como base o que já vem sendo praticado em terminais de contêineres, pode-se dizer que a automatização envolve 3 tipos de dimensões principais; no terminal (pátio), na sua interface e no conjunto *foreland*³ + *hinterland*⁴ (áreas de influência portuária).

A automatização do pátio em terminais de contêineres, permite gerenciar o empilhamento de contêiner de entrada e saída, garantindo um posicionamento mais eficaz e ainda, utilizando equipamentos que aumentem a produtividade (RODRIGUE, 2020). Algumas dessas tecnologias podem ser observadas em equipamentos como:

- Sistema de posicionamento de contêineres: A automatização dos pátios requer sistemas que permitem saber automaticamente a qualquer momento, por meio de sensores, a localização de todos os contêineres dentro do terminal (RODRIGUE, 2020). Atualmente são utilizados sistemas como o GNSS (Global Navigation Satellite System) – o qual se refere a sistema de navegação global via satélite – e costuma ser aplicado a locais abertos, desde que o sistema tenha acesso à linha de visão a um número suficiente de satélites. Já o sistema de sensor *wireless*, permitem a aplicação a ambientes fechados e abertos; são adequados para guindastes e sistemas de automação de veículos (SYMEO, 2020).
- AGV (Automated Guided Vehicles): Os veículos guiados automaticamente, são responsáveis pela movimentação horizontal de contêineres. Na sua grande maioria, são veículos elétricos movidos a bateria, as quais possuem uma durabilidade média entre 6 e 8 horas. Além disso, conta com um sistema que desliga o veículo quando o mesmo não está sendo utilizado, de forma a economizar bateria (RODRIGUE, 2019). Os AGVs se deslocam devido ao sistema de posicionamento com o auxílio de sensores, em trajetos previamente

³ *Foreland* de um porto se resume ao seu litoral marítimo. “Espaço marítimo de projeção no qual o porto entretém laços comerciais” (SAPERRE, 2009).

⁴ *Hinterland* é a zona de impacto econômico em terra ocasionada por um porto, e define-se por considerações comerciais mais do que simplesmente geográficas (SAPERRE, 2009).

programados, não sendo aconselhados para movimentações que não sejam repetitivas (CONVEYCO, 2019).

- ASC (Automated Stacking Cranes): Refere-se a um guindaste com o formato de pórtico, montado sobre trilhos que permitem percorrer ambas as extremidades do pátio de empilhamento (RODRIGUE, 2019). Geralmente alinhados de maneira perpendicular ao cais (RODRIGUE, 2018), o ASC permite o movimento horizontal (sob trilhos) e o movimento vertical, possibilitando o empilhamento de até 6 contêineres. Dentre os sistemas de posicionamento dos contêineres, encontram-se sistemas a laser, que viabilizam inclusive, a leitura do contêiner. Desse modo, é possível selecionar e colocar automaticamente os contêineres nas pilhas, com base nas instruções emitidas pelo sistema de gerenciamento do pátio. O operador pode movimentar diversos ASCs ao mesmo tempo (BLAIKLOCK, 2017).

A segunda dimensão envolve a automatização da interface do terminal (RODRIGUE, 2020), ou seja, a automatização de elementos que proporcionam a ligação física ou lógica de navios, trens, e caminhões, com o porto.

- Guindaste ASSC (Automated Ship to Shore Cranes): conhecido como guindaste de cais, é responsável pelo carregamento ou descarregamento de contêineres em um navio. É considerado como uma versão automatizada do portêiner, onde é controlado de forma remota – onde um operador pode controlar diversos guindastes simultaneamente. Tratando de terminais intermodais, esse tipo de guindaste pode sofrer algumas modificações tornando-o apto a atender funções de carga, descarga e empilhamento (RODRIGUE, 2020).
- AGS (Automated Gate Systems): A automatização dos *gates* passou a exigir que toda a documentação das transportadoras seja fornecida eletronicamente antes da coleta ou entrega no terminal. O reconhecimento óptico de caracteres (OCR), QR *code* ou código de barras, biometria, e a identificação por radiofrequência (RFID) permitem a captura dos dados sobre o motorista e a mercadoria, – tanto de entrada, quanto de saída do terminal, – propiciando a melhora no tempo de processamento e reduzindo o risco de erros com os atrasos associados. Além do mais, os motoristas de caminhões podem realizar o agendamento das entregas ou coletas, através de tecnologias móveis, como smartphones (RODRIGUE, 2020).

- Sistema de amarração automatizado: conecta a embarcação ao cais através de um tipo de “almofada de vácuo” com tecnologia de amortecimento passivo, eliminando a necessidade dos cabos de amarração e das defensas. Esse tipo de amarração reduz o tempo de resposta dos navios nas operações de atracação e desatracação, além de reduzir o número de rebocadores necessários nas manobras e aumentar a segurança – tendo em vista que não é mais necessária a amarração manual dos cabos pelos trabalhadores portuários (TRELLEBORG MARINE AND INFRASTRUCTURE, 2020).

A terceira e última dimensão principal da automatização, de acordo com Rodrigue (2020), não está ligada diretamente à automatização do terminal em si, mas a de outros processos que podem trazer benefícios para as operações portuárias. A modernização dos navios e da malha ferroviária são exemplos disso. Diversos aspectos operacionais dos navios estão sendo automatizados, – como o sistema de propulsão, lastro, monitoramento de potência, atracação – os quais reduzem substancialmente o tamanho da tripulação e facilitam as manobras no porto e as deixam mais seguras. O sistema ferroviário já possui sistemas de controle e de sinalização com algum grau de automatização. Para portos que recebem carga por esse tipo de modal, as modernizações podem trazer agilidade e mais segurança. O futuro do setor rodoviário também interessa o setor portuário. A automatização e melhorias dos caminhões e das rodovias podem trazer maior agilidade no escoamento da carga, trazendo maior segurança no quesito de avarias nas cargas, além de diminuir a poluição.

No Quadro 7, é apresentado um resumo das principais tecnologias de automatização utilizadas nos portos inteligentes, com suas respectivas características e funções. Alguns desafios são destacados; todavia, não é evidenciado o investimento necessário para a implementação dessas tecnologias, mas este é um fator que deve ser considerado.

Quadro 7 – Ferramentas físicas tecnológicas aplicadas à portos inteligentes

Tecnologia	Características	Função	Desafios	Referência
GNSS e sistemas de sensor <i>wireless</i>	Funcionam a partir de satélites ou <i>wireless</i> .	Informar o posicionamento de contêineres dentro de um terminal; adequados para a automatização de guindastes e veículos automatizados	Confiabilidade e precisão do sistema	Symeo (2020)
Veículos guiados automaticamente (AGV)	Veículos (geralmente) elétricos, com baterias que duram de 6 a 8 horas. Possuem um modo de desligamento automático enquanto não estão em uso	Transportar contêineres entre o cais e o pátio (movimentos horizontais), utilizando sensores e sistemas de posicionamento	Deve possuir um conjunto de baterias reserva, permitindo a utilização do equipamento de maneira contínua	Rodrigue (2019); Conveyco (2019)
Guindastes de empilhamento automatizados (ASC)	Guindastes de pórtico montados sobre trilhos. São monitorados por um operador através de uma sala de controle	Carregar contêineres automaticamente de ambas as extremidades do pátio de empilhamento; permitir o empilhamento e o reposicionamento de contêineres de forma rápida e contínua	O operador precisa intervir manualmente se o guindaste não puder travar nos pontos de ancoragem do contêiner (dentro de uma margem definida)	Rodrigue (2018); Rodrigue (2019); Rodrigue (2020)
Portêiner automatizado/ Guindastes de cais automatizados (ASSC)	Atuam no carregamento e/ou descarregamento de contêineres dos navios	Aumentar a velocidade de carga e descarga de contêineres nos navios, garantindo a segurança	O operador precisa intervir manualmente se o guindaste não puder travar nos pontos de ancoragem do contêiner (dentro de uma margem definida)	Rodrigue (2020)
<i>Gates</i> automatizados (AGS)	Utilizam tecnologias como QR <i>code</i> , biometria e RFID, para obtenção de dados sobre a mercadoria e o motorista do caminhão durante a entrada e saída do terminal	Agilizar o processo de identificação, diminuir o tempo das filas formadas por caminhões, evitar erros com atrasos associados	Deve haver um planejamento para que não sobrecarregue um setor que ainda não seja automatizado	Rodrigue (2020)
Sistema de amarração automatizado	Espécie de “almofada de vácuo” com tecnologia de amortecimento	Conectar a embarcação ao cais, tornando as operações de atracação, carga, descarga e desatracação, mais seguros e eficientes	Inspeções periódicas devem ser realizadas a fim de evitar avarias no casco e possíveis falhas do equipamento	Trelleborg and Marine Infrastructure (2020)

Quadro 7 – (continuação)

Tecnologia	Características	Função	Desafios	Referência
Sistema auxiliar de acoplamento	Sensores <i>laser</i> de alta precisão	Monitorar a velocidade, distância e ângulo da embarcação durante a aproximação, deriva e partida	A falta de calibração do laser pode causar abalroamento	Trelleborg Marine and Infrastructure (2020)
Sistema de monitoramento meteorológico	Sensores e instrumentos de medição implantados no ambiente marinho	Disponibilizar informações sobre vento, umidade, temperatura, pressão, visibilidade, radiação solar, chuva, em tempo real	Os sensores e instrumentos estão sujeitos a condições adversas, e podem estar em locais de difícil acesso para manutenções (como calibração e limpeza)	Trelleborg Marine and Infrastructure (2020)
Sistema de monitoramento oceanográfico	Sensores e instrumentos de medição implantados no cais, no fundo, em estacas e nas boias. São alimentados através da rede elétrica ou solar	Disponibilizar informações sobre tendência da maré, velocidade e direção da água, altura e período de onda, salinidade e temperatura da água	Instrumentos e sensores podem ser danificados em caso de abalroamento	Trelleborg Marine and Infrastructure (2020)

Fonte: Autora (2021)

O impulso para a automatização, em parte, é recorrente da perspectiva de custo/benefício, onde se opta por adotar primeiro, as automatizações que sejam mais econômicas. Tal adoção traz consigo riscos, principalmente por poder conter sistemas que ainda não foram testados ou que não tenham ampla garantia de excelência. Todavia, quando são bem-sucedidos, geram resultados substanciais, inclusive aumentando o grau de competitividade do terminal (RODRIGUE, 2020). Uma observação relevante apontada por esse autor é que a expectativa seja de que a automatização possa aumentar a produtividade dos terminais em até 30% e reduzir os custos operacionais de 25 a 50%, dependendo das tecnologias envolvidas.

2.3.2. Meio ambiente e Sustentabilidade

Como demonstrado no processo evolutivo dos portos, na seção 2.1, a adoção de medidas ambientais, inicialmente tratadas como um diferencial aos portos, ao decorrer dos anos se tornou primordial no cotidiano portuário.

Com o objetivo de tornar os processos e operações mais sustentáveis, causando o menor impacto ambiental possível, observou-se a necessidade da criação de projetos que pudessem facilitar esse processo. Em 2017, a International Association of Ports and Harbors

criou o Programa Mundial de Sustentabilidade de Portos, o qual é guiado pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, e visa a capacitação dos atores portuários na criação de valor agregado sustentável para as comunidades portuárias. Atualmente, o programa aludido acumula 120 projetos implementados em 71 portos, distribuídos pelos 5 continentes (IAPH, 2017). A nível Brasil, a ANTAQ tem desempenhado um papel fundamental em assuntos ambientais e sustentáveis. Pesquisas apontam que através do desenvolvimento do Indicador de Desempenho Ambiental (IDA), os portos públicos e os terminais de uso privado (TUP) têm obtido melhorias na gestão ambiental portuária (ANTAQ, 2016).

O conceito de Green Ports ou Portos Verdes tem se destacado nos últimos anos. Pode-se resumir na “estratégia para acomodar o futuro desenvolvimento do porto em harmonia com a região e o sistema natural” (PIANC, 2014). Desse modo, a aplicação de inteligência torna um facilitador para que seja possível, alcançar o título de porto verde e conseqüentemente, unindo-se a outros componentes para tornar-se um porto inteligente.

Entretanto, não somente a aplicação de tecnologias é suficiente para transformação de portos inteligentes. Se faz necessário que a conscientização ambiental esteja disseminada entre os atores portuários, e para isso, é essencial que programas de educação ambiental sejam realizados.

Em termos ambientais, as inovações tecnológicas auxiliam de diversas maneiras: em medidas de prevenção como detecção de condições climáticas adversas e derramamento repentino de substâncias perigosas; no gerenciamento de resíduos; no monitoramento e controle de aspectos como qualidade da água, ar e ruído, e toda fauna e flora – os quais devem ser realizados constantemente, – medidores de poluição, entre outros. Dessa forma, o porto inteligente realiza suas atividades ao mesmo tempo que tenta reduzir os impactos ambientais causados pelas mesmas (GONZÁLEZ *et al.*, 2020).

Como parte integradora do conceito “cidade inteligente”, um dos pilares fundamentais do porto inteligente é a sustentabilidade, além de proporcionar serviços e espaços de qualidade à cidade e ao cidadão. Assim, o desenvolvimento de instalações portuárias deve ser planejado, de forma a atender tais requisitos (SARI; PAMADI, 2019). PIANC (2014), define um porto sustentável como sendo:

Aquele em que a autoridade portuária, juntamente com os usuários do porto, desenvolve e opera de maneira proativa e responsável, com base em uma estratégia de crescimento verde econômico, no trabalho com a filosofia da natureza e na participação das partes interessadas, partindo de uma visão de longo prazo da área em que está localizada e de sua posição privilegiada na cadeia logística, garantindo assim um desenvolvimento que antecipa as necessidades das gerações futuras, para seu benefício próprio e a prosperidade da região que serve.

Além do mais, a sustentabilidade portuária tem aberto caminhos para mercados até então pouco explorados: serviços de aluguel de equipamentos, compartilhamento de ativos, descomissionamento de instalações, reciclagem de fluxos de resíduos, reutilização, reparos, manutenção e revisão. O projeto LOOP Ports (2020), desenvolvido pela UE e a Fundación ValenciaPort, traz esses conceitos através da economia circular dos portos, e promove a interação e troca de experiências entre mais de 500 portos de distintos países.

São resumidas no Quadro 8, as principais atividades adotadas nos portos inteligentes, relacionadas ao meio ambiente e sustentabilidade. São apresentadas características dessas atividades, com suas respectivas funções, desafios e tecnologias ou ferramentas utilizadas em cada uma.

Quadro 8 – Atividades relacionadas ao componente Meio Ambiente e Sustentabilidade

Tecnologia/Ferramenta	Característica	Função	Desafios	Referência
Dragas	Reciclagem de fluxo de resíduos	Reutilizar materiais de construção; reciclar plásticos recolhidos nos canais/vias de acesso marítimo	Estabelecer parcerias com empresas que transformem os resíduos em novos produtos	Loop Ports (2020)
Estaleiro (guindastes, explosivos, entre outros)	Descomissionamento de navios, plataformas e instalações que não possuem mais condições de utilização ou que são desapropriados	Desmontar as estruturas e descartar corretamente os materiais, resíduos e rejeitos	Baratear o serviço para evitar que os navios sejam abandonados ou destinados a cemitérios de navios	Loop Ports (2020)
Softwares de compartilhamento de dados/Port Community Systems	Compartilhamento de ativos	Equipamento comprado por diversas instituições e compartilhado entre as mesmas	Como realizar a divisão da utilização dos equipamentos	Loop Ports (2020)
Blockchain; IA	Eficiência de custos; reduzir externalidades negativas e agilizar o transporte do comércio internacional	Minimizar o consumo de combustível	Ciberataques	Babica et al. (2019)
Port Community Systems; PortCDM	Digitalização da documentação necessária nas operações portuárias	Reduzir a emissão de papel nas operações e processos portuários	Integração dos sistemas e padronização dos dados	Ministério da Infraestrutura (2018)

Fonte: Autora (2021)

2.3.3. Energia

O aquecimento global e seus efeitos climáticos têm fomentado a discussão internacional de diversos acordos e programas ambientais nas últimas décadas. O Acordo de Paris, assinado em 2015 por 193 países, prevê metas de redução de emissão de gases poluentes com o objetivo global de manter o aumento da temperatura média mundial abaixo de 2°C (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Em 2015, a IMO publicou o Terceiro Estudo de Gases de Efeito Estufa, o qual apontou que em 2012, o transporte marítimo contribuiu com a emissão de 2,2% de CO₂ no mundo. Com o objetivo de mudar essa realidade, no final de 2019, a Comissão Europeia apresentou o Pacto Ecológico Europeu, que objetiva tornar a Europa neutra no plano climático até 2050, no qual os portos constituem uma parcela importante nessa missão. Já o projeto GloMEEP (2020) é uma parceria entre o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (UNDP), IMO e Global Environment Facility, que visa apoiar a adoção e implementação de medidas de eficiência energética para o transporte, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa. Para isso, utiliza reformas políticas e institucionais, atividades de conscientização e capacitação, e através de parcerias público-privadas.

Segundo Fridell (2019), existem diferentes maneiras de reduzir as emissões de gases poluentes do transporte marítimo, sendo a maioria das emissões, proporcionais ao combustível consumido. Desse modo, pode-se reduzi-las diminuindo o tráfego ou aumentando a eficiência das embarcações. Tratando-se de CO₂, outra maneira de reduzir tais emissões é evitando o uso de combustíveis fósseis.

O processo de descarbonização vem ganhando destaque nos últimos anos, com a tentativa de promover a utilização de combustíveis mais sustentáveis no transporte marítimo, como o Gás Natural Liquefeito (GNL), por exemplo (GONZÁLEZ *et al.*, 2020). O fornecimento de energia aos navios em terra, conhecido como *cold ironing*, *shore-to-ship power*, *shore-based power*, ou *onshore power supply*, permite que as embarcações permaneçam com os motores auxiliares desligados durante as operações de carga e descarga, reduzindo a emissão de poluentes na área portuária. Todavia, o *cold ironing* possui alto custo de instalação, e os navios também necessitam instalar a tecnologia de conexão a bordo. Tal sistema possui algumas ressalvas e importantes considerações: indica-se a instalação de fontes de energias renováveis no porto, como energia eólica ou solar – para que o fornecimento de energia para os navios seja o menos poluente possível; navios que possuem escala regulares em portos que dispõem desta instalação, podem obter uma economia considerável em relação aos custos com

combustíveis, mesmo pagando pela energia consumida; a qualidade de vida da comunidade portuária aumenta exponencialmente, e os gastos com custos de saúde, são drasticamente reduzidos (BERGQVIST *et al.*, 2019).

Em busca de se tornarem mais sustentáveis, os terminais marítimos dos portos de Nova Jersey e Nova York, vinculados à Autoridade Portuária, juntamente com terminais arrendados, apresentam desde 2002, relatórios anuais com estimativas de emissões atmosféricas. Tais relatórios possuem o foco nas emissões de poluentes gerados por fontes de emissão móveis, associadas às atividades de terminais marítimos vinculadas às instalações portuárias, como equipamentos de manuseio de carga, veículos a diesel, locomotivas e embarcações. Mesmo com um crescimento de mais de 2 milhões de TEUs movimentados (entre 2006 e 2018 – ano base considerado pela semelhança do método de obtenção de dados, e ano dos dados mais recentes divulgados, respectivamente), os terminais apresentaram no total, reduções nas emissões de 38% de NO_x, 29% de CO e 98% de SO₂ (STARCREST CONSULTING GROUP, 2020). Tais resultados são alcançados com programas de substituição de caminhões antigos por mais modernos, assim como seu registro nos terminais, modernização de equipamentos de movimentação de carga, incentivo para navios sustentáveis, além do sistema de gestão ambiental (PORT AUTHORITY NEW YORK AND NEW JERSEY, 2020).

A substituição de fontes de energia não renováveis por renováveis auxilia na diminuição da emissão de poluentes, assim como seus respectivos custos – principalmente à longo prazo. Como exemplo, os serviços de iluminação, – os quais também podem contar com sensores de presença, – podem ser abastecidos através de energia solar, energia eólica, dentre outros.

Em suma, para Sari e Pamadi (2019), um porto inteligente se traduz em um projeto que objetiva a economia de energia, com ações que reduzam o impacto ambiental e fomentem as inovações tecnológicas. Os autores salientam ainda, que além do consumo de energia, outros dois aspectos devem ser levados em conta: meio ambiente e questões operacionais, conforme mencionados na seção 2.3.2.

No Quadro 9, é apresentado um resumo sobre as atividades dominantes em termos de energia, tratando de portos inteligentes.

Quadro 9 – Atividades relacionadas ao componente Energia

Tecnologia/Ferramenta	Característica	Função	Desafios	Referência
<i>Cold ironing</i>	Fornecimento de energia aos navios	Reduzir a emissão dos poluentes na zona portuária	Os navios devem possuir o sistema para a ligação da energia em terminais	Bergqvist, <i>et al.</i> (2019)
Energia solar e eólica	Fornecimento de energia para pátio, escritórios, <i>gates</i> , armazéns e demais instalações utilizando fontes de energia renováveis	Economizar gastos com energia elétrica e reduzir a poluição	Investimento das tecnologias	Nikitakos (2012)
Veículos e guindastes automatizados (AVG, ASC, ASSC)	Troca de equipamentos movidos a combustíveis fósseis por elétricos	Reduzir a emissão de poluentes na zona portuária	Adaptação do pátio, investimentos	Roca <i>et al.</i> (2020)

Fonte: Autora (2021)

2.3.4. Segurança e Cibersegurança

As tecnologias podem auxiliar na melhoria e ampliação do monitoramento e segurança das instalações portuárias, ao mesmo tempo em que os mesmos não podem ser alvos fáceis de ciber-ataques.

Liao *et al.* (2020), alertam que dados em ambientes que contam com tecnologias como a Internet das Coisas, são suscetíveis a muitas ameaças, ataques e riscos, devido à natureza heterogênea dos dispositivos de grande escala e à sua vulnerabilidade no ambiente operacional. Desse modo, é primordial que haja mecanismos de segurança robustos para lidar com ataques, vulnerabilidades, segurança e desafios de privacidade. Processo de roteamento seguro, detecção de dispositivos maldosos, e a capacidade de punir dispositivos de ataque na rede, são alguns exemplos de funções necessárias que os sistemas devem abranger (USMAN; GUTIERREZ, 2018).

Ozturk *et al.*, (2018) destaca que enquanto os processos portuários são realizados de maneira local, resultam em ações em tempo real e não expõem a privacidade dos dados, já a computação em nuvem gera um tempo de resposta, devido à rede de transmissão, ressaltando ainda mais a necessidade de sistemas rigorosos de segurança. A falta de certificação e regulamentação das tecnologias, o risco assumido ao investir em inovação (DURÁN *et al.*, 2019), e a falta de confiabilidade em termos de cibersegurança, preocupam os atores do setor portuário. O receio é que a interconexão de sistemas, possibilite de alguma maneira, o acesso

dos seus concorrentes às informações e dados sigilosos – e até mesmo invasões de hackers ao sistema.

Tecnologias em termos de segurança podem oferecer um serviço de valor agregado às mercadorias transportadas pelo modal aquaviário. Os sistemas de localização em tempo real (Real-time location systems – RTLS) são utilizados principalmente em contêineres que contêm produtos de alto custo. O rastreamento é possibilitado pelo uso da tecnologia RFID, as quais estabelecem um link de comunicação das cargas que possuem as etiquetas RFID com uma estação base instalada próxima aos contêineres (PARK *et al.*, 2006).

Além da cibersegurança, a segurança operacional e ambiental, é fundamental. Com o propósito de resguardar a vida dos trabalhadores e preservar as instalações portuárias, planos de emergência e prevenção devem ser estabelecidos. No Brasil, a ANTAQ (2020) estabelece que “todos os portos organizados ⁵devem dispor de uma Unidade de Engenharia de Segurança, integrada à Unidade Ambiental”, tal qual deve acompanhar e monitorar o cumprimento das conformidades exigidas pela legislação em vigor.

Dentre essas conformidades, o Plano de Controle de Emergência (PCE), tem o objetivo de definir uma estrutura operacional, que entre em ação em situações de emergência que ameacem o homem, o meio ambiente e o patrimônio portuário. Situações essas como casos de incêndio e explosão, segurança nas operações portuárias, derramamento ou vazamento de produtos perigosos, poluição ou acidentes ambientais e socorro a acidentados. Semelhante ao PCE, o Plano de Ajuda Mútua (PAM), também se trata de um plano para situações de emergência, porém de forma conjunta com entidades e organizações que circundam o porto, desse modo, exige um planejamento maior e em grande escala, quando comparado àqueles possíveis de serem controlados no âmbito do PCE (ANTAQ, 2020).

A Análise Preliminar de Riscos (APR), segundo a referência supracitada, tem por objetivo “a identificação dos riscos e impactos potenciais relacionados com as atividades portuárias, bem como apontar ações para eliminação ou controle desses riscos.” E por último, mas não menos importante, o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) trata de medidas de prevenção à saúde e à integridade do trabalhador portuário.

No Quadro 10, são listadas as principais atividades associadas a segurança e cibersegurança.

⁵ Porto organizado: “bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária” (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2020).

Quadro 10 – Atividades relacionadas ao componente Segurança e Cibersegurança

Tecnologia/Ferramenta	Característica	Função	Desafios	Referência
5G; realidade virtual; sistemas de câmeras; sensores; sistemas a <i>laser</i>	Monitoramento da infraestrutura	Aumentar a segurança	Área extensa de monitoramento	Port & Technology (2018)
IoT	Tecnologias de comunicação padronizadas e harmonizadas entre navios e terra	Aumentar a segurança da navegação; possibilitar uma segurança marítima aprimorada	Ciberataques	Babica <i>et al.</i> (2019)
<i>Blockchain</i>	Rastreabilidade e transparência	Facilitar a papelada, rastreamento de cargas, desembaraço aduaneiro e gerenciamento de operadores de transporte marítimo	Garantir que os dados sejam atuais e confiáveis	Babica <i>et al.</i> (2019)
RFID; OCR; biometria	Segurança e agilidade	Leitura de placas dos caminhões; leitura e inspeções de contêineres; identificação dos motoristas	Manutenção regular dos equipamentos para evitar congestionamento em caso de falhas/defeitos que exijam substituição	Heilig <i>et al.</i> (2016)
RTLS	Sistema de localização em tempo real	Permite o rastreamento de contêineres através de etiquetas RFID	Evitar interferências no link de comunicação da carga com a estação base	Park <i>et al.</i> (2006)
IA; <i>Machine learning</i>	Planos emergenciais e de prevenção	Evitar acidentes e planejar medidas de resposta rápida em caso de eventualidades	Realizar treinamentos e adquirir insumos previamente	ANTAQ (2020)

Fonte: Autora (2021)

2.3.5. Social

Os portos possuem um papel importante para a economia nacional e para o desenvolvimento regional (ZHANG *et al.*, 2018). A construção de uma área marítima consolidada, estimula o crescimento econômico de diversos setores, como indústria, comércio e turismo, proporcionando o aumento das receitas do Estado (SARI; PAMADI, 2019). Desse modo, é evidente o grande impacto gerado pelo porto, na cidade em que se encontra.

A relação porto-cidade é um dos principais pontos no âmbito social, de um porto inteligente. Quesitos ambientais, sustentáveis e energéticos, discutidos nas seções 2.3.2 e 2.3.3, respectivamente, têm impacto direto nessa relação. Gerar menos poluentes dentro do porto, significa poluir menos a cidade, resultando na melhora da qualidade de vida da população no entorno. Programas de educação ambiental, os quais são realizados em parcerias com escolas públicas e programas de apoio, incentivo e auxílio à pescadores, são exemplos de boas práticas nessa área.

Os navios de cruzeiro movimentam as empresas relacionadas ao turismo, como restaurantes, lojas e pontos turísticos, movimentando a economia e propiciando a geração de empregos para moradores da região. Em geral, grande parte do número de trabalhadores portuários – que trabalham diretamente no porto ou em empresas do setor – são naturais das cidades onde o porto se encontra, senão, acabam tornando-se moradores da mesma.

A ascensão dos portos inteligentes (assim como das cidades inteligentes), coloca em voga o mercado de dados, favorecendo a expansão não só de todas as partes interessadas tradicionais, mas com oportunidades ilimitadas para novas entradas (GIZELIS *et al.*, 2020). Além disso, as inovações tecnológicas no setor portuário – embora seja uma característica atribuída principalmente a empresas do setor privado – requerem a intervenção do governo para que o processo de inovação decole, afinal trata-se de uma natureza da rede de transporte e logística, onde há interação entre frete e os passageiros. (ACCIARO *et al.*, 2014).

No Quadro 11, são apresentadas as principais atividades adotadas nos portos inteligentes, relacionadas ao componente social. São apresentadas características dessas atividades, com suas respectivas funções, desafios e ferramentas utilizadas em cada uma.

Quadro 11 – Atividades relacionadas ao componente Social

Tecnologia/Ferramenta	Característica	Função	Desafios	Referência
Projetos sociais, educacionais	Envolver a comunidade com o porto	Entender as necessidades da comunidade e criar projetos para solucionar problemas	Quebrar paradigmas e culturas negativas em relação ao porto	Porto de Roterdã (2011a)
Cursos, treinamentos	Qualificação de funcionários	Preparar equipes para trabalhar com novas tecnologias	Desinteresse; falta de conhecimento básico; cultura de rejeição tecnológica	Port & Technology (2017)
Reuniões com formuladores de política, gestores, autoridades portuárias e demais autoridades	Políticas públicas de incentivo	Melhorar a relação porto x cidade	Reuniões com a comunidade	Acciario <i>et al.</i> (2014)
Programas de apoio a pescadores artesanais	A atividade portuária influencia diretamente na atividade de pesca artesanal	Criar locais de preservação – livres do impacto portuário e seguras para os pescadores	Aproximação com a comunidade local	Parmawati <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Autora (2021)

2.3.6. Gerenciamento e Estratégia

Com a transformação digital, resultados como a diminuição do tempo de resposta da embarcação e da carga, a disponibilização de dados em tempo real para as operações e a realização de análises estatísticas e de dados (ATTIA, 2016), faz com que os gestores tenham maior facilidade na hora de tomar as decisões. É importante ressaltar que as tecnologias devem servir apenas como suporte, mas a decisão final, deve ser humana, e isso acontece pela necessidade da expertise em interpretar os resultados obtidos através do tratamento de dados (os quais já são feitos por computadores) (MONTIBELLER, 2020).

De acordo com Montibeller (2020), as decisões, podem ser do tipo estratégica, de recorrência ou ainda, de emergência. A seleção de dados muda conforme cada tipo de decisão. Para uma tomada de decisão estratégica, como a compra de um equipamento de grande porte por exemplo um guindaste, pode-se realizar projeções com base no crescente aumento de demanda referente a um determinado período, analisar o custo x benefício de sua implementação, entre outros estudos maiores. As decisões recorrentes, as quais precisam ser tomadas sobre processos que ocorrem periodicamente, como por exemplo a compra de insumos de higiene e limpeza, geralmente não necessitam grandes análises e nem demasiados estudos. Tratando de decisões emergenciais, as tecnologias não estão adaptadas a cenários incertos,

como no caso de acidentes ambientais, ou até mesmo uma pandemia. Nesses casos, quando não há planos de contingência para prováveis ocorrências – os quais podem minimizar os problemas – o conhecimento e principalmente a vivência dos funcionários mais experientes, deve ser levada em conta.

O planejamento financeiro é fundamental para alcançar melhorias expressivas no âmbito portuário. Infraestrutura (como a compra de materiais para a realização de obras e melhorias nos terminais, aquisição de equipamentos e maquinários), equipes (contratação de funcionários especializados para projetos pontuais, como algum tipo de obra, por exemplo), *softwares* (custos com a aquisição e implementação de programas como o Port Community Systems, entre outros), capacitação (contratação de profissionais para realização de treinamentos, assim como os insumos necessários para essas atividades), são exemplos de itens que não podem ser deixados de fora do planejamento. Saber quais são os níveis de recursos disponíveis e ter um horizonte de planejamento são essenciais para um bom gerenciamento (MONTIBELLER, 2020).

As tecnologias possuem inúmeros benefícios, conforme abordado anteriormente. Entretanto, o receio de que sua implementação seja sinônimo de demissão, percorre diversos setores, inclusive o portuário. Cabe aos gestores, implementar medidas para amenizar os efeitos da aceitação das novas tecnologias, pelos funcionários. Capacitações e treinamentos são responsáveis por trazer uma nova cultura empresarial, além de aumentar a capacidade técnica de sua equipe. Estratégias de realocação de operadores, onde a automatização tenha reduzido o quadro de funcionários, podem auxiliar na diminuição de demissões. Além disso, novas tecnologias possibilitam novas oportunidades de emprego como a contratação de mão-de-obra especializada.

No Quadro 12, são apresentadas as principais atividades associadas ao componente de gerenciamento e estratégia dos portos inteligentes.

Quadro 12 – Atividades relacionadas ao componente Gerenciamento e Estratégia

Tecnologia/Ferramenta	Característica	Função	Desafios	Referência
Port Community System; IoT	Gerenciamento logístico eficaz; Minimizar danos ambientais	Momento ideal de chegada e partida do porto; redução do tempo de espera nas ancoragens; minimização da capacidade dos armazéns portuários; reduzir as emissões de dióxido de carbono	Coordenar simultaneamente os interesses e necessidades particulares de cada <i>player</i>	Babica <i>et al.</i> (2019)
PortCDM	Gerenciamento das operações marítimas envolvidas na escala de uma embarcação	Gerenciamento em tempo real, entre todos os agentes envolvidos nas operações de chegada e saída dos navios	Coordenar simultaneamente os interesses e necessidades particulares de cada <i>player</i>	Babica <i>et al.</i> (2019)
Segurança digital; <i>Blockchain</i> ; IoT	Um sistema unificado de portos e navios, no qual os componentes estão constantemente em comunicação	Comunicação eficaz entre partes interessadas e unidades; integração de informações; compartilhamento de informações precisas	Complexidade do sistema; cibersegurança	Babica <i>et al.</i> (2019)
<i>Machine learning</i>	Predição de tráfego e chegada de caminhões e navios	Programar os caminhos e navios de modo que evite filas e congestionamentos;	Intempéries climáticas, atrasos	Boukerche <i>et al.</i> (2020)
IA; IoT	Informações relevantes e atualizadas	Monitoramento remoto de ativos offshore; abordagem intuitiva reduzida; Controle de objetos e sistemas complexos	Qualidade humana, passível de falhas	Babica <i>et al.</i> (2019)
<i>Machine learning</i>	Predição de tempo de operações (carga e descarga), permanência da carga no porto	Obter padrões que permitam ampliar a janela de atracação diária	Intempéries climáticas, atrasos, acidentes	Boukerche <i>et al.</i> (2020)
Rede móvel; dispositivos móveis	Rastreamento de tráfego e de mercadorias	Acompanhar a trajetória da carga	Limitação de uso (bateria, dados) dos dispositivos móveis	Johnson (2020)
Manutenção preditiva	Manutenção, revisão, e reparos de equipamentos	Aumentar a vida útil dos equipamentos portuários	Pessoal capacitado e qualificado	Loop Ports (2020)
Cursos; palestras	Capacitação e treinamento de funcionários	Diminuir erros humanos	Encontrar profissionais qualificados para aplicar o treinamento	Urbancová <i>et al.</i> (2021)
Sistemas de integração entre diferentes portos	Promover parcerias com portos de rota comum aos navios	Integração com outros portos; diminuir custos	Compatibilidade de sistemas	IPCSA (2020)

Fonte: Autora (2021)

2.3.7. Eficiência e Produtividade

O porto inteligente pode ser conceituado como aquele que faz uso de tecnologias a fim de transformar os diferentes serviços nos portos, em sistemas interativos. Os quais, possuem o objetivo de atender às necessidades dos usuários portuários, com um nível maior de eficiência, transparência e valor (OZTURK, 2018). E assim, o principal retorno esperado pelos gestores, é que os investimentos em tecnologias se traduzam em maior retorno financeiro, seja ele economizando recursos ou aumentando sua produtividade.

Obviamente, o processo de digitalização dos portos além de permitir maior eficiência nas operações, traz maior segurança dos funcionários, estabelece uma comunicação ativa e dinâmica com o meio social, melhora a gestão portuária em nível institucional, e viabiliza a sustentabilidade ambiental e energética (GONZÁLEZ *et al.*, 2020).

Dessa forma, conforme o autor supracitado, a coleta e o processamento de dados em tempo real se dão através de infraestruturas inteligentes, como hardware e *software*. Quando analisados e apresentados de maneira inteligente, esses dados podem ajudar a alcançar o objetivo de fazer as coisas de modo mais inteligente (ATTIA, 2016) e eficiente.

O transporte eficiente de cargas afeta diretamente os consumidores e a economia global. O correto planejamento e execução das operações permite obter maior regularidade nas operações, menores atrasos e conseqüentemente, menores prejuízos. O processo operacional de um terminal portuário, pode ser considerado como um importante processo produtivo, onde o foco não é um produto físico, mas um serviço especificado. O manuseio e o armazenamento de mercadorias, devem ser realizados de maneira segura, mas que objetive a entrega ao cliente no menor tempo possível (ATTIA, 2016).

Como resultado de estratégias que visem o aumento da produtividade e da eficiência, os portos se tornam mais competitivos, tanto nacionalmente quanto internacionalmente.

No Quadro 13, são listadas algumas atividades que impactam na eficiência e produtividade de um porto inteligente.

Quadro 13 – Atividades relacionadas ao componente Eficiência e Produtividade

Tecnologia/Ferramenta	Característica	Função	Desafios	Referência
Guindastes e veículos automatizados	Aumentar a produtividade; receber mais navios	Diminuir a prancha média	Limite de capacidade de operação dos equipamentos	Roca <i>et al.</i> (2020)
Equipamentos econômicos;	Investimento em equipamentos e infraestrutura que utilizem energias renováveis	Reduzir o consumo de energia elétrica	Instalação de energia solar/eólica	Roca <i>et al.</i> (2020)
PortCDM; Port Community Systems; sistemas integrados	Operações eficientes	Garantir que não ocorram atrasos nas operações, evitando multas e prejuízos	Intempéries no clima e acidentes	IPCSA (2020)
Sistemas de gestão de pessoas	Remanejamento de funcionários para aumentar a produtividade em setores deficitários	Realocação de funcionários que foram substituídos pela automatização	Qualificação dos funcionários	IPEA (2019)

Fonte: Autora (2021)

2.4. INDICADORES DE DESEMPENHO PORTUÁRIO

O que não é medido, não é gerenciado, da mesma forma, o que não é gerenciado, não se pode melhorar (NEVES, 2009).

De acordo com Tavares (2017), para aprimorar os serviços logísticos prestados nos portos, melhorar a infraestrutura portuária, e garantir a modernização dos serviços de atendimento, são necessárias medidas que avaliem o desempenho dos portos. Uma das ferramentas utilizadas para esse fim, são os indicadores de desempenho portuário.

Os indicadores de desempenho podem ser definidos como medidas que mostram a comparação do que foi realizado pela operação em relação a um objetivo ou estratégia (FRANCISCHINI *et al.*, 2017). Quando aplicado aos portos, tais indicadores apontam gargalos e funcionam como instrumento de auxílio para os gestores na busca das soluções dos problemas. Assim, com a criação de um sistema eficiente de avaliação de desempenho portuário, através da elaboração correta de indicadores de desempenho, contribui-se para melhorar não só a performance dos portos, mas de toda a cadeia logística (PORTO, 2018).

Para a determinação correta dos indicadores de desempenho, Francischini *et al.* (2017) destaca que o primeiro ponto se trata da definição clara dos objetivos e expectativas do gestor. Em seguida, deve-se verificar quais são as variáveis de maior importância que mostram como

tais objetivos devem ser mantidos, para então, elaborar os indicadores de desempenho que medem essas variáveis.

Devido à complexidade portuária – causada pelo número elevado de *players*, e pela ampla burocracia nas operações – o número de parâmetros para se alcançar os objetivos e metas, tende a ser considerável. Dessa forma, é importante a divisão dos indicadores – o que pode ser considerado como uma problematização na aplicabilidade dessa ferramenta. Ainda, para que os resultados obtidos pelos indicadores sejam aceitáveis, os dados de entrada devem ser aderentes à realidade (GOULART *et al.*, 2019).

Durante a avaliação dos indicadores de desempenho, fatores como a disponibilidade de dados atualizados, factuais e confiáveis, assim como a forte influência de fatores locais nesses dados, bem como as divergentes interpretações que podem resultar em função do analista que realiza a avaliação, trazem dificuldades e apresentam desafios aos gestores, na busca pelas soluções ideias para cumprimento constante dos objetivos. Além do mais, a comparação entre portos se torna difícil pela grande variedade de tipos de portos, escalas, configurações de serviço e modelos de governança (UNCTAD, 2016). Logo, para que se possa realizar uma comparação, isto é, benchmarking de desempenho, as características dos portos comparados devem ser mais semelhantes possíveis.

De acordo com Neves (2009), no mesmo grau de importância que se encontra a definição e o monitoramento dos indicadores de desempenho, está o desafio de se calcular corretamente e estabelecer uma metodologia de gestão e prevenção dos desvios em relação às metas.

Um levantamento realizado por Tavares (2017), aponta diversos conjuntos de indicadores de desempenho voltados à logística portuária. No geral, tais conjuntos englobam características com o foco em tempo, movimentação portuária, custos, qualidade e infraestrutura. Desse modo, é importante ressaltar que não existe um modelo único e ideal de indicadores de desempenho portuário que atenda todos os portos. Cada modelo dependerá das necessidades do porto e dos seus objetivos. Por exemplo, segundo a UNCTAD (2016), o principal fator de custo no comércio marítimo é o tempo. De forma que, quanto mais tempo um navio permanece no porto, maiores são os custos de envio de carga a bordo. Portanto, as medidas que informam os usuários do porto sobre o tempo de espera por um berço e os horários de trabalho são de grande relevância. Para os gestores e administradores portuários, o espaço físico do porto é um recurso fundamental. Medir o uso desse espaço em termos de volumes de carga e o tempo de permanência da carga são indicadores de desempenho úteis.

Existem diversos modelos de indicadores de desempenho portuário, principalmente internacionais. O Port Performance Indicators: Selection and Measurement (PPRISM), é um exemplo disso, o qual foi criado com o objetivo de permitir à indústria portuária europeia medir, avaliar e comunicar o impacto do sistema portuário na sociedade, no ambiente e na economia (ESPO, 2012). Seguindo os insights do PPRISM, criou-se a PORTOPIA, o qual consiste em uma plataforma de desempenho da indústria portuária, que permite benchmarking e troca de dados e conhecimento entre as partes interessadas da indústria portuária europeia (DOOMS, 2014).

Os portos brasileiros contam atualmente com um Sistema de Desempenho Portuário (SDP), criado pela ANTAQ, o qual consiste em um sistema de coleta de dados e informações sobre as operações portuárias e seus respectivos preços. Através desse banco de dados, – o qual é alimentado pelos gestores das próprias instalações portuárias, – o cálculo de indicadores operacionais e de preços é realizado, permitindo que os gestores possam controlar suas operações (ANTAQ, 2019a).

No Quadro 14, é possível visualizar os tipos de indicadores que fazem parte do SDP. Por serem criados em 2003, – e apesar de serem revisados constantemente, – pode-se perceber que o componente voltado à tecnologia não é diretamente abordado.

Quadro 14 – Indicadores de desempenho - ANTAQ

Enfoque	Indicadores de desempenho
Carga	Tipo de carga Tamanho de consignação médio Movimentação de cargas Volume de cargas Capacidade de armazenagem
Movimento portuário	Quantidade de mercadorias movimentadas Quantidade de contêineres movimentados Capacidade do cais Número de atracções Condições de acesso e localização Total de toneladas movimentadas
Tráfego	Quantidade de navios Desbalanceamento Sentido/terminal ou berços Nível de containerização da carga Tipo e carregamento do navio Produtividade
Tempo	Tempo de ocupação nos berços Serviços aduaneiros Tempo médio de atendimento Carga e descarga Tempo médio de espera dos navios Permanência do navio no porto

Fonte: Tavares (2017)

Para abordar o componente ambiental e de sustentabilidade, a ANTAQ (2016) instituiu por meio da Resolução nº 2.650/2012, o Índice de Desempenho Ambiental (IDA). Desse modo, esse índice pode ser utilizado como instrumento de acompanhamento e controle de gestão ambiental em instalações portuárias. Os 38 indicadores que compõem o IDA, são separados em 4 categorias e 14 indicadores globais, que são apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 – Indicadores do Índice de Desempenho Ambiental (IDA) - ANTAQ

Categoria	Indicador global	Indicador específico	Peso
Econômico-operacional	Governança Ambiental	Licenciamento ambiental do porto	0,117
		Quantidade e qualificação dos profissionais no núcleo ambiental	0,033
		Treinamento e capacitação ambiental	0,016
		Auditoria ambiental	0,050
	Segurança	Banco de dados oceanográficos/hidrológicos e meteorológicos/climatológicos	0,016
		Prevenção de riscos e atendimento a emergência	0,108
		Ocorrência de acidentes ambientais	0,036
	Gestão das operações portuárias	Ações de retirada de resíduos de navios	0,065
		Operações de contêineres com produtos perigosos	0,033
	Gerenciamento de energia	Redução do consumo de energia	0,019
		Geração de energia limpa e renovável pelo porto	0,006
		Fornecimento de energia para navios	0,002
	Custos e benefícios das ações ambientais	Internalização dos custos ambientais no orçamento	0,068
	Agenda ambiental	Divulgação de informações ambientais do porto	0,004
		Agenda ambiental local	0,018
		Agenda ambiental institucional	0,010
Certificações voluntárias		0,007	
Econômico-operacional	Gestão condominial do porto organizado	Controle de desempenho ambiental dos arrendamentos e operadores pela Autoridade Portuária	0,038
		Licenciamento ambientais das empresas	0,026
		Plano de emergência individual dos terminais	0,015
		Auditorias ambientais dos terminais	0,008
		Planos de gerenciamento de resíduos sólidos dos terminais	0,011
		Certificação voluntárias das empresas	0,004
Sócio-cultural	Educação ambiental	Promoção de ações de educação ambiental	0,050
	Saúde pública	Ações de promoção da saúde	0,008
		Planos de contingência de saúde no porto	0,017
Físico-químicos	Monitoramento da água	Qualidade ambiental do corpo hídrico	0,025
		Drenagem pluvial	0,004
		Ações para redução e reuso da água	0,010
	Monitoramento do solo e material dragado	Área dragada e disposição de material dragado	0,012
		Passivos ambientais	0,012
	Monitoramento do ar e ruído	Poluentes atmosféricos (gases e particulados)	0,011
		Poluição sonora	0,004
Gerenciamento de resíduos sólidos	Gerenciamento de resíduos sólidos	0,080	
Biológico-ecológicos	Biodiversidade	Monitoramento de Fauna e Flora	0,010
		Animais sinantrópicos	0,029
		Espécies aquáticas exóticas/invasoras	0,010
TOTAL			1,000

Fonte: ANTAQ (2016)

O IDA é baseado no modelo científico de análise de multicritérios, e foi escolhido por ser o que mais se adapta à situação de verificação do atendimento às conformidades ambientais portuárias (ANTAQ, 2016). O peso atribuído a cada indicador, permite mensurar a influência e importância que o mesmo possui, no cumprimento dos objetivos ambientais. Desse modo, simplificam-se as informações e facilita o processo de tomada de decisão dos gestores sobre as questões ambientais.

Quando utilizados corretamente, os indicadores de desempenho portuário podem trazer diversos benefícios, como a melhora na utilização dos recursos portuários, o fornecimento de informações para o planejamento do mesmo e uma justificativa para o desenvolvimento de capital, e comunicação com as partes interessadas relevantes (BUIZA *et al.* (2015). Além disso, fornece uma base de tomada de decisão e ferramenta prática para organizações, governos ou formuladores de políticas, formularem uma estratégia de governança razoável e eficaz da indústria portuária global (CHEN *et al.*, 2019).

Ainda segundo Chen *et al.* (2019), os resultados de pesquisas relacionadas a indicadores de desempenho portuário, podem oferecer uma base teórica para a indústria portuária e as partes interessadas iniciarem a construção de portos inteligentes. Todavia, autores como Buiza *et al.* (2015) e Philipp (2020), destacam que esse tipo de pesquisa, faz parte da minoria dos modelos existentes, e são apontados como uma lacuna na qual há pouco tempo tem se iniciado estudos e pesquisas. Portanto, é nesse escopo que este trabalho pretende atuar, apresentando indicadores de desempenho aplicados a portos inteligentes – os quais possuem embasamento nos seus componentes. Posteriormente, aplica-se esses indicadores a portos brasileiros, analisando e verificando a implementação de práticas inteligentes.

3. MÉTODO

Na seção 2.2, abordou-se o levantamento bibliográfico realizado a partir da plataforma de dados *Periódicos da Capes*, onde buscou-se definições de portos inteligentes através das palavras-chave: *smart port*, *portos inteligentes*, *portos 4.0*, *digitalização*, *automatização*. Dos estudos abordados (demonstrados no Quadro 5), foram selecionados 7 componentes (Tecnologia, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Energia, Segurança e Cibersegurança, Social, Gerenciamento e Estratégia, e Eficiência e Produtividade), para auxiliar na caracterização de portos inteligentes, uma vez que foram os termos mais utilizados nos artigos encontrados.

Para caracterizar cada um dos sete componentes, na seção 2.3 elaborou-se quadros com os subcomponentes respectivos a cada componente supracitado. Uma vez caracterizado cada um dos componentes, levando à compreensão e caracterização de portos inteligentes, foi possível dar continuidade no desenvolvimento deste trabalho.

Na primeira seção deste capítulo, é abordado o método adotado para a construção dos indicadores de desempenho portuário sob a ótica de portos inteligentes. Na seção 3.2 é apresentado o questionário desenvolvido como contribuição deste trabalho, a fim de ser respondido pelos gestores de portos e terminais, no intuito de verificar a quantidade de práticas inteligentes implementadas em cada um dos portos/terminais participantes da pesquisa. Por fim, na seção 3.3 é relatado o processo de avaliação dos indicadores baseado nos resultados obtidos com a aplicação do questionário.

3.1. INDICADORES DE DESEMPENHO

Os Quadros apresentados na seção 2.3, serviram de base para a caracterização do conceito de portos inteligentes, uma vez que foram definidos os principais componentes e subcomponentes necessários em um porto deste tipo. Esta etapa contribuiu por consequência na elaboração de indicadores globais e indicadores específicos a serem investigados nos portos/terminais entrevistados. As características e funções de cada subcomponente, foram transformadas em indicadores específicos, os quais foram agrupados conforme alguma semelhança ou por se tratar de um mesmo assunto, culminando nos indicadores globais.

Dessa maneira, no Quadro 16 são apresentados os 22 indicadores globais e 59 indicadores específicos inerentes a portos inteligentes propostos neste trabalho.

Quadro 16 – Indicadores de desempenho de portos inteligentes

Componente	Indicador global	Indicador específico
Tecnologia – Ativos Virtuais	Dados e informações	Armazenamento de dados
		Equipe de inteligência de dados
		Padronização de dados
		Pré-processamento de dados
		Tratamento/processamento de dados
	Utilização de <i>machine learning</i> para tratamento de dados	
	Conectividade	Sistema integrado com a comunidade portuária
Controle	Utilização de <i>digital twin</i> para novos equipamentos	
Segurança	Utilização de <i>blockchain</i>	
Tecnologia – Ativos Físicos	Movimentação de carga	Utilização de veículo guiado automaticamente (AVG)
		Utilização de guindaste de empilhamento de contêineres automático
		Utilização de portêiner automatizado
		Sistema de sensor <i>wireless</i> para posicionamento de cargas
	Utilização de <i>gate</i> automatizado	
	Atracação de navios	Sistema de amarração de navios automatizados
		Sistema auxiliar de acoplamento de navios
Condições climáticas	Sistema de monitoramento meteorológico com sensores	
	Sistema de monitoramento oceanográfico com sensores	
Meio Ambiente e Sustentabilidade	Ambiental	Reciclagem de materiais descartados
		Iniciativas de economia circular
		Certificações ambientais
		Limpeza das vias hídricas
		Infraestrutura interna para reparos em navios
		Infraestrutura interna para descomissionamento de navios
		Compartilhamento de equipamentos com outros portos/terminais
Energia	Fornecimento	Fornecimento de energia aos navios
	Energia limpa	Geração e utilização de energia solar
		Geração e utilização de energia eólica
Iluminação	Utilização de sensores de iluminação dinâmica	
Segurança e Cibersegurança	Patrimônio	Sistema de monitoramento por câmeras
		Sistema de segurança por biometria
		Sistema de segurança por sensores/ <i>laser</i>
	Operacional	Sistema OCR de identificação de motoristas de caminhões
		Sistema de comunicação em tempo real com embarcações
		Rastreabilidade de cargas
		Sistema RFID de leitura de contêineres
	Ambiental	Sistema RFID de leitura de placas de caminhões
		Plano de Ajuda Mútua
		Plano de Controle de Emergência
		Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
Virtual	Análise Preliminar de Riscos	
	Sistema de monitoramento de cargas perigosas	
	Sistema de proteção de dados	
Social	Comunidade	Projetos sociais com a comunidade
		Programa de apoio a pescadores
		Projetos de educação ambiental
	Funcionários	Treinamento para operação de equipamentos
		Treinamento para operação de <i>softwares</i> e metodologias
		Capacitação interna de funcionários
		Plano de realocação de funcionários
	Governo	Capacitação externa dos funcionários
Relacionamento com órgãos públicos		

Quadro 16 – (continuação)

Componente	Indicador global	Indicador específico
Gerenciamento e Estratégia	Tráfego	Sistema de predição de tráfego de caminhões
		Sistema de predição de tráfego de vagões
	Prancha média	Sistema de predição de tempo de operações de navios
	Manutenção	Planejamento de manutenção de equipamentos de pátio
Eficiência e Produtividade	Indicadores de desempenho	Indicadores de desempenho e metodologia
		Participação da comunidade nos indicadores de desempenho

Fonte: Autora (2021)

Para investigar a quantidade de práticas inteligentes implementadas nos portos e terminais do Brasil, elaborou-se um questionário, o qual foi preenchido por gestores dos respectivos portos e terminais.

3.2. QUESTIONÁRIO

No questionário proposto procurou-se investigar cada um dos 7 componentes definidos na seção 2.3, através de indicadores específicos a cada um deles. Para isso, foram elaboradas perguntas a cada componente (totalizando em 62 perguntas) a fim de investigar se o porto ou terminal possui determinada característica, infraestrutura, equipamento ou prática, caracterizando-se assim como um porto inteligente.

O questionário foi desenvolvido através da ferramenta de gerenciamento de pesquisa *Google Forms*, e é dividido em 9 partes. Inicia-se pela identificação do porto ou terminal (nome, carga que opera, função de quem está respondendo o questionário); as próximas 8 partes correspondem às perguntas de cada um dos 7 componentes, sendo o componente tecnologia dividido em ativos físicos e ativos virtuais.

No apêndice A, encontra-se o questionário completo enviado aos portos e terminais, para ser preenchido por gestores tomadores de decisões.

Durante o processo de desenvolvimento do questionário e dos respectivos indicadores, contou-se especialistas do setor marítimo envolvidos em processos de modernização portuária, como o Sr. Pascal Ollivier – presidente da Maritime Street, especialista em Port Community System, o qual já trabalhou em projetos de modernização portuária em mais de 80 países – além do Sr. Otto Luiz Burlier, Diretor do Departamento de Gestão e Modernização Portuária da Secretaria Nacional de Portos e Transportes Aquaviários, do Ministério da Infraestrutura, e sua respectiva equipe. O diálogo com os respectivos especialistas teve o

objetivo de verificar se o direcionamento deste trabalho estava correto e condizente com a realidade.

3.3. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

Os indicadores propostos possuem o objetivo de investigar a quantidade de práticas inteligentes implementadas nos portos e terminais brasileiros. Desse modo, buscou-se criar indicadores padrões, que abordassem portos e terminais que operam diferentes tipos de cargas, em distintas regiões do país, e que são administrados de diferentes maneiras.

Por essa variação de objetivos e prioridades, serão atribuídos pesos unitários aos indicadores, de modo a não priorizar nenhuma categoria – com exceção dos indicadores específicos que possuem níveis ou mais de uma opção de implementação. No Quadro 17 são apresentados os pesos aplicados a esses indicadores. Os pesos foram atribuídos a fim de priorizar as práticas que melhor se adequam ao porto inteligente. Salientando que o indicador referente ao armazenamento de dados pode possuir um conjunto de respostas, obtendo como peso total, a resposta com o maior peso, e não seu somatório.

Quadro 17 – Pesos para indicadores específicos com níveis e opções de implementação

Indicador específico	Opções de resposta	Peso atribuído
Armazenamento de dados	Nuvem	1
	Pastas compartilhadas	0,75
	Computador pessoal	0,5
	Papel	0,25
Sistema integrado com a comunidade portuária	Sistema integrado com a comunidade portuária	1
	Sistema integrado com a alguns atores da comunidade	0,75
	Fase de implementação de sistema integrado com a comunidade portuária	0,5
	Não	0
Reciclagem de materiais descartados	Recicla dentro do porto todo material passível de reciclagem	1
	Realiza dentro do porto a reciclagem de alguns tipos de materiais	0,75
	A reciclagem é realizada por terceirizados fora do porto	0,75
	Não	0
Utilização de sensor de iluminação dinâmica	Sim, em todas instalações portuárias	1
	Utilização parcial de sensores de iluminação dinâmica nas instalações portuárias	0,75
	Não	0
Rastreabilidade de cargas	Sim	1
	Somente para determinados tipos de cargas	0,75
	Não	0
Relacionamento com os órgãos públicos	Sim	1
	Razoavelmente	0,75
	Não	0

Fonte: Autora (2021)

Dessa maneira, será possível verificar em quais dos 7 componentes o terminal possui maior foco de atuação no momento da participação da pesquisa, e em quais componentes possui maior carência; além da possibilidade de realização de comparativos entre portos e terminais que operam o mesmo tipo de carga, que possuem movimentação média portuária semelhante, e até mesmo com portos internacionais, contribuindo para que os portos busquem a melhoria de seu desempenho a nível nacional e internacional.

Vale ressaltar, que este estudo é pioneiro no Brasil, não sendo encontrado nenhum estudo ou trabalho semelhante de levantamento de práticas inteligentes implementadas em portos e terminais brasileiros.

Os portos e terminais participantes da pesquisa receberão os resultados e análises do questionário. Caso haja necessidade, os portos podem solicitar sigilo de informação ao final do questionário. Posteriormente, através das análises resultantes deste trabalho, os portos e terminais poderão atribuir pesos aos indicadores conforme seus objetivos, além de realizar uma análise de *benchmarking* entre portos e terminais.

4. PESQUISA DE CAMPO

Neste tópico serão apresentados os portos e terminais participantes da pesquisa, juntamente com um resumo de suas principais características. Em seguida, são divulgadas as informações obtidas no questionário aplicado aos gestores de tais portos/terminais, entre os meses de dezembro de 2020 e março de 2021.

4.1. PORTOS E TERMINAIS NACIONAIS

Segundo ANTAQ (2019b), há 34 Portos Organizados no Brasil, os quais estão localizados em 17 estados. Na Figura 1 estão representados os portos e terminais participantes da pesquisa. Destes, 23 são terminais arrendados ou portos/terminais de uso público – destacados em azul – e 2 Terminais de Uso Privado (TUPs) – destacado em vermelho.

Figura 1 – Localização dos portos e terminais participantes da pesquisa



Fonte: Adaptado de ANTAQ (2019b)

Ressalta-se que o questionário foi encaminhado para portos/terminais de todas as regiões do Brasil, entretanto foram obtidas somente respostas dos portos apresentados na Figura 1.

4.1.1. Região Sul

Porto de Imbituba

Com administração da SCPAR, o Porto de Imbituba é Autoridade Portuária do Complexo Portuário de Imbituba. Localizado em uma enseada aberta, no litoral Sul de Santa Catarina, foi construído na década de 1880. Possui 3 berços de atracação (todos eles públicos), os quais possuem profundidades variadas (de 9 a 16 metros) (SCPAR PORTO DE IMBITUBA, 2021). Foi responsável por aproximadamente 11,35% da movimentação portuária catarinense no ano de 2020 (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

O Porto de Imbituba conta com diversos programas e projetos que buscam promover uma boa relação porto-cidade, como Porto de Portas Abertas, Projeto Costa Butiá, Recomposição Vegetal da Trilha do Farol, Capela São Pedro, bases de apoio à família dos caminhoneiros, entre outros. Além disso, o Porto se destaca positivamente na operação de movimentação de cargas especiais (pás eólicas e cabos para transmissão de energia elétrica, por exemplo), e demonstra estar em constante busca pela otimização dos serviços ofertados, assim como na ampliação de serviços em seu portfólio – recentemente realizou a primeira exportação de coque não calcinado (SCPAR PORTO DE IMBITUBA, 2021).

Porto Itapoá

Parte do Complexo Portuário de São Francisco do Sul, o Porto Itapoá é localizado na cidade de Itapoá (Santa Catarina) e é um Terminal de Uso Privado (TUP). Com início das operações em 2011, o Porto conta com 2 berços de atracação com profundidade de 16 metros (PORTO ITAPOÁ, 2021). Em 2020, o Porto Itapoá movimentou cerca de 712.646 TEUs, o que corresponde a 15,53% da movimentação de cargas em toneladas durante 2020, em Santa Catarina (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Foi eleito o porto mais sustentável do país na categoria portos privados, através do Prêmio Via Viva 2020 do Ministério da Infraestrutura – o Porto tem entre um dos seus três pilares, a sustentabilidade. Também em 2020, registrou recordes sucessivos na movimentação

de *crossdocking* (serviço no qual as mercadorias são retiradas dos contêineres do cliente, operacionalizadas no armazém do porto e posteriormente carregadas nos caminhões). Além disso, no mesmo ano, o Porto Itapoá se posicionou como referência em operações *Breakbulk* (onde o embarque da carga necessita de embarque direto no navio) – apesar do foco na operação de contêineres (PORTO ITAPOÁ, 2021).

Porto de São Francisco do Sul

Localizado na Baía da Babitonga, litoral norte catarinense, o Porto de São Francisco do Sul foi responsável por aproximadamente 22,85% da movimentação portuária de Santa Catarina, em 2020 – tendo como carro chefe a movimentação de granéis sólidos (ANUÁRIO ANTAQ, 2021). Exerce a Autoridade Portuária do complexo portuário de São Francisco do Sul, e é administrado pela SCPAR Porto de São Francisco do Sul, sociedade de economia mista do Governo do Estado de Santa Catarina. O Porto conta com 7 berços de atracação (dos quais 3 são arrendados a outro operador) e possuem profundidade de 14 metros. (SCPAR PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL, 2021).

Com 65 anos completos em julho de 2020, o Porto de São Francisco do Sul foi reconhecido pelo Governo Federal através do Prêmio Portos + Brasil 2020, no qual se destacou entre os melhores portos públicos brasileiros, referente ao desempenho no Índice de Gestão das Autoridades Portuárias. O Porto assumiu recentemente o Terminal Graneleiro de São Francisco do Sul, que era até então, operado pela CIDASC; e possui a missão de modernizar o Terminal e o tornar eficiente (SCPAR PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL, 2021).

Portos do Paraná

O complexo portuário Portos do Paraná é formado pelos portos de Paranaguá e Antonina. A administração é realizada pela autarquia estadual Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) (MTPA *et al.*, 2018b). Em 2020, o complexo portuário foi responsável pela movimentação de 53.025.253 toneladas, sendo mais de 98% dessa carga, movimentada por Paranaguá (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

O Porto de Paranaguá é localizado na margem sul da Baía de Paranaguá, na cidade de Paranaguá (Paraná), e possui cais público com 14 berços, além do ponto de atracação composto por 3 dolphins de atracação e um de amarração. O Porto também conta com dois píeres com dois berços em cada. Já o Porto de Antonina, é composto pelo Terminal Barão de Teffé, o qual

possui um cais público que se encontra desativado, e pelo Terminal Portuário Ponta do Félix – terminal arrendado que possui dois berços com profundidade de 9,1 metros. Sua localização fica a noroeste da Baía de Paranaguá (MTPA *et al.*, 2018b).

Nota-se um crescimento na movimentação portuária nos Portos do Paraná nos últimos anos, no qual a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) considera decorrente dos investimentos realizados em infraestrutura marítima e terrestre, além do relacionamento transparente e de confiança construído com os operadores portuários (PORTOS DO PARANÁ, 2020). Além disso, os investimentos em modernização portuária contemplam a parceria com a Fundación Valenciaport, com a construção do *Port Community Systems* (PCS), e a implementação do *Port Collaborative Decision Making* (PortCDM), um modelo de gerenciamento de operações marítimas (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2020).

Superintendência do Porto de Itajaí

Localizado na margem da Foz do Rio Itajaí, na cidade de Itajaí (Santa Catarina), o Porto de Itajaí possui 2 berços de atracação públicos e 2 berços arrendados, com cerca de 11 metros de profundidade cada. Além do Porto Itajaí, o Complexo Portuário do Rio Itajaí engloba mais 5 terminais privados. A Autoridade Portuária é delegada ao município e exercida pela Superintendência do Porto de Itajaí (PORTO DE ITAJAÍ, 2021).

O Complexo foi responsável pela movimentação de 5.979.919 toneladas durante 2020, o que corresponde 11,57% da movimentação catarinense no respectivo ano (ANUÁRIO ANTAQ, 2021), sendo que os principais tipos de produtos movimentados são madeira e derivados, frangos congelados (sendo considerado o maio porto exportador do Brasil), cerâmicos, papel *krafts*, máquinas e acessórios, tabacos, veículos, têxteis, açúcar e carne congelada.

O Porto vem buscando se modernizar, e recentemente implementou um sistema que tem reduzido as filas de caminhões e conflitos de trânsito nas proximidades do mesmo. O “Sistema Carrosel” cria um fluxo único, permitindo que os caminhões entrem e saiam por *gates* diferentes, agiliza a operação e facilita a mobilidade, reduzindo o tempo que o motorista gasta se deslocando no pátio. Além desse sistema, o Porto de Itajaí tem realizado investimentos e melhorias em equipamentos e aumento de área. Em termos de gestão, a implementação da metodologia LEAN (gerenciamento que busca redução de desperdícios) também tem trazido benefícios ao Porto (PORTO DE ITAJAÍ, 2021).

4.1.2. Região Sudeste

Porto de Angra dos Reis

Localizado na Baía da Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro, o Porto é de propriedade da Companhia Docas do Rio de Janeiro. Arrendado desde 2009 ao Terminal Portuário de Angra dos Reis S.A. (TPAR), empresa do Grupo Splenda Brasil, o Porto possui cais acostável contínuo de 400m, com calado autorizado de 8,5m para atracação – na maré baixa (TERMINAL PORTUÁRIO DE ANGRA DOS REIS, 2021).

Licenciado para movimentação de cargas e apoio logístico às atividades *offshore*, o TPAR oferece os serviços de atracação, cerco preventivo, movimentação de cargas em geral (tendo expertise em movimentação de cargas especiais, incluindo *risers*), armazenamento em áreas abertas e cobertas, apoio a regimes aduaneiros especiais, fornecimento de água, diesel e eletricidade, além de limpeza de tanques e gerenciamento de resíduos (TERMINAL PORTUÁRIO DE ANGRA DOS REIS, 2021).

Porto de Itaguaí – Terminal Sepetiba TECON

Considerado como um dos principais terminais de contêiner do país, o Terminal Sepetiba TECON é o terminal de contêiner do Porto Itaguaí, arrendado à Sepetiba TECON S.A, empresa da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). Localizado na Baía de Sepetiba, em Itaguaí (RJ), o Terminal responde a Autoridade Portuária Companhia Docas do Rio de Janeiro. O Sepetiba TECON conta com 1 berço com calado máximo de 13m e 2 berços com calado máximo de 14,7m (CDRJ, 2019). Sua movimentação portuária em 2020 foi de 4.001.693 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

O Terminal opera no conceito *one stop shop* (onde tudo pode ser resolvido localmente), tornando as operações ágeis e com custo competitivo tanto na carga quanto na descarga. Inaugurado em 1998, conta com instalações, serviços e capacidades superiores à média dos terminais nacionais (CSN, 2021).

Porto de Niterói – Nitport e Nitshore

O Porto de Niterói é localizado na cidade de Niterói, estado do Rio de Janeiro. A Nitport é a empresa responsável pelo arrendamento do Terminal 1 do Porto (NITPORT, 2021),

já a Nitshore, pelo Terminal 2 (NITSHORE, 2021). Pertencentes à mesma *joint venture*, ambas utilizam o mesmo cais – que possui 430m de extensão e calado máximo de 7,5m. A autoridade portuária as quais Nitport e Nitshore respondem é a Companhia Docas do Rio de Janeiro. A Nitport movimentou em 2020, 13.115 toneladas, já a Nitshore, 29.752 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Criadas para atender o crescente mercado de óleo e gás brasileiro e mundial, a Nitport é uma empresa com especialização na movimentação de granéis sólidos, carga em geral e armazenagem (NITPORT, 2021), e a Nitshore, oferece serviços de logística ponta-a-ponta, com atividades de movimentação de cargas, alfandegamento para importações e exportações, armazenagens, tancagens de fluidos, abastecimento de água e combustíveis, gerenciamento de resíduos e reparos navais (NITSHORE, 2021).

Porto do Rio de Janeiro – Pier Mauá

O Terminal Internacional de Cruzeiros do Pier Mauá é a empresa que arrendou o terminal de passageiros do Porto Rio Maravilha (RJ). Tem como Autoridade Portuária a Companhia Docas do Rio de Janeiro, e possui capacidade para atender cerca de 35 mil pessoas por dia. Conta com um cais de 1.050m de extensão e calado máximo de 10,3m (PIER MAUÁ, 2021).

Vencedor por sete vezes do Prêmio World Travel Award, na categoria “Melhor Porto de Cruzeiros da América do Sul”, o Pier Mauá demonstrou toda sua versatilidade ao ampliar seu portfólio de serviços após o processo de revitalização. Sendo um deles, a disponibilização do espaço físico, que já permitiu a realização de grandes eventos, como Rio+20, Veste Rio, Rio Gastronomia, Casa Brasil na Olimpíada 2016, entre outros (PIER MAUÁ, 2021).

Porto do Rio de Janeiro – ICTSI Rio Brasil 1

A ICTSI Rio Brasil 1 opera na sua concessão no Porto do Rio de Janeiro desde 1998. Faz parte da empresa International Container Terminals Service Inc, e responde à Autoridade Portuária Companhia Docas do Rio de Janeiro. Conta com 715m de cais, 2 berços de atracação e calado máximo de 14,6m (ICTSI RIO BRASIL 1, 2021). Em 2020, foi responsável pela movimentação de 2.026.557 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Com a recente realização de investimentos em obras e compra de equipamentos modernos, o Terminal expandiu sua capacidade operacional em torno de 70%. Ademais, a

ICTSI Rio Brasil 1, investe continuamente no capital humano, segurança das operações, tecnologia da informação, infraestrutura de armazéns e pátios para armazenagem de contêineres, entre outros (ICTSI RIO BRASIL 1, 2021).

Porto de Santos

Localizado ao longo do estuário de Santos, nas cidades de Santos, Guarujá e Cubatão, no estado de São Paulo, o Complexo Portuário de Santos engloba 53 terminais com 60 berços de atracação, variando o calado máximo para cada berço. A Autoridade Portuária de Santos S.A – empresa pública, vinculada ao Ministério da Infraestrutura – é quem exerce as funções de gestão e fiscalização do porto (SANTOS PORT AUTHORITY, 2021). Em 2020 o Complexo de Santos foi responsável pela movimentação de 117.086.724 toneladas, o que corresponde a aproximadamente 10,16% da movimentação dos portos e terminais brasileiros durante o mesmo ano (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Considerado como o maior porto da América Latina, o Complexo Portuário de Santos é multipropósito, operando diversos tipos de cargas, como granéis sólidos, líquidos, carga geral solta, containerizadas, entre outros; representando assim, segundo a Santos Port Authority (2021), no mínimo 25% do comércio exterior brasileiro. Possui entre os pilares da gestão portuária, o relacionamento porto-cidade como ponto importante para o planejamento estratégico do Porto. Além das partes relacionadas com a sustentabilidade ambiental e segurança pública portuária, esse relacionamento possui também uma dimensão mais ampla de interação com as comunidades do entorno.

Ressalta-se que a participação do Porto de Santos nesta pesquisa considera apenas o cais público, regimentado pela Autoridade Portuária, não havendo participação dos terminais arrendados.

Porto de São Sebastião

Localizado na cidade de São Sebastião (São Paulo), o Porto de São Sebastião é administrado pela Companhia Docas de São Sebastião – empresa vinculada à Secretaria de Estado de Logística e Transporte São Paulo. Responsável por movimentar 798.265 toneladas em 2020 (ANUÁRIO ANTAQ, 2021), o Porto conta com 1 berço de atracação principal, 3 dolphins de amarração e 2 berços internos para embarcações de apoio, com profundidade de até 9,1 metros (PORTO DE SÃO SEBASTIÃO, 2021).

Tem uma configuração natural que o coloca como a terceira melhor região portuária do mundo, segundo Porto de São Sebastião (2021). Tem como seus principais produtos movimentados de importação: barrilha, sulfato de sódio, malte cevada, trigo, produtos siderúrgicos, máquinas e equipamentos, bobinas de fio de aço e cargas gerais. Já na exportação: veículos, peças, máquinas e equipamentos, virtualhas, produtos siderúrgicos e cargas gerais.

Porto de Vitória

Segundo CODESA (2021), o Porto de Vitória possui instalações em ambos os lados do Canal do Porto, o qual é localizado nas cidades de Vitória e Vila Velha (ES). A Autoridade Portuária é realizada pela Companhia Docas do Espírito Santo (CODESA) e o Porto conta com 14 berços, divididos entre Cais Comercial, Capuaba, CPVV, Flexibrás, Paul, Peiú, São Torquato e TVV. Com um canal de acesso de 7,5km de comprimento, 215m de largura, o porto apresentou em 2020, a movimentação portuária de 6.945.828 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Completo 115 anos em março de 2021, o Porto de Vitória surgiu na necessidade de escoamento do café. Atualmente, entre suas principais cargas movimentadas estão: contêineres, café, granito/mármore, produtos siderúrgicos, concentrado de cobre, fertilizantes, automóveis, máquinas e equipamentos, eletrônicos, celulose, trigo e malte, açúcar, graneis líquidos (gasolina, óleo diesel, soda cáustica), etc. O Porto passa pelo processo de desestatização, o que, segundo CODESA (2021), elevará o Porto de Vitória para um novo patamar, no qual se prevê um aumento na “agilidade para a realização de projetos que a iniciativa privada possui, em contraponto com a burocracia e a lentidão enfrentados pelos órgãos públicos”.

4.1.3. Região Nordeste

Porto de Aratu-Candeias

O Porto de Aratu-Candeias faz parte do Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias, e está localizado na Baía de Todos os Santos. Possui 6 berços de atracação, cuja profundidade varia de 12,10 a 16,30m. A empresa responsável pela administração do Porto é a Companhia Docas do Estado da Bahia (SECRETARIA NACIONAL DE PORTOS *et al.*, 2018b). Em 2020, o Porto de Aratu-Candeias movimentou cerca de 6.108.057 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Considerado como um dos mais importantes escoadouros da produção química e petroquímica do Brasil, o Porto de Aratu-Candeias tem uma área de influência estendida a Sergipe, Alagoas, região oeste de Pernambuco e leste de Minas Gerais. Opera com 4 terminais que movimentam granéis sólidos, produtos líquidos e gasosos. Tal estrutura permite que o Porto opere com grande variedade de produtos movimentados simultaneamente. Os principais produtos operados englobam minério de ferro, manganês e cobre, ureia, fertilizantes, nafta, propeno e concentrado de cobre (CODEBA, 2021).

Porto de Cabedelo

Situado no estado da Paraíba, o Complexo Portuário de Cabedelo é composto exclusivamente pelo Porto de Cabedelo, o qual é administrado pela Companhia Docas da Paraíba – empresa do Governo do Estado da Paraíba. O Porto de Cabedelo fica na margem do estuário do Rio Paraíba do Norte, na cidade de Cabedelo (PB). Possui 4 berços de atracação, com profundidade de 11 metros. No ano de 2020, movimentou cerca de 1.126.973 toneladas (PORTO DE CABEDELLO, 2021).

Conquistou em 2020, a terceira posição no Prêmio Portos + Brasil, na categoria margem EBITDA (margem de lucro da empresa), se tornando um dos portos públicos com a gestão mais eficiente do país na avaliação do Ministério da Infraestrutura (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 2020).

Porto de Fortaleza

Administrada pela Companhia Docas do Ceará – empresa pública vinculada ao Ministério de Infraestrutura e a Secretaria Nacional de Portos e Transportes Aquaviários, – o Porto de Fortaleza é localizado no bairro de Mucuripe, na cidade de Fortaleza (CE). Conta com 6 berços de atracação no Cais Comercial (com profundidade máxima de 13m) e mais 2 berços no Píer Petroleiro (com profundidade de 14m) (DOCAS DO CEARÁ, 2021). A movimentação portuária no ano de 2020 foi de 5.211.074 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Conhecido como Porto do Mucuripe, é considerado como detentor de um dos maiores polos trigueiros do país, além de apresentar uma infraestrutura versátil que permite a movimentação de diferentes tipos de mercadorias, tendo como as principais: castanha de caju, cera de carnaúba, metal, tecidos, frutas, trigo, malte, lubrificantes, combustíveis e derivados de petróleo (CEARÁ MARINE PILOTS, 2019).

Porto de Ilhéus

Parte do Complexo Portuário de Ilhéus, o Porto de Ilhéus é administrado pela Companhia Docas do Estado da Bahia. Localizado no município de Ilhéus (BA). O porto conta com cais contínuo de 432m de extensão, contendo dois berços de atracação, os quais possuem calado máximo admissível de 9,3m (MTPA *et al.*, 2018a). Sua movimentação portuária no ano de 2020 foi de 322.095 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

A necessidade de escoar o cacau, fez com que o Porto de Ilhéus fosse construído no ancoradouro na foz do Rio Cachoeira. Depois de tantos anos vinculado ao ciclo do cacau, o Porto de Ilhéus ganhou um novo perfil, principalmente devido ao declínio da cultura cacauzeira. A movimentação de cargas agora inclui soja, milho, amêndoas, óxido de magnésio, concentrado de níquel, peças industrializadas e carga geral. Além disso, tem sido notado um aumento expressivo no crescimento de uma nova atividade: o Porto como operador turístico (CODEBA, 2021).

Porto de Natal

Responsável pela movimentação de 696.895 toneladas no ano de 2020 (ANUÁRIO ANTAQ, 2021), o Porto de Natal é situado à margem direita do Rio Potengi, na cidade de Natal (RN). Conta com a administração da Companhia Docas do Rio Grande do Norte, e possui 3 berços de atracação ao longo do cais de 540m, com profundidade de 11,5m. Além disso, possui um terminal privativo da Petrobrás, o Terminal Petroleiro “Pier das Dunas” (CODERN, 2021).

Com destaque na exportação de frutas, correspondendo a cerca de 60% de toda sua movimentação portuária, o Porto de Natal possui *know how* no manuseio para embarque desse tipo de mercadoria. Ademais, também recebe com regularidade, navios para exportação de sal, importação de trigo e cargas de projeto eólico e industrial (CODERN, 2021).

Porto do Pecém

Parte do Complexo Portuário de Fortaleza e Pecém, o Porto do Pecém é um Terminal de Uso Privado administrado pela Companhia de Desenvolvimento do Complexo Industrial e Portuário do Pecém S.A – empresa vinculada ao Governo do Estado do Ceará. Localizado no município de São Gonçalo do Amarante, o Porto do Pecém conta com 9 berços de atracação, os quais possuem profundidade entre 15,5 e 16,5m (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA,

et al., 2020a). Somente em 2020, o Porto movimentou 15.894.291 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Um dos acionistas do Porto do Pecém, é o Porto de Roterdã. Essa ligação com um porto considerado inteligente, influencia diretamente na implementação de projetos como o HUB de Hidrogênio Verde Pecém – Ceará. Lançado em fevereiro deste ano, pelo Governo do Ceará, Complexo do Pecém, Federação das Indústrias do Estado e Universidade Federal do Ceará, o projeto tem como objetivo a firmação de parcerias estratégias para o desenvolvimento socioeconômico, tecnológico e ambiental. A meta é tornar o Ceará um fornecedor global de hidrogênio verde, contribuindo assim com a redução dos níveis globais de dióxido de carbono (COMPLEXO DO PECÉM, 2021).

Porto de Recife

O Porto de Recife está situado na Ilha do Recife, fazendo parte do Complexo Portuário de Recife e Suape, localizado no estado de Pernambuco. Conta com 10 berços de atracação operantes, com profundidade variadas de 8 a 12m (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA *et al.*, 2019). Administrado pela Porto do Recife S.A. (sociedade mista vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de Pernambuco), o Porto de Recife foi responsável pela movimentação de 1.281.359 toneladas, somente em 2020 (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Em 2020, anunciou o e recebimento de investimentos para realização de obras como dragagem dos berços de atracação, assim como para melhorias na infraestrutura portuária terrestre (pavimentação do cais, drenagem da área do cais, melhoria nas defensas e obras de reforço de estrutura do cais) (PORTOS E NAVIOS, 2020b). Recentemente, o Porto do Recife fechou acordo de cooperação técnica com a Secretaria Estadual de Ciência, Tecnologia & Inovação (Secti), a fim de estimular parcerias em inovação tecnológica através da parceria com as universidades de Pernambuco, com planos para tornar sua instalação um “laboratório vivo” (PORTOS E NAVIOS, 2021c).

Porto de Salvador

Administrado pela Companhia Docas do Estado da Bahia, o Porto de Salvador faz parte do Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias, situado na Baía de Todos os Santos, município de Salvador (BA). O Porto conta com um cais contínuo de 2075m de extensão, divididos em Cais Comercial e Cais do TECON Salvador. Dentre os 10 berços de

atracação, as profundidades variam de 8,1 a 15,7m (SECRETARIA NACIONAL DE PORTOS *et al.*, 2018b). Em 2020, o Porto de Salvador movimentou cerca de 5.173.804 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

O Porto de Salvador desempenha um papel decisivo na economia baiana, com destaque na movimentação de contêineres, cargas gerais, trigo, celulose e frutas. Ao longo dos últimos anos, tem recebido investimentos na sua infraestrutura, como na via que interliga a BR-324, a dragagem do seu canal, a aquisição de novos equipamentos para o Terminal de Contêineres e a modernização da estrutura de recepção de trigo (CODEBA, 2021). Recentemente, a Capitania dos Portos homologou provisoriamente, um novo berço de atracação. O novo trecho do Terminal de Contêineres, nomeado Cais Santa Dulce, faz com seja possível que navios de até 136.000 toneladas de porte bruto e até 366 metros de comprimento, operem no terminal, ampliando a capacidade de movimentação de cargas (PORTOS E NAVIOS, 2021b).

Porto de Suape

Juntamente com o Porto de Recife, o Porto do Suape integra o Complexo Portuário de Recife e Suape. A administração do Porto de Suape é realizada pela empresa SUAPE – Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, empresa pública estadual vinculada ao Governo do Estado de Pernambuco. Possui 13 berços de atracação, sendo somente 1 deles não operacional, contando com profundidades variadas de 15,5 a 18m (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA *et al.*, 2019). Segundo Anuário ANTAQ (2021), o Porto foi responsável pela movimentação portuária de 25.698.583 toneladas ao longo de 2020.

Recentemente, recebeu autorização para receber navios porta-contêineres da classe New Panamax (a de maior dimensão disponível na América Latina), com 366m de comprimento e capacidade para 14 mil TEUs (PORTO DE SUAPE, 2021a). Além disso, assinou um memorando de cooperação com a Argentina, que coloca o Porto de Suape como porta oficial no fluxo de mercadorias que tenham o Nordeste como origem e destino. Com o acordo, o Porto se torna *hub* logístico da Argentina, passando a absorver diretamente toda a carga argentina com destino ao Nordeste (PORTOS E NAVIOS, 2021a).

Com relação a inovação e tecnologia, será desenvolvido nas águas do mar do Porto do Suape a partir de 2021, um equipamento capaz de gerar energia através do movimento das ondas, sem uso de nenhum combustível e sem emissão de gases de efeito estufa (PORTO DE SUAPE, 2021b).

Terminal Salineiro de Areia Branca

O Terminal Salineiro de Areia Branca, mais conhecido como Porto-Ilha de Areia Branca, faz parte do Complexo Portuário de Areia Branca. Localizado no estado do Rio Grande do Norte, na cidade de Areia Branca, o Terminal é administrado pela Companhia Docas do Rio Grande do Norte. Com um cais contínuo de 244m, os dois berços de atracação possuem calado máximo recomendável de 11m (SECRETARIA NACIONAL DE PORTOS *et al.*, 2018a). Em 2020, a movimentação portuária alcançou 3.652.929 toneladas (ANUÁRIO ANTAQ, 2021).

Responsável pelo escoamento da produção de todo o estado, o Terminal Salineiro de Areia Branca se encontra a 14km da costa (em linha reta), em estrutura artificial fincada em mar aberto. Construído em 1974, o chamado Porto Ilha conta com uma localização estratégica de proximidade aos maiores produtores de sal brasileiro, sendo o único terminal específico para escoamento de sal do mundo. Tem como principais destinos, o mercado internacional e as indústrias de cloro brasileiras (CODERN, 2021).

Ainda segundo a referência supracitada, a retirada do sal das barcaças ocorre através de equipamentos mecanizados, no qual o Terminal conta com 3 descarregadores de barcaças, sendo 2 com a capacidade de 350t/h e 1 com 450 t/h. A estocagem do sal ocorre no pátio, o qual possui a capacidade de até 100 mil toneladas.

4.2.PORTOS INTERNACIONAIS

Os portos de Hamburgo e Roterdã foram considerados como portos de referência para o conceito de Portos Inteligentes. Adicionalmente, considerou-se nas análises o Porto de Guaymas, localizado no México, pois este se interessou na presente pesquisa, participando da mesma e possui semelhança com os portos e terminais brasileiros. A seguir, são apresentadas as principais informações sobre os três portos.

Porto de Guaymas

Localizado ao norte do México, o Porto de Guaymas possui capacidade instalada para cerca de 7 milhões de toneladas de carga. Com 6 berços de atracação distribuídos em dois píers de 360 e 900 metros, o porto importa e exporta uma grande variedade de produtos da Europa, Ásia, África e alguns países da América. A administração do porto é realizada pela Administración Portuaria Integral de Guaymas S.A. a qual é a responsável por transformar o

porto mexicano em um centro de negócios de alto rendimento, com capacidade de ofertar a exportadores e importadores, serviço de qualidade sem deixar de ser competitivo (PUERTO DE GUAYMAS, 2019).

Porto de Hamburgo

Conhecido como o “Portal para o Mundo” e como um dos portos mais flexíveis e de alto desempenho do mundo, o Porto de Hamburgo conta quatro terminais de contêineres de última geração, três terminais de cruzeiros e cerca de 50 instalações especializadas em manuseio de ro-ro, carga fracionada e todos os tipos de cargas a granel. São quase 300 berços, por onde passaram cerca de 126,3 milhões de toneladas de carga somente em 2020. Administrado pela Hamburg Port Authority, o Porto de Hamburgo conta com inteligência digital de última geração, garantindo uma operação tranquila e eficiente, além de estarem em constante desenvolvimento e adaptação (PORTO DE HAMBURGO, 2021).

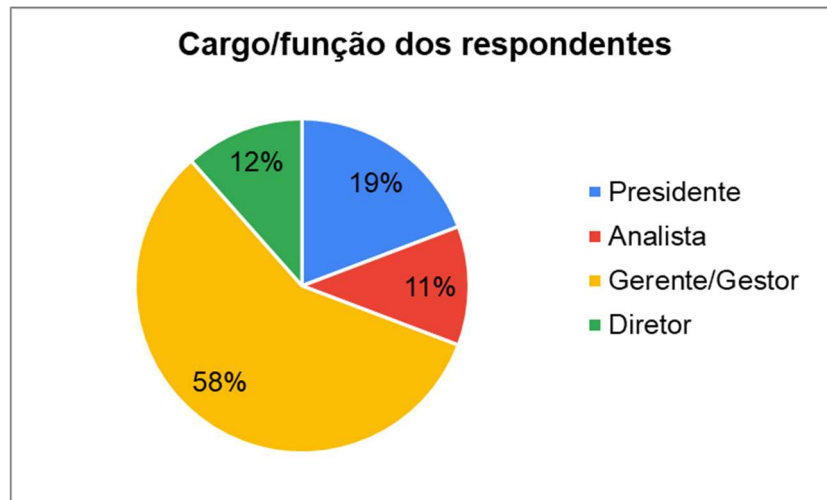
Porto de Roterdã

Considerado o maior porto marítimo da Europa, o Porto de Roterdã conta com uma extensão de 42 km, onde são localizados cerca de 85 terminais. São movimentadas em torno de 300 milhões de toneladas de carga todos os anos pelo porto que conta com a administração da Port of Rotterdam Authority. Possui excelente acesso para receber os navios de alto mar – com canal de profundidade de 24 metros. O Porto de Roterdã gera cerca de 385.000 empregos diretos e indiretos, espalhados por empresas de toda Holanda. É referência quando se trata de *smart ports*, e dita tendências de implementações de tecnologias e práticas inteligentes pelos portos do mundo todo (PORTO DE ROTERDÃ, 2021b).

4.3. RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Em função da abrangência do estudo, não foi possível coletar *in loco* os dados primários referente ao questionário proposto e, portanto, a partir da aplicação do questionário *online* obtiveram-se as respostas que foram compiladas e podem ser observadas nos subtópicos a seguir. No Gráfico 1 são apresentados os cargos ou funções dos respondentes de cada porto/terminal, predominando os cargos de gerente (58%) e de presidente (19%).

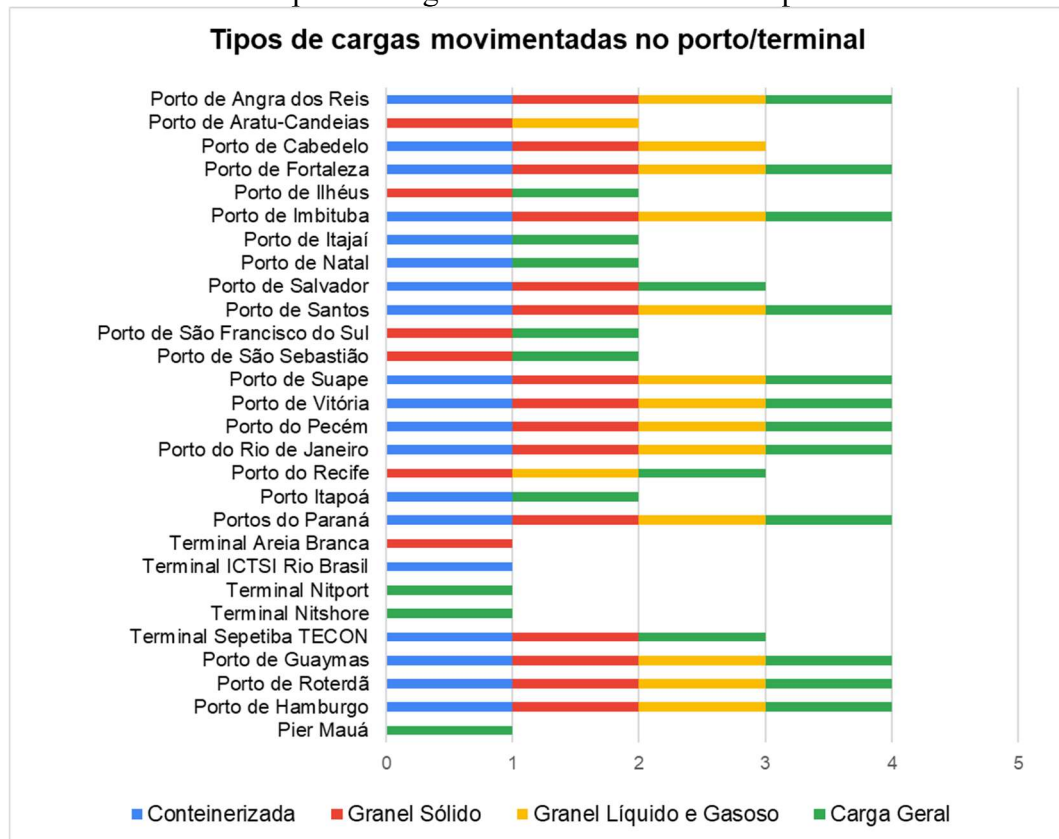
Gráfico 1 – Cargo/função dos respondentes de cada porto/terminal participante da pesquisa



Fonte: Autora (2021)

Iniciando pela identificação de quais tipos de carga cada porto ou terminal opera, o Gráfico 2 apresenta as 4 categorias principais de cargas movimentadas (carga containerizada, granel sólido, granel líquido e gasoso, e carga geral). Do total de respondentes, 66% movimentam contêineres, 71% granel sólido, 43% granel líquido e gasoso e 86% carga geral. Nesse sentido, a análise de implementação de práticas inteligentes pode divergir conforme o tipo de carga operada em cada porto/terminal, tendo em vista que atualmente há um número de soluções/ferramentas significativamente maior para operações de contêiner, quando comparado aos demais tipos de cargas.

Gráfico 2 – Tipos de cargas movimentadas em cada porto/terminal



Fonte: Autora (2021)

Por se tratar de um terminal de passageiros, as respostas do Pier Mauá serão tratadas separadamente. As informações dos Portos de Hamburgo e Roterdã foram obtidas através de um levantamento bibliográfico nos sites e canais oficiais dos mesmos, e serão utilizadas como base para comparação com os portos e terminais brasileiros e o Porto de Guaymas.

4.3.1. Tecnologia

A componente Tecnologia e seus respectivos indicadores relacionados à subcomponente Ativos Virtuais, são apresentados no Gráfico 3. Quanto ao armazenamento de dados, havia 4 opções de respostas: armazenamento em nuvem, em computador pessoal, em pastas compartilhadas e em papel – podendo ser assinalada mais que uma opção quando for o caso. Dos 28 portos/terminais participantes, 75% utilizam o armazenamento de dados em nuvem, 86% possuem armazenamento em pastas compartilhadas, 39% utilizam o computador pessoal para armazenar os dados, e 54% utilizam o papel.

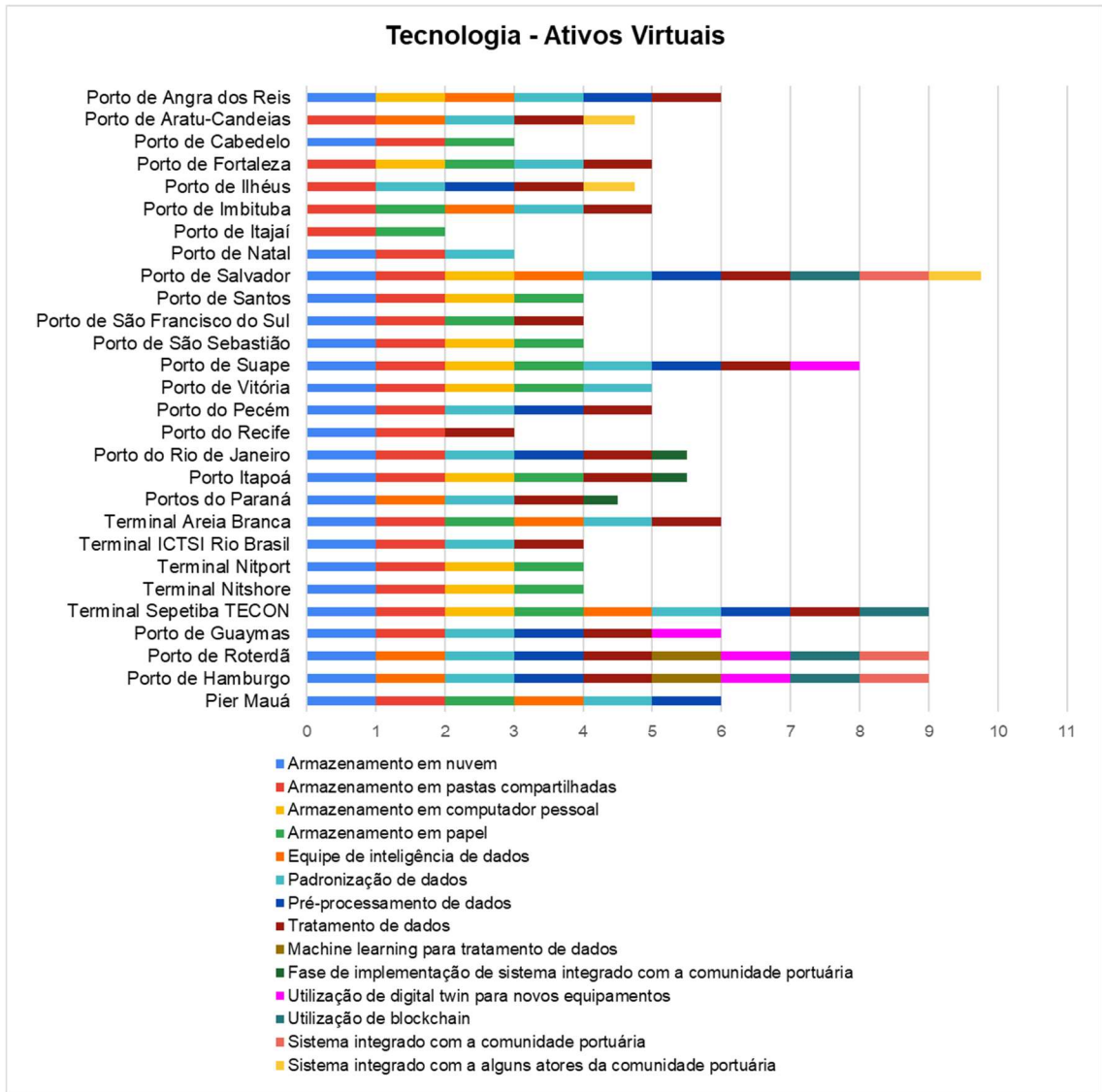
Quanto ao questionamento sobre o porto/terminal possuir uma equipe de inteligência de dados, somente 36% responderam afirmativamente. Ainda com relação aos dados, 68% dos

portos/terminais participantes realizam a padronização de dados, e o pré-processamento dos dados é realizado por 39%. Já com relação ao tratamento de dados, 68% dos respondentes afirmaram que realizam esse processo, porém nenhum utiliza o *machine learning*. Somente os portos de Roterdã e Hamburgo utilizam o *machine learning* no tratamento de dados, correspondendo a 7% dos respondentes.

Com relação a sistemas de integração com a comunidade portuária (como o *Port Community Systems*), 11% dos portos/terminais respondentes afirmaram estar em fase de implementação do sistema, 11% já possuem o sistema com participação de alguns atores portuários, e 11% já possuem o sistema implementado e com todos os *players* conectados. Quanto à utilização de *digital twin* ou de protótipos virtuais sincronizados, 14% dos respondentes afirmaram que utilizam. Por fim, a utilização de *blockchain* em algum processo é feita por 14% dos portos/terminais participantes da pesquisa.

Destaque para o Porto de Salvador, o qual, dentre os portos/terminais brasileiros, contemplou o maior número de tecnologias avaliadas. Vale ressaltar, que em relação ao armazenamento de dados, é importante que os portos busquem eliminar o armazenamento em papel, afinal, um porto inteligente é um porto digitalizado. Assim como para o armazenamento em nuvem, é considerado fundamental que a empresa possua um sistema de proteção de dados eficiente.

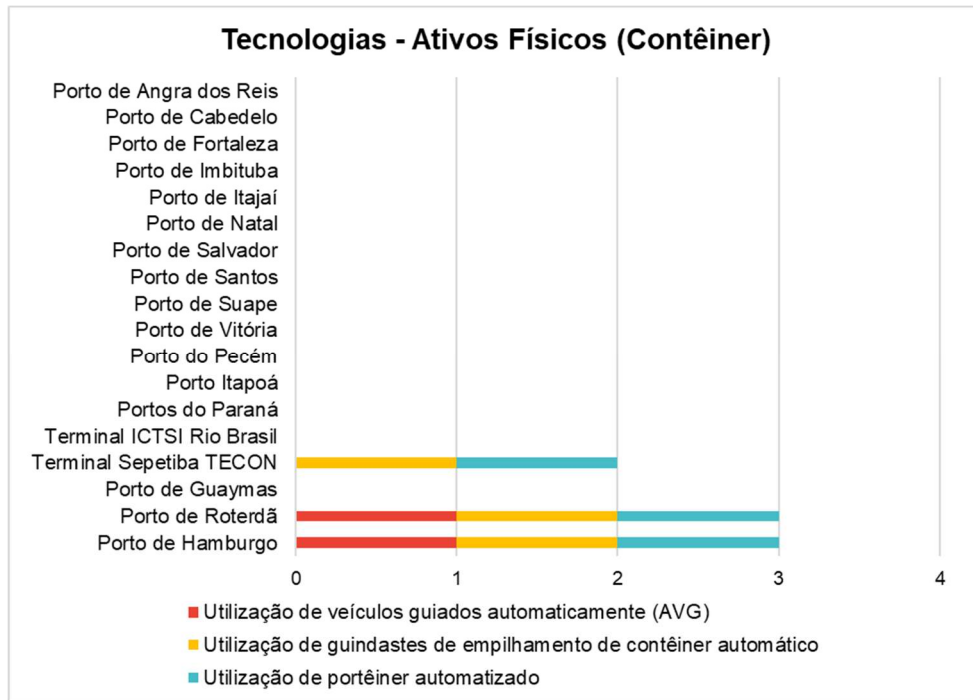
Gráfico 3 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Tecnologia - Ativos Virtuais



Fonte: Autora (2021)

O Gráfico 4 e o Gráfico 5 apresentam as respostas obtidas às perguntas relacionadas aos indicadores do componente Tecnologias – Ativos Físicos. Como existem indicadores relacionados diretamente à movimentação de contêineres, no Gráfico 4, os mesmos são exibidos considerando somente os portos e terminais que operam esse tipo de carga. A utilização de veículos guiados automaticamente (AVG) é notada somente nos portos de Hamburgo e Roterdã. Com relação a guindastes de empilhamento de contêiner automático e portêiner automatizado, somente o Terminal Sepetiba TECON, e os portos de Hamburgo e Roterdã utilizam dessa tecnologia.

Gráfico 4 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Tecnologia
- Ativos Físicos aplicados à terminais de contêiner

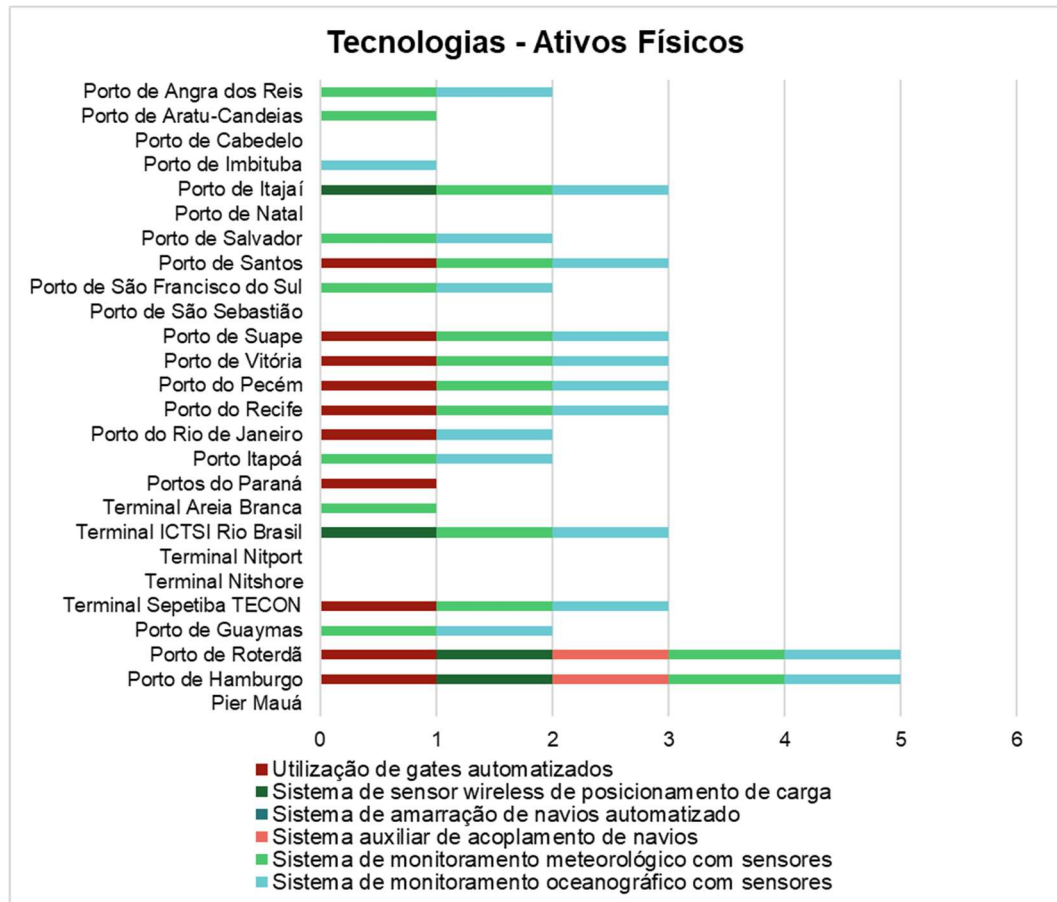


Fonte: Autora (2021)

Já no Gráfico 5, são exibidos os resultados de todos os portos e terminais, por se tratar de tecnologias aplicáveis a terminais de distintos tipos de cargas. Com relação a possuir *gate(s)* automatizado(s), 36% dos portos/terminais responderam afirmativamente. O posicionamento de cargas através de sensores *wireless* é notado apenas em 4 portos/terminais (Porto de Itajaí e Terminal ICTSI Rio Brasil 1 e nos portos de referência, Hamburgo e Roterdã), o que corresponde a 14% dos respondentes.

O sistema de monitoramento meteorológico com sensores é encontrado em 61% dos portos/terminais respondentes; a mesma porcentagem é notada com relação ao sistema de monitoramento oceanográfico com sensores. Não foi detectado nenhum porto/terminal que possua a tecnologia de amarração de navios automatizado. Já com relação ao sistema auxiliar de acoplamento de navios, somente os portos de Hamburgo e Roterdã contam com essa tecnologia.

Gráfico 5 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Tecnologia
- Ativos Físicos



Fonte: Autora (2021)

4.3.2. Meio Ambiente e Sustentabilidade

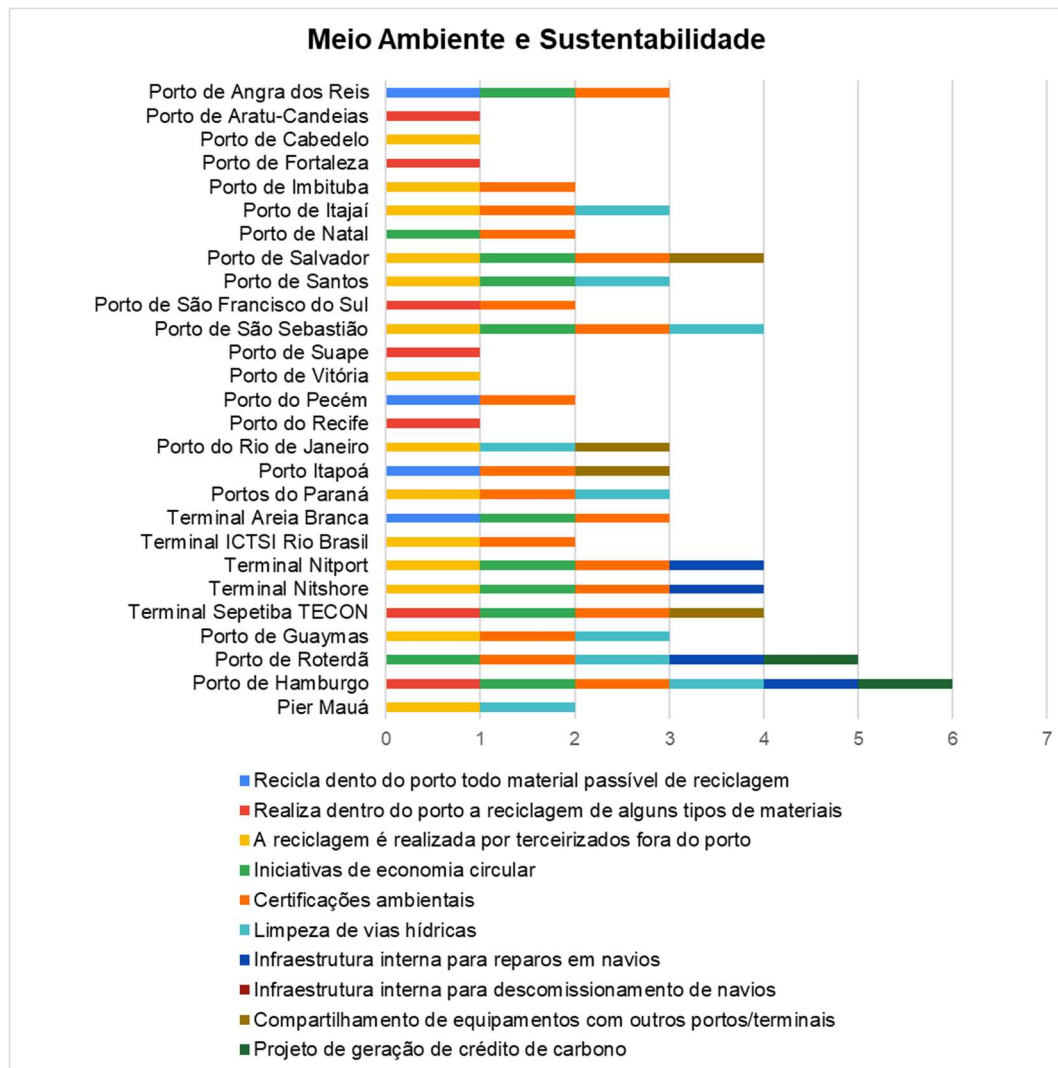
Com relação aos indicadores relacionados ao componente Meio Ambiente e Sustentabilidade, tem-se no Gráfico 6 as respostas dos portos e terminais investigados. Iniciando pela questão de reciclagem dos resíduos gerados nos portos, cerca de 14% reciclam dentro do porto todo o material passível de reciclagem, 29% reciclam somente alguns tipos de materiais que podem ser reciclados, 50% encaminham a empresas terceirizadas para que seja reciclado fora do porto, e 4% dos portos não realizam a reciclagem. Com relação a reciclagem no porto de Roterdã, não foi encontrada a informação de como a mesma é realizada, logo, não foi contabilizada em nenhuma das opções.

Iniciativas de economia circular são praticadas em 39% dos portos e terminais. Dos 23 respondentes, 64% possuem certificações ambientais, sendo citada 7 vezes a ISO 14001-2015, além de respostas únicas como CONAMA 306, Responsabilidade Sócio-Ambiental pela Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina, Ecoports, ISO 9001, A3P e licença

operacional. A respeito da limpeza das vias hídricas, somente 4 portos e terminais realizam, o que corresponde a cerca de 32% dos respondentes.

Quanto ao porto/terminal possuir uma infraestrutura interna para reparos em navios, além dos portos de Roterdã e Hamburgo, somente os terminais Nitport e Nitshore responderam afirmativamente, e nenhum porto/terminal possui infraestrutura para proporcionar o serviço de descomissionamento de embarcações. O compartilhamento de equipamentos com outros portos e terminais é realizado por 14% dos respondentes, não sendo encontrada essa informação sobre o Porto de Roterdã, nem Hamburgo. Já o projeto de geração de crédito de carbono é realizado somente pelos portos de referência, não sendo adotado por nenhum porto/terminal brasileiro.

Gráfico 6 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas ao Meio Ambiente e Sustentabilidade



Fonte: Autora (2021)

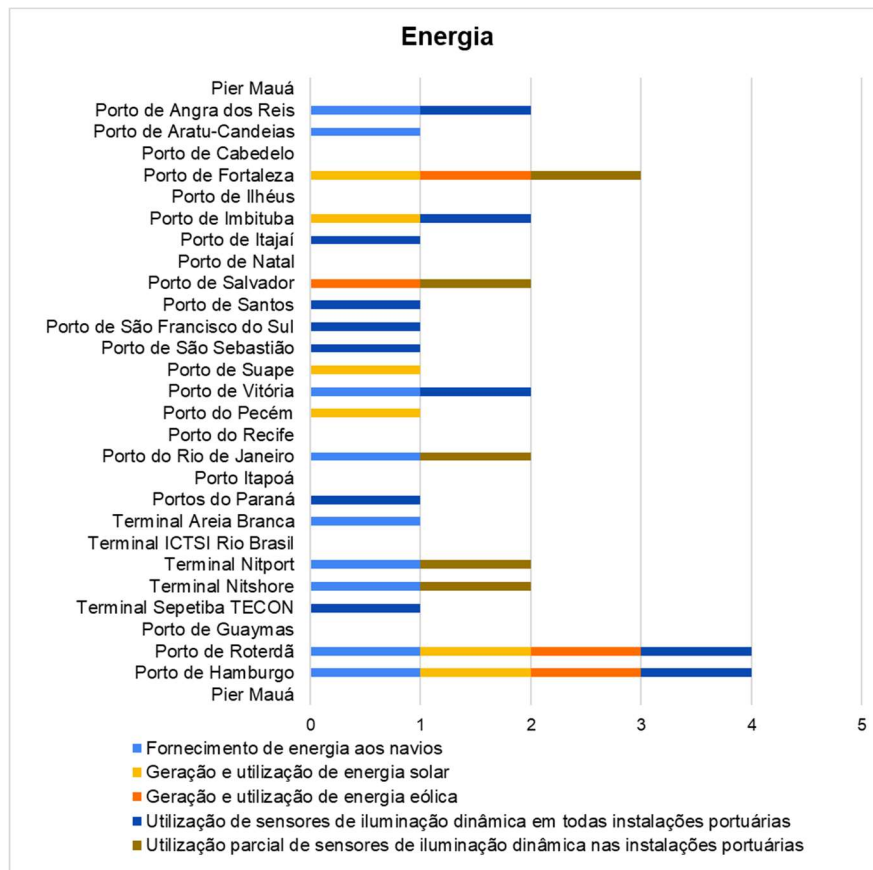
4.3.3. Energia

O fornecimento de energia aos navios é realizado por 32% dos portos e terminais. O baixo índice é consequência de alguns fatores: o alto custo para implementação desse tipo de sistema, além da não existência de um padrão de sistema – o que implica que nem todo navio que possui um sistema de recebimento de energia, seja compatível ao fornecido pelo porto.

Com relação a geração e utilização da energia solar, apenas o Porto de Hamburgo, Roterdã, Porto do Pecém, Suape, Imbituba e Fortaleza responderam afirmativamente, o que corresponde a 21% dos respondentes. O número é ainda menor quando se trata de energia eólica, sendo gerada e utilizada nos portos de Hamburgo, Roterdã, Fortaleza e Salvador, o que corresponde a 14%.

A utilização de sensores de iluminação dinâmica em todas as instalações portuárias ocorre em 39% dos portos e terminais respondentes, e em 18%, ocorre a utilização parcial desses sensores, como por exemplo, em somente alguns setores do porto. No Gráfico 7 são apresentados os resultados da investigação quanto ao componente Energia.

Gráfico 7 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Energia



Fonte: Autora (2021)

4.3.4. Segurança e Cibersegurança

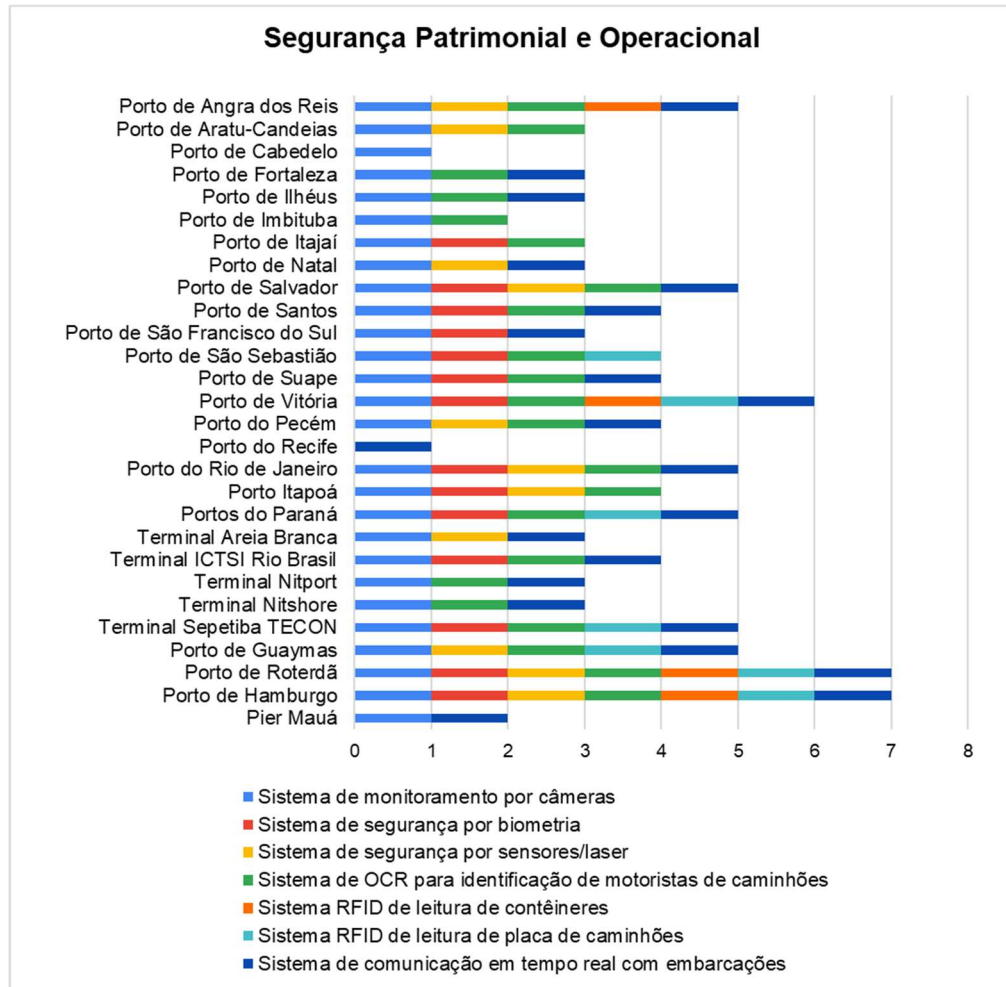
Devido ao componente Segurança e Cibersegurança possuir 4 áreas (segurança patrimonial, cibersegurança, segurança operacional e segurança ambiental), dividiu-se os resultados obtidos com o questionamento, em 2 gráficos. O Gráfico 8 restringe-se à Segurança Patrimonial e à Operacional, já o Gráfico 9, ilustra dados sobre Segurança Ambiental e Cibersegurança.

Iniciando pela segurança patrimonial, nota-se que a grande maioria (cerca de 96%) dos portos e terminais possui monitoramento com câmeras, já o sistema de segurança por laser e/ou sensores, é aderido por cerca de 39% dos mesmos. O sistema de segurança por biometria é utilizado por aproximadamente 50% dos respondentes, e a identificação dos motoristas de caminhão através de sistema OCR já funciona em 78% dos portos e terminais.

A leitura de contêineres pelo sistema de RFID é possível em 4 portos: Hamburgo, Roterdã, Angra dos Reis e Vitória. Já o sistema de RFID para leitura das placas de caminhões, é empregado em cerca de 25% dos portos e terminais. O sistema de comunicação em tempo real com as embarcações é aderido por 79% dos respondentes.

Com relação à Segurança Operacional, 74% dos portos contam com um sistema de comunicação em tempo real com as embarcações, 26% possuem sistema de rastreamento de cargas e 4% contam com a rastreabilidade de somente determinados tipos de carga.

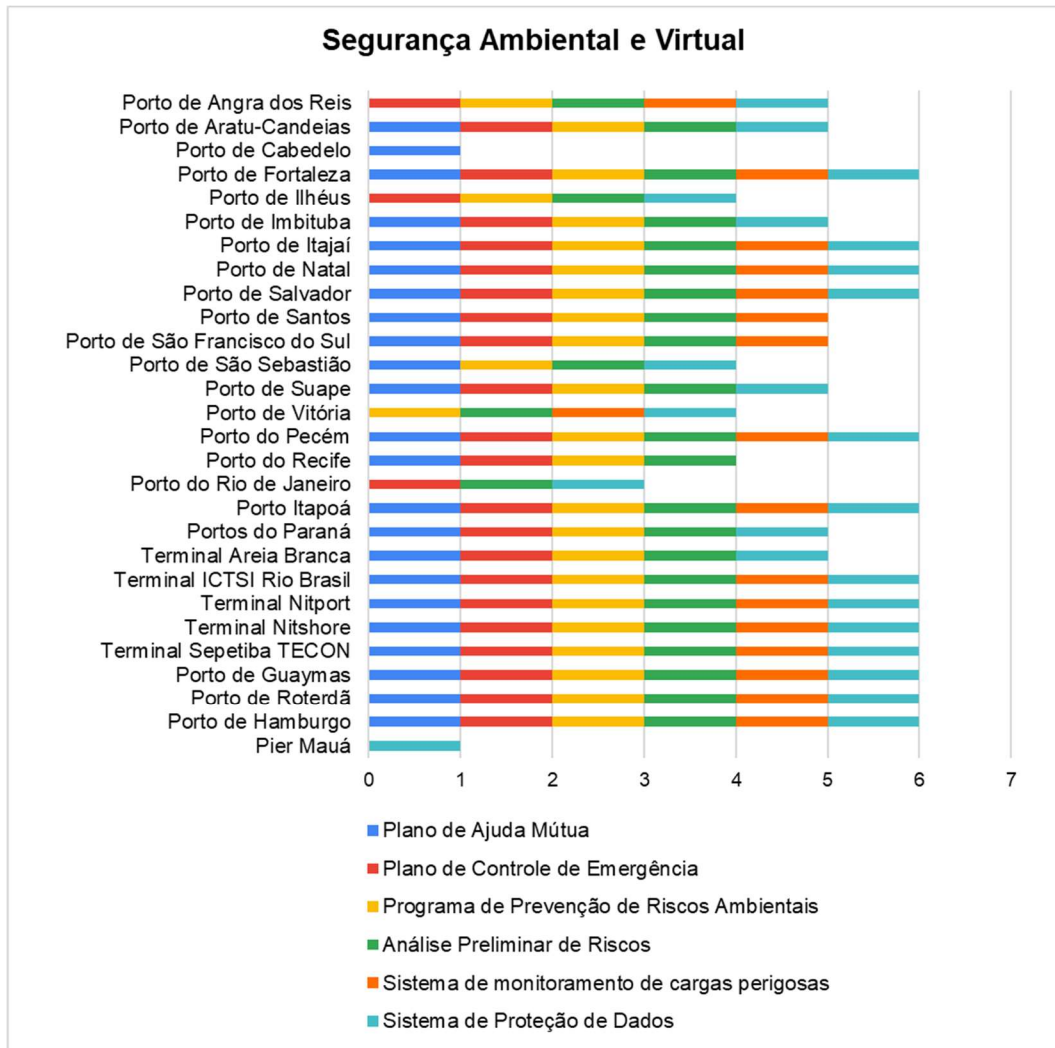
Gráfico 8 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Segurança Patrimonial e Operacional



Fonte: Autora (2021)

Já com relação a Segurança Ambiental, o Plano de Ajuda Mútua é desenvolvido por cerca de 82% dos portos, e no Plano de Controle de Emergência, 86%. O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais conta com 89%, e a Análise Preliminar de Riscos possui a adesão de 93% dos respondentes, enquanto o sistema de monitoramento de cargas perigosas é implementado em 61% dos portos e terminais. Vale ressaltar que, para os portos internacionais, foram encontrados planos e programas que tivessem semelhança com os mesmos que foram abordados na pesquisa (propostos pela ANTAQ). Por fim, em se tratando de Cibersegurança, aproximadamente 86% dos portos e terminais responderam afirmativamente para a utilização de sistema de proteção de dados.

Gráfico 9 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Segurança Ambiental e Virtual



Fonte: Autora (2021)

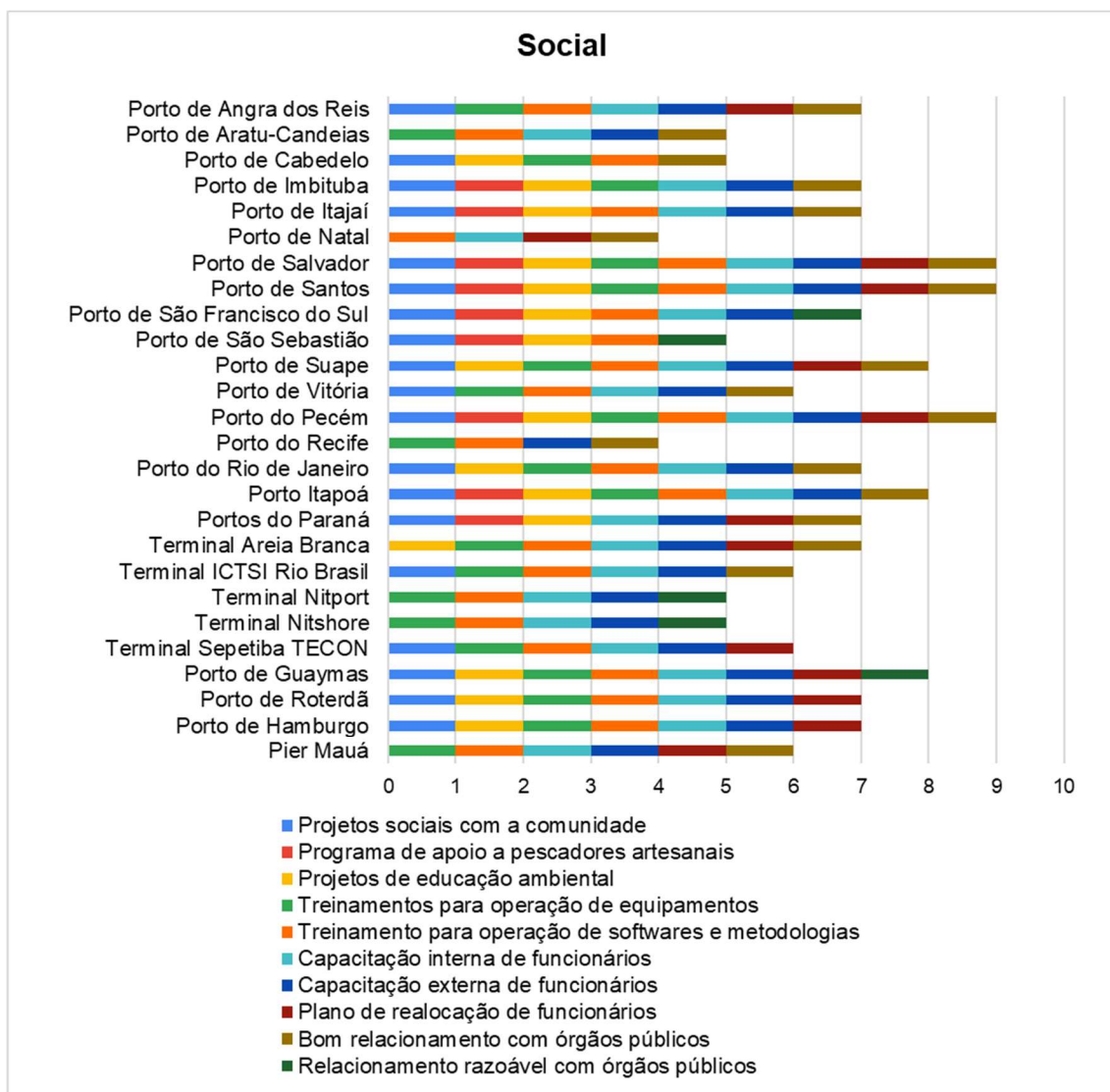
4.3.5. Social

No componente Social, são abordadas temáticas internas e externas ao porto. Iniciando pela relação externa, 75% dos portos possuem projetos sociais com a comunidade. O programa de apoio a pescadores artesanais é uma iniciativa de pelo menos 39% dos portos e terminais, sendo que não foram encontrados programas semelhantes para os portos de Hamburgo e Roterdã. Já os programas de educação ambiental, estão presentes em 64% dos respondentes.

No ambiente interno do porto/terminal, os treinamentos e capacitações dos funcionários podem ser divididos em quatro tópicos: o primeiro trata-se de treinamento para operação de equipamentos, onde 79% dos portos responderam que realizam essa prática; o segundo, com relação ao treinamento para operação de *softwares* e metodologias alcançou 93%

das respostas afirmativas; na capacitação interna e capacitação externa de funcionários, obteve-se 89%. O plano de realocação de funcionários em caso de implementações de novas tecnologias e automatizações de processos é realizado em 46% dos portos e terminais. Por fim, o 71% dos respondentes afirmaram possuir um bom relacionamento com os órgãos públicos, e 18% afirmaram ter um relacionamento razoável com os mesmos; essa resposta não foi obtida para os portos de Roterdã e Hamburgo. Tais resultados podem ser observados no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas ao componente Social



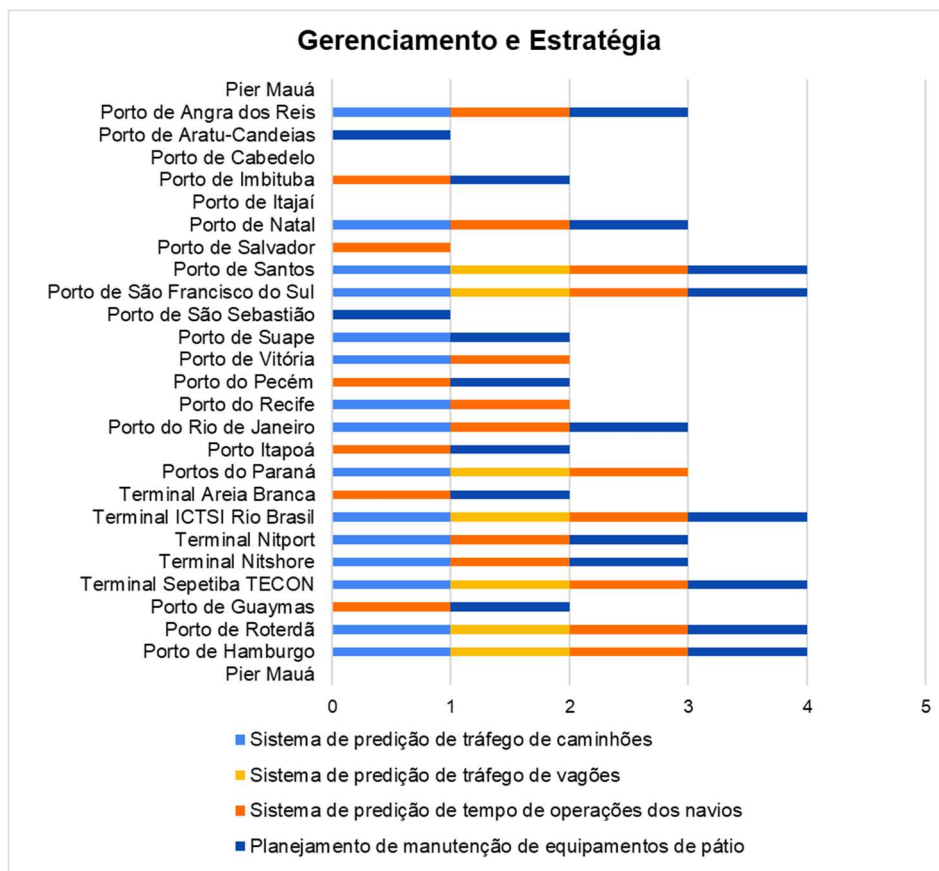
Fonte: Autora (2021)

4.3.6. Gerenciamento e Estratégia

Com relação ao componente de Gerenciamento e Estratégia, dentre os portos e terminais participantes da pesquisa, 54% responderam possuir um sistema de predição de tráfego de caminhões, enquanto para o sistema de predição de tráfego de vagões, já se esperava um valor menor de adoção devido ao fato de nem todos os portos e terminais contarem com o sistema ferroviário integrado às suas instalações, logo, somente 25% responderam afirmativamente.

Para o sistema de predição de tempo de operações de navios, aproximadamente 71% dos respondentes afirmaram utilizar esse tipo de sistema. Por fim, a mesma porcentagem foi observada na resposta do indicador sobre planejamento de manutenção de equipamentos de pátio, afirmando a realização de tais planejamentos. Desse modo, no Gráfico 11 são apresentados os resultados referentes ao componente Gerenciamento e Estratégia.

Gráfico 11 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas ao Gerenciamento e Estratégia



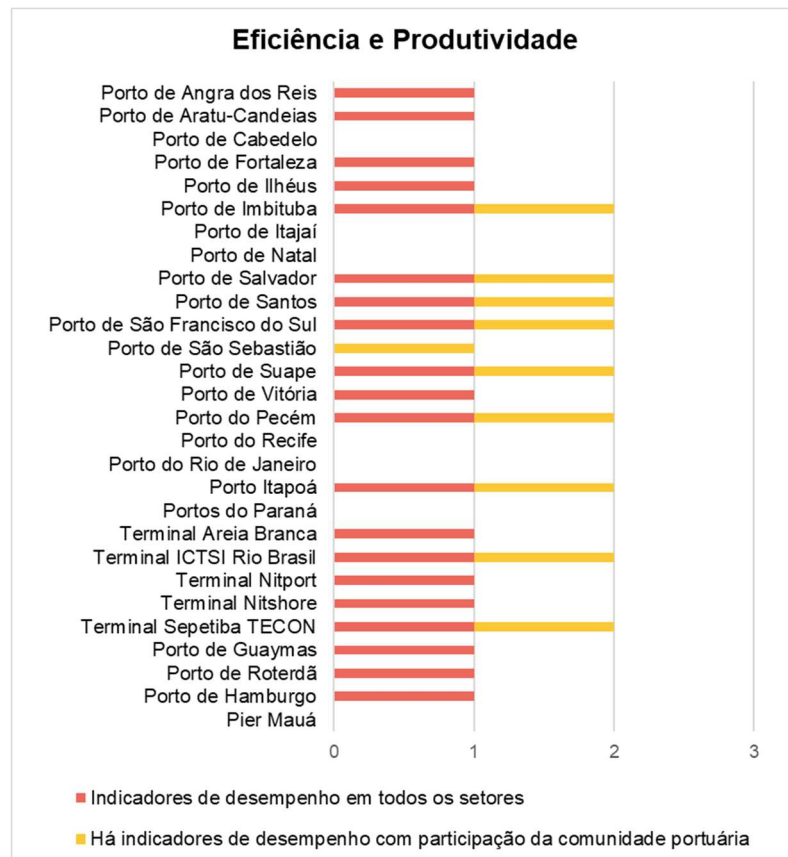
Fonte: Autora (2021)

4.3.7. Eficiência e Produtividade

A respeito dos dois indicadores sobre eficiência e produtividade, percebe-se que a grande maioria dos portos e terminais participantes da pesquisa (cerca de 71%), possuem indicadores de desempenho em todos os setores portuários. Os portos de Suape e Pecém relataram possuir indicadores em diversos setores, mas não em todos. No Gráfico 12, são apresentadas as respectivas respostas.

Com relação à participação da comunidade portuária em algum indicador de desempenho, 36% dos respondentes responderam afirmativamente. As ações relacionam-se à comunicação (quanto à realização de visitas para à comunidade, eventos, destinação de orçamento para projetos sociais), taxa de sucesso dos programas socioambientais do porto, indicadores de satisfação do cliente (NPS), Índice de Relacionamento Porto-Cidade e Índice de Desempenho Ambiental. Como essa informação não pode ser confirmada pelos portos de Hamburgo e Roterdã, os mesmos não foram contabilizados.

Gráfico 12 – Investigação de implementação de práticas inteligentes relacionadas à Eficiência e Produtividade



Fonte: Autora (2021)

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Para fins de análise foram realizados comparativos entre portos e terminais que movimentam o mesmo tipo de carga, separando-os através de faixas de TEUs e/ou toneladas movimentadas, buscando uma semelhança para comparação entre os mesmos. Na sequência foi investigada, em cada porto/terminal, a adoção de práticas inteligentes implementadas para cada um dos 7 componentes considerados neste estudo. Como o componente Tecnologia foi subdividido em Ativos Virtuais e Ativos Físicos, totalizaram-se 8 elementos nos gráficos de análise, ao incluir os demais 6 componentes: Meio Ambiente e Sustentabilidade, Energia, Segurança e Cibersegurança, Gerenciamento e Estratégia, Social, e Eficiência e Produtividade.

Ao final de cada subtópico, é apresentada uma análise geral entre todos os portos/terminais movimentadores de um determinado tipo de carga em função da sua movimentação, onde são descritas as porcentagens de práticas inteligentes implementadas em cada componente. É apresentado em seguida, um *ranking* dos portos e terminais movimentadores de cada tipo de carga, baseado nas porcentagens das práticas inteligentes implementadas dos componentes, assim como uma média dessas porcentagens por componente.

Em todas as análises, utilizou-se como referência os portos Roterdã (Holanda), e o de Hamburgo (Alemanha), por apresentarem destaque mundial em relação ao número de práticas inteligentes implementadas. Algumas análises com relação a taxa de crescimento dos portos/terminais são comentadas ao final do capítulo.

Os dados das movimentações portuárias do Porto de Guaymas (México) em 2017 e 2018 não foram encontrados, logo a média de movimentação portuária foi baseada no ano de 2019, tendo em vista que 2020 foi um ano atípico. O mesmo entrará nas análises conforme sua movimentação portuária, assim como os portos e terminais brasileiros.

5.1. PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE CONTÊINER

Na Tabela 1 são listados os portos e terminais que movimentam contêiner, com suas respectivas movimentações de TEUs de 2017 a 2020. Além da porcentagem de crescimento de um ano para o outro, é ilustrada a média anual de movimentação de TEUS no período citado. Para este mesmo período de análise não foram observadas movimentações de contêineres no Porto de Cabedelo e Porto de Angra dos Reis, dessa forma, os mesmos não foram incluídos nessa análise. O Porto de Angra dos Reis passa por uma fase de reestruturação de gestão,

incluindo mudança no tipo de operação, com projeto de apoio às plataformas de exploração dos novos poços de petróleo da Bacia de Santos (PORTOS E NAVIOS, 2020a).

Tabela 1 – Divisão dos portos e terminais conforme média de TEUs/ano

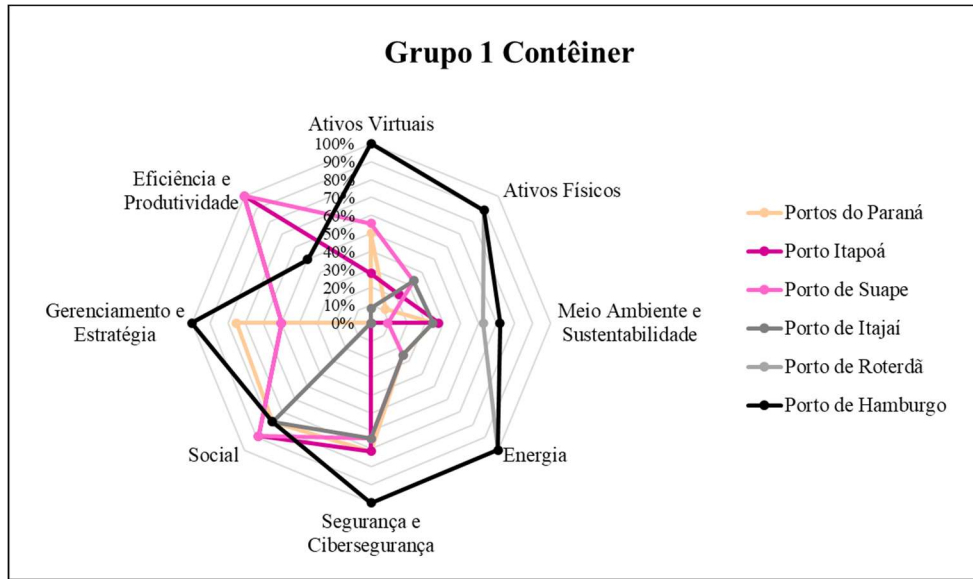
CONTÊINER										
Grupo	Porto/Terminal	2017 [TEUs]	2018 [TEUs]	crescimento	2019 [TEUs]	crescimento	2020 [TEUs]	crescimento	média [mil TEUs/ano]	
Referência	Porto de Roterdã	13.734.334	14.512.661	↑ 5,36%	14.821.497	↑ 2,08%	14.349.446	↓ -3,29%	14.354	
Referência	Porto de Hamburgo	8.800.000	8.800.000	↑ 0,00%	9.200.000	↑ 4,35%	8.600.000	↓ -6,98%	8.850	
G1 CT	Portos do Paraná	752.250	765.785	↑ 1,77%	865.110	↑ 11,48%	925.157	↑ 6,49%	827	
	Porto Itapoá	592.304	634.197	↑ 6,61%	735.139	↑ 13,73%	712.646	↓ -3,16%	669	
	Porto de Suape	460.469	454.721	↓ -1,26%	476.306	↑ 4,53%	484.171	↑ 1,62%	469	
	Porto de Itajaí	224.546	405.692	↑ 44,65%	523.916	↑ 22,57%	537.244	↑ 2,48%	423	
G2 CT	Porto de Salvador	301.129	310.225	↑ 2,93%	323.645	↑ 4,15%	327.529	↑ 1,19%	316	
	Porto do Pecém	209.204	269.621	↑ 22,41%	340.352	↑ 20,78%	375.139	↑ 9,27%	299	
	Term. Sepetiba TECON	282.682	366.206	↑ 22,81%	253.987	↓ -44,18%	204.526	↓ -24,18%	277	
	Porto de Vitória	195.243	210.459	↑ 7,23%	226.596	↑ 7,12%	222.198	↓ -1,98%	214	
	Term. ICTSI Rio Brasil I	115.159	136.403	↑ 15,57%	171.009	↑ 20,24%	177.666	↑ 3,75%	150	
G3 CT	Porto de Fortaleza	74.553	99.724	↑ 25,24%	66.086	↓ -50,90%	47.873	↓ -38,04%	72	
	Porto de Imbituba	49.453	84.885	↑ 41,74%	58.887	↓ -44,15%	51.814	↓ -13,65%	61	
	Porto de Natal	57.606	49.592	↓ -16,16%	46.688	↓ -6,22%	47.218	↑ 1,12%	50	
	Porto de Guaymas	x	x		13.916		12.589	↓ -10,54%	14	
	Porto de Santos	20.509	24.713	↑ 17,01%	3.075	↑ -703,67%	1.922	↓ -59,99%	13	
	Porto do Rio de Janeiro	502	292	↓ -71,92%	6.258	↑ 95,33%	407	↓ -1437,59%	2	

Fonte: Adaptado de Anuário ANTAQ (2021), Porto de Hamburgo (2021), Porto de Roterdã (2021b) e Porto de Guaymas (2021)

Os portos que tiveram maior movimentação durante o período citado são apresentados no Grupo G1 CT, os quais fazem parte da primeira análise, demonstrada no Gráfico 13. De modo geral, quando feita a comparação entre esse grupo, é notório um déficit dos portos nacionais no componente tecnológico (principalmente se tratando de Ativos Físicos). Os Portos do Paraná apresentaram 11% das práticas inteligentes implementadas, enquanto o Porto Itapoá conta com 22%, o Porto de Suape e Itajaí com 33%.

Tendo em vista que as tecnologias que vem sendo desenvolvidas costumam ser direcionadas aos portos movimentadores de contêiner, torna-se fundamental que os portos brasileiros invistam em projetos de implementação dessas tecnologias a fim de se modernizarem. Os portos de referência (Roterdã e Hamburgo) alcançam a taxa de 89% das práticas inteligentes levantadas no presente estudo, sendo a única prática não implementada, a utilização de sistemas automatizados de amarração de navios – informação tal qual não foi encontrada.

Gráfico 13 – Análise comparativa do Grupo G1 CT



Fonte: Autora (2021)

Da mesma maneira, nos portos brasileiros as questões energéticas, ambientais e sustentáveis também apresentaram baixos níveis de implementação de práticas inteligentes, quando comparados aos portos de referência (Porto de Roterdã e Porto de Hamburgo). Portos do Paraná, Suape e Itajaí apresentaram 25% das práticas implementadas no componente Energia, enquanto Itapoá não contemplou nenhuma prática. Já no Meio Ambiente e Sustentabilidade, a maior taxa de implementação foi observada no Porto Itapoá (38%) seguido pelos portos do Paraná e Itajaí com 34%, e Suape com somente 9%.

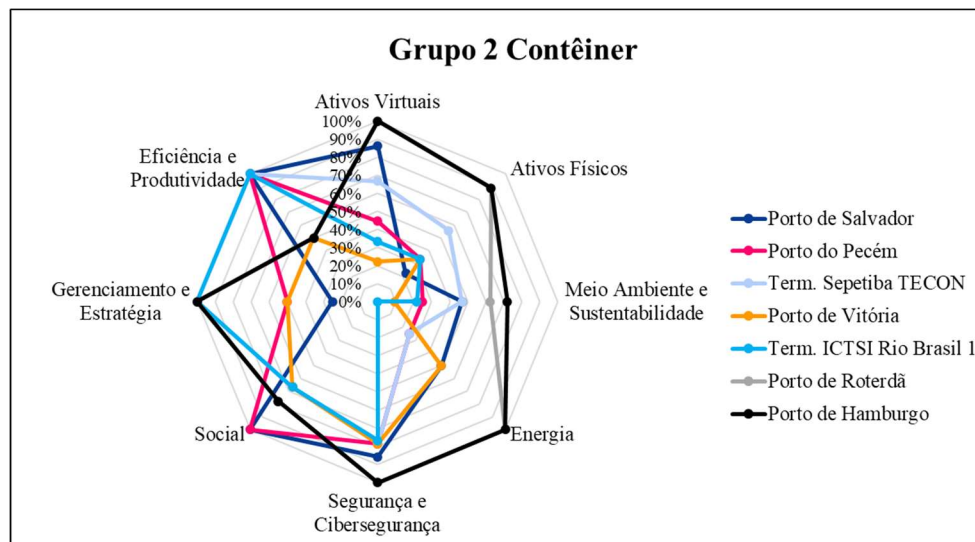
Já o componente social, obteve o maior número de práticas implementadas (Portos do Paraná e Itajaí com 78% e Itapoá e Suape com 89%), se assemelhando aos portos de referência (Hamburgo e Roterdã com 78%).

Destaque para os portos de Suape e Itapoá no componente Eficiência e Produtividade, os quais obtiveram 100% dos indicadores propostos implementados. Em termos do componente Segurança e Cibersegurança, os portos do Paraná e Itapoá alcançaram 71% das práticas inteligentes implementadas, já Suape e Itajaí, 64%.

Os Portos do Paraná contam com uma grande parte (75%) das ferramentas abordadas nos indicadores específicos do componente Gerenciamento e Estratégia, no entanto, é o único respondente deste grupo que não obteve pontuação no quesito Eficiência e Produtividade – isso por não possuir indicadores de desempenho em todas as áreas e por não ter participação da comunidade portuária em algum dos indicadores.

O Grupo G2 CT, composto pelos portos de Salvador, Pecém, Vitória e pelos terminais Setpetiba TECON e ICTSI Rio Brasil 1, apresentam movimentação portuária intermediária entre os portos e terminais respondentes movimentadores de contêiner, podendo ser realizada a comparação entre eles através do Gráfico 14.

Gráfico 14 – Análise comparativa do Grupo G2 CT



Fonte: (Autora, 2021)

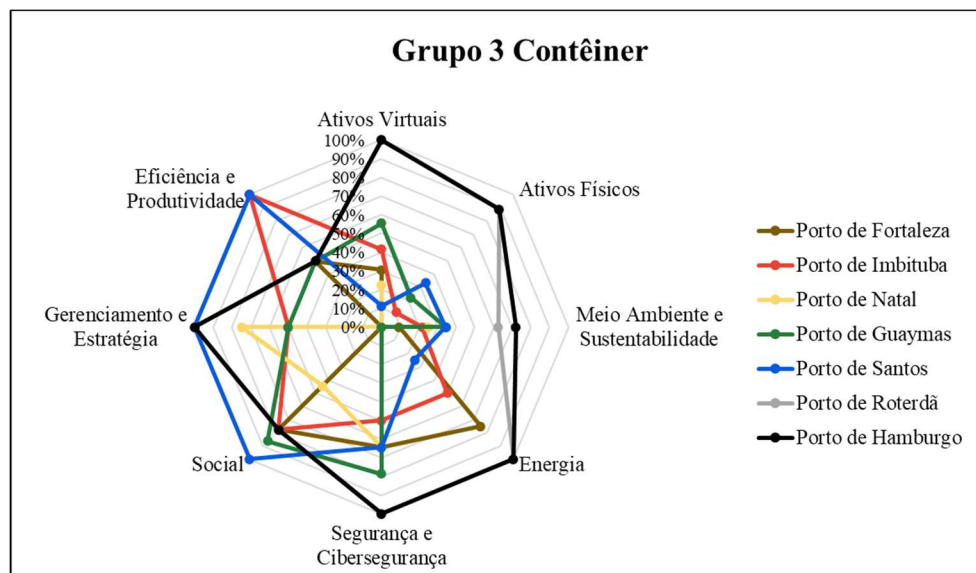
O Terminal Setpetiba TECON apresenta somente um componente com baixa pontuação (Energia, com 25%) ademais, todos os outros componentes tiveram resultados próximos ou acima dos 50%: Ativos Virtuais (67%), Ativos Físicos (56%), Meio Ambiente e Sustentabilidade (47%), Social (67%), Segurança e Cibersegurança (79%), Gerenciamento e Estratégia (100%), e Eficiência e Produtividade (100%).

Já o Terminal ICTSI Rio Brasil 1, demonstrou excelente resultados em alguns componentes, como Segurança e Cibersegurança (77%), Social (67%), Gerenciamento e Estratégia (100%), Eficiência e Produtividade (100%) e baixo desempenho em Energia (0%), Meio Ambiente e Sustentabilidade (22%), assim como em relação as tecnologias (Ativos Físicos e Virtuais, 33%). O Porto de Vitória foi o que apresentou a menor taxa de implementação de práticas inteligentes em 3 dos 8 os componentes (Meio Ambiente e Sustentabilidade com 9%, Ativos Virtuais com 22% e Ativos Físicos com 33%), sendo que somente 2 componentes (Segurança e Cibersegurança, e Social) obtiveram mais que 50% dos indicadores específicos incluídos afirmativamente para a adesão das práticas inteligentes, tendo esses 79% e 67%, respectivamente.

O Porto de Salvador, apresenta um desequilíbrio entre os componentes, obtendo excelentes resultados em determinados componentes (como Eficiência e Produtividade e Social com 100%, Segurança e Cibersegurança e Ativos Virtuais com 86%) e em outras, baixas ou nenhuma adesão (principalmente dos componentes Ativos Físicos (22%) e Gerenciamento e Estratégia (25%)). Do mesmo modo, o Porto do Pecém também possui grandes diferenças entre as implementações de práticas inteligentes dependendo do componente. Destaque positivo para o seu desempenho nos componentes Social e Eficiência e Produtividade, ambas com todas as práticas inteligentes implementadas. Entre os componentes que devem possuir mais atenção por parte dos gestores portuários por parte do Porto do Pecém, estão Energia e Meio Ambiente e Sustentabilidade, ambos com 25%.

O comparativo entre os participantes do Grupo G3 CT, composto pelos portos de Fortaleza, Imbituba, Natal, Santos e Guaymas, pode ser observado no Gráfico 15. Vale ressaltar que apesar de tratar-se dos portos que contam com a menor movimentação portuária de contêiner dentre os respondentes desta pesquisa, para o caso do Porto de Santos, está sendo considerado somente a movimentação realizada pelo cais público.

Gráfico 15 – Análise comparativa do Grupo G3 CT



Fonte: Autora (2021)

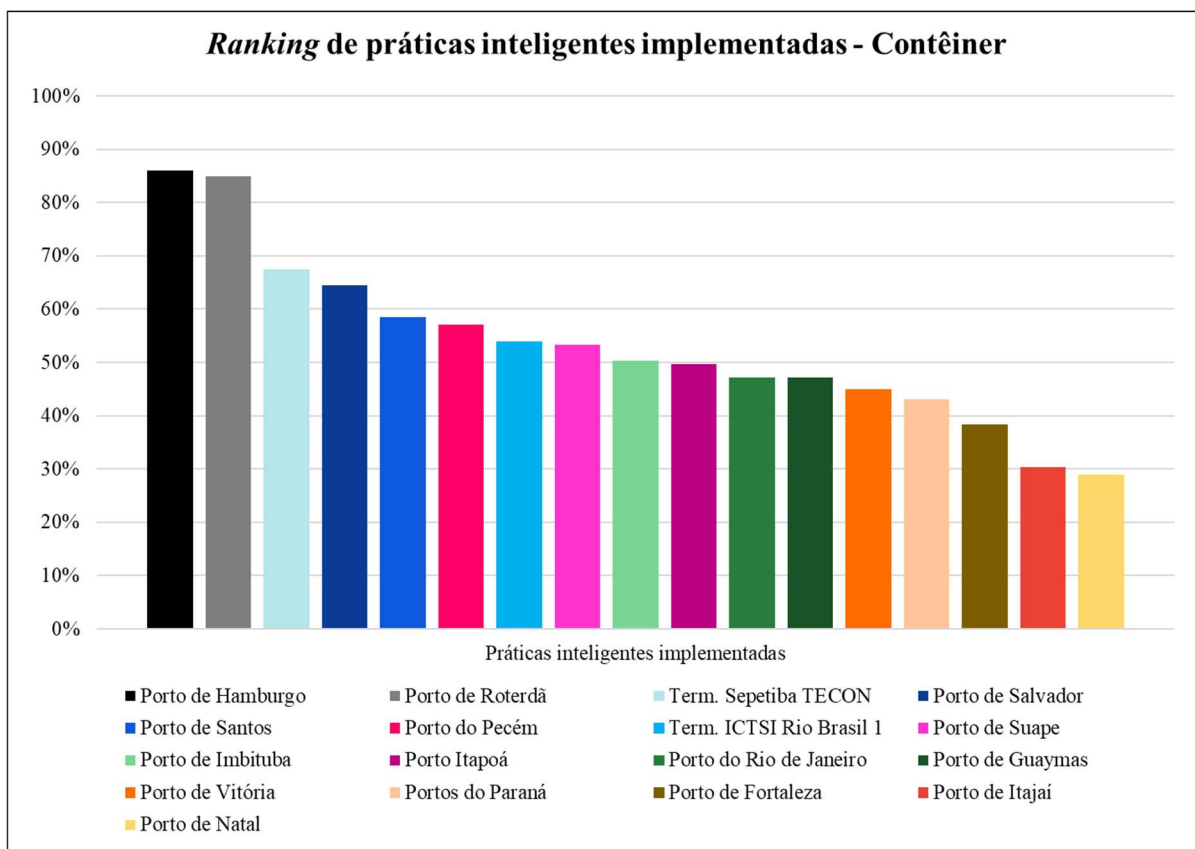
Os portos de Fortaleza e Natal apresentaram baixa adoção de práticas inteligentes em pelo menos 4 componentes do total de 8 elementos representados no Gráfico 15 (6 componentes + 2 subcomponentes). Dentre elas, as práticas inteligentes relacionadas ao componente Ativos Físicos não foram contempladas por nenhum dos dois portos, já em Ativos Virtuais, 31% das

práticas foram implementadas em Fortaleza e 22% em Natal. Com relação a Meio Ambiente e Sustentabilidade, as taxas também são baixas: Fortaleza 31% e Natal 22%. Outro componente crítico é Gerenciamento e Estratégia, onde Fortaleza implementou somente 9% das práticas inteligentes, e Natal nenhuma. O destaque positivo fica por conta do Porto de Fortaleza nos componentes Energia (75%) e Social (78%). A máxima taxa obtida pelo Porto de Natal foi no componente Segurança e Cibersegurança com 64%, que por sinal é a mesma no Porto de Fortaleza.

Já o Porto de Santos atingiu 100% das práticas inteligentes implementadas nos componentes Eficiência e Produtividade, Social, e Gerenciamento e Estratégia. Entretanto, ao tratar de aspectos tecnológicos como nos Ativos Virtuais, demonstrou possuir somente 11% das práticas inteligentes. Em Ativos Físicos (33%), Meio Ambiente e Sustentabilidade (34%) e Energia (25%), demonstrou resultados razoáveis.

O Porto de Guaymas apresentou taxas superiores a 50% de implementação de práticas inteligentes em 3 componentes (Ativos Virtuais (56%), Segurança e Cibersegurança (79%), e Social (86%)), já os componentes Ativos Físicos (com somente 22%) e Energia (0%) demonstraram ser as áreas de maior necessidade de modernização. Por fim, o Porto de Imbituba apresenta um comportamento mediano com relação às práticas implementadas na maioria dos componentes, com exceção do ótimo desempenho em termos de Eficiência e Produtividade (100%), e baixa adoção de práticas em relação aos Ativos Físicos (11%) e questões envolvendo Meio Ambiente e Sustentabilidade (22%).

No Gráfico 16 é apresentado o *ranking* dos portos e terminais que operam contêiner, com base na porcentagem de práticas inteligentes implementadas dos componentes. O Terminal Sepetiba TECON apresentou melhor resultado (67%), seguido por Salvador (64%) e Santos (59%). Os portos de Itajaí (30%) e Natal (29%) foram os portos com menor taxa de implementação de práticas inteligentes.

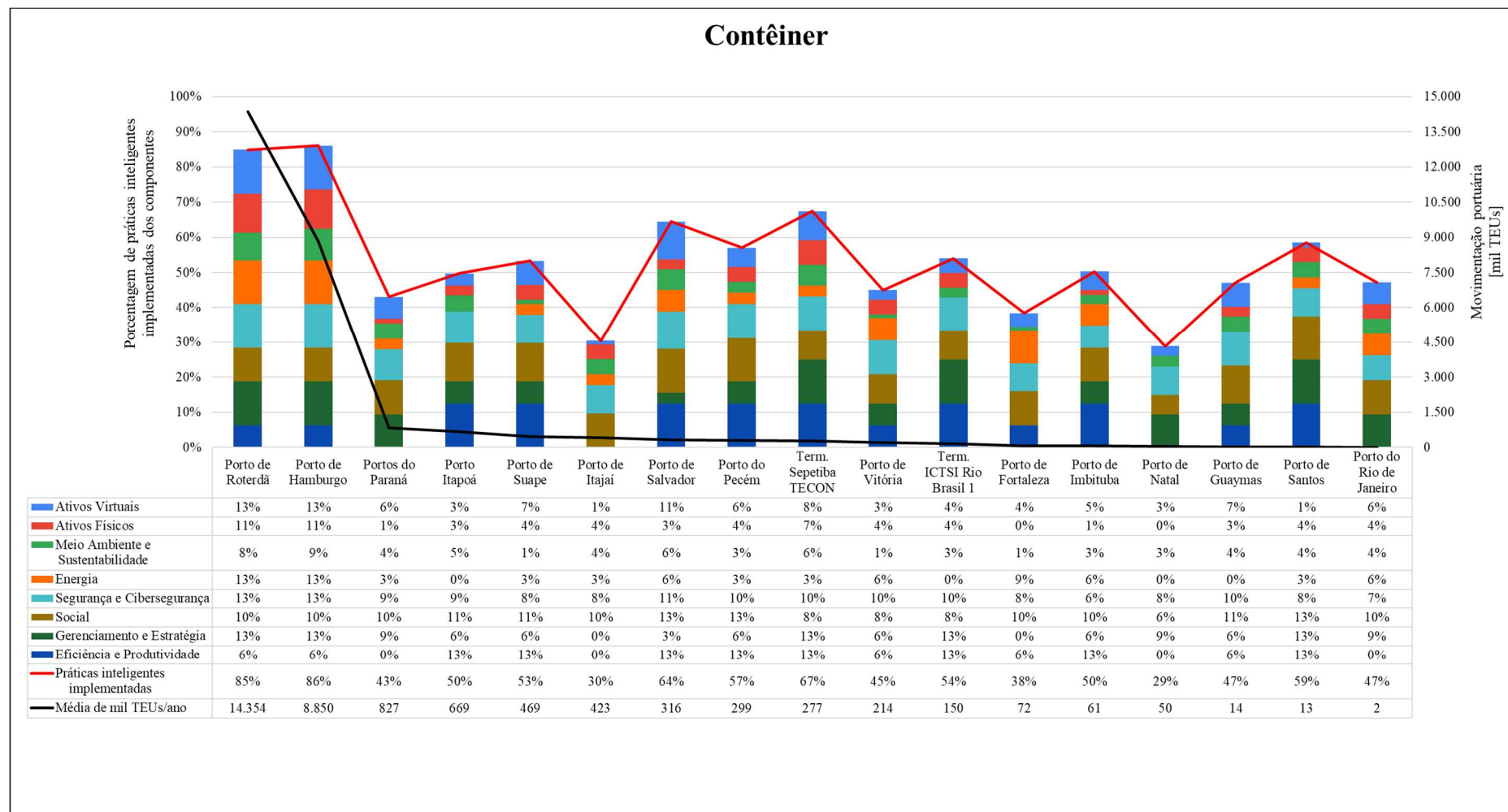
Gráfico 16 – *Ranking* de portos e terminais que movimentam contêiner

Fonte: Autora (2021)

O Gráfico 17 apresenta um comparativo entre todos os portos e terminais que movimentam contêiner, onde são detalhadas as porcentagens de práticas inteligentes implementadas em cada um dos respectivos portos/terminais, juntamente com a média de movimentação portuária. Nota-se que a movimentação portuária não impacta diretamente na quantidade de práticas inteligentes implementadas nos portos e terminais que movimentam contêineres. A quantidade de práticas implementadas oscila consideravelmente entre os portos com maior movimentação (como portos do Paraná, Itapoá e Suape) até os portos com menor movimentação (como Guaymas, Santos e Rio de Janeiro).

O componente que apresentou a maior taxa média de implementação nos portos e terminais movimentadores de contêiner, foi o Social com 78%, seguido por Segurança e Cibersegurança com 71%. Do oposto, o componente Energia foi o que teve a menor taxa média de implementação nos portos/terminais, com somente 25%, seguido pelo subcomponente Ativos Físicos com 33% e Meio Ambiente e Sustentabilidade, com 34%. Gerenciamento e Estratégia, e Eficiência e Produtividade, alcançaram 50%, e Ativos Virtuais contemplou 44%.

Gráfico 17 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de contêiner



Fonte: Autora (2021)

5.2. PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE GRANEL SÓLIDO

Para análise da implementação de práticas inteligentes nos portos e terminais que movimentam granel sólido, foram desconsideradas do questionário as perguntas relacionadas diretamente à movimentação de contêineres, nos subcomponentes Ativos Virtuais e Segurança Operacional. Da mesma forma como apresentado no subtópico 5.1, na Tabela 2 é possível observar a divisão de grupos para as análises, assim como suas respectivas movimentações portuárias e taxas de crescimento ao longo dos últimos 4 anos. Assim como comentado na análise para portos movimentadores de contêineres, o Porto de Angra dos Reis não apresentou movimentação deste tipo de carga nos anos avaliados na presente análise, e por esse motivo não será incluído na mesma.

Tabela 2 – Divisão dos portos e terminais que movimentam granel sólido conforme média de mil toneladas/ano

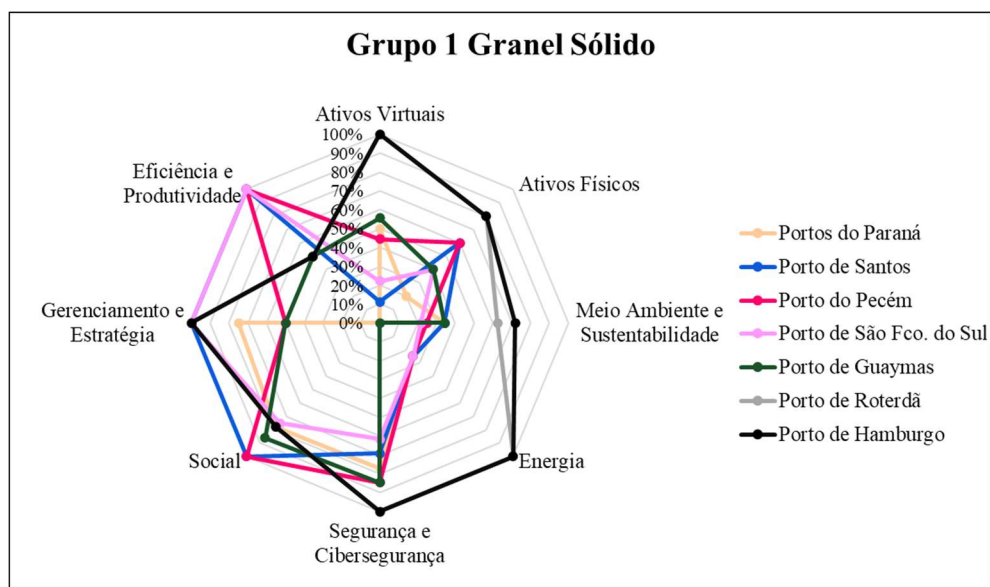
GRANEL SÓLIDO									
Grupo	Porto/Terminal	2017 [ton]	2018 [ton]	crescimento	2019 [ton]	crescimento	2020 [ton]	crescimento	média [mil ton/ano]
Referência	Porto de Roterdã	80.168.000	77.615.000	↓ -3,29%	74.485.000	↓ -4,20%	63.798.000	↑ -16,75%	74.017
Referência	Porto de Hamburgo	31.231.948	30.882.597	↓ -1,13%	28.856.364	↓ -7,02%	26.900.000	↓ -7,27%	29.468
G1 GS	Portos do Paraná	33.903.201	35.919.115	↑ 5,61%	35.282.128	↓ -1,81%	37.463.558	↑ 5,82%	35.642
	Porto de Santos	18.010.188	19.779.492	↓ 8,95%	19.409.369	↓ -1,91%	21.496.694	↑ 9,71%	19.674
	Porto do Pecém	9.226.576	10.040.107	↑ 8,10%	9.528.865	↓ -5,37%	7.761.958	↓ -22,76%	9.139
	Porto de São Fco. do Sul	8.765.731	8.237.556	↓ -6,41%	8.226.159	↓ -0,14%	8.714.194	↑ 5,60%	8.486
	Porto de Guaymas	x	x		6.794.698		6.146.661	-10,54%	6.795
G2 GS	Term. Areia Branca	3.917.386	4.873.365	↑ 19,62%	4.458.203	↓ -9,31%	3.652.929	↓ -22,04%	4.225
	Porto de Imbituba	3.677.323	3.825.918	↑ 3,88%	4.584.917	↑ 16,55%	4.808.075	↑ 4,64%	4.224
	Porto de Vitória	2.759.478	2.529.857	↓ -9,08%	2.943.976	↑ 14,07%	2.903.366	↓ -1,40%	2.784
	Porto de Aratu-Candeias	2.032.968	1.880.810	↓ -8,09%	1.676.272	↓ -12,20%	1.733.664	↑ 3,31%	1.831
	Porto de Fortaleza	1.943.530	1.681.214	↓ -15,60%	813.317	↓ -106,71%	2.219.261	↑ 63,35%	1.664
G3 GS	Porto do Rio de Janeiro	573.641	927.590	↑ 38,16%	1.374.386	↑ 32,51%	2.573.867	↑ 46,60%	1.362
	Porto do Recife	992.036	735.046	↓ -34,96%	880.399	↑ 16,51%	851.408	↓ -3,41%	865
	Porto de Cabedelo	535.177	699.060	↑ 23,44%	772.180	↑ 9,47%	722.748	↓ -6,84%	682
	Porto de São Sebastião	453.365	622.938	↑ 27,22%	697.826	↑ 10,73%	658.679	↓ -5,94%	608
G4 GS	Porto de Salvador	441.961	421.522	↓ -4,85%	658.300	↑ 35,97%	683.070	↑ 3,63%	551
	Term. Sepetiba TECON	21.599	79.063	↑ 72,68%	536.615	↑ 85,27%	1.423.642	↑ 62,31%	515
	Porto de Suape	382.966	465.516	↑ 17,73%	490.889	↑ 5,17%	588.202	↑ 16,54%	482
	Porto de Ilhéus	160.485	128.763	↓ -24,64%	48.976	↓ -162,91%	191.746	↑ 74,46%	132

Fonte: Adaptado de Anuário ANTAQ (2021), Porto de Hamburgo (2021), Porto de Roterdã (2021b) e Porto de Guaymas (2021)

O primeiro grupo analisado contempla os portos do Paraná, Santos, Pecém, São Francisco do Sul, e Guaymas. No Gráfico 18 é possível perceber os Portos do Paraná com a menor porcentagem (20%) de práticas inteligentes implementadas no subcomponente Ativos

Físicos, assim como foi o único do grupo a não contemplar nenhuma prática no componente Eficiência e Produtividade. Com relação aos demais componentes, apresentou bons resultados em Segurança e Cibersegurança (77%), Social (78%) e Gerenciamento e Estratégia (75%).

Gráfico 18 – Análise comparativa do Grupo G1 GS



Fonte: Autora (2021)

Os portos de Pecém e Santos apresentaram a mesma porcentagem de práticas implementadas no subcomponente Ativos Físicos (60%), assim como nos componentes Energia (25%), Social (100%) e Eficiência e Produtividade (100%). O Porto de São Francisco do Sul também atingiu 100% de práticas inteligentes implementadas no componente Eficiência e Produtividade, assim como em Gerenciamento e Estratégia. Teve bom desempenho nos componentes Social (75%) e em Segurança e Cibersegurança (62%). Já nos componentes Ativos Virtuais, e Meio Ambiente e Sustentabilidade, o Porto de São Francisco do Sul alcançou somente 22% das práticas implementadas.

O Porto de Guaymas apresentou ótimos resultados ao ser comparado com os demais portos brasileiros. Obteve a maior porcentagem no subcomponente Ativos Virtuais (56%), empatou com o Porto do Pecém (85%) em Segurança e Cibersegurança, e teve nos componentes Social (86%) e tanto em Gerenciamento e Estratégia, quanto em Eficiência e Produtividade, alcançou 50% das práticas inteligentes implementadas.

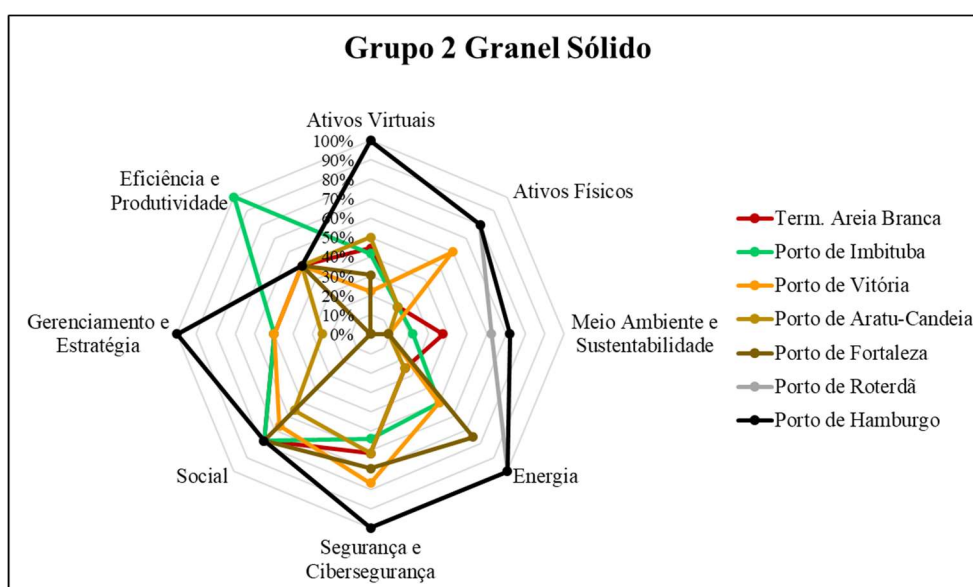
Os 4 portos brasileiros presentes nesta análise possuem a mesma quantidade (25%) de práticas inteligentes implementadas no componente Energia; já o Porto de Guaymas não conta com nenhuma implementação desse componente. Desse modo é evidente que esse componente

deva ser levado em conta com maior atenção no processo de modernização destes portos, principalmente pois, por exemplo, nos últimos anos o custo de implementação de energia eólica e solar teve queda, e no Brasil, o custo da energia elétrica vem aumentando consideravelmente – entre o período de 2014 a 2018, foi registrado um aumento de 44% (ABEL *et al.*, 2019).

No Gráfico 19, o segundo grupo de comparação apresenta os resultados dos Portos de Imbituba, Vitória, Aratu-Candeias, Fortaleza e Terminal Areia Branca. No componente Ativos Físicos, o Porto de Vitória atingiu 60% das práticas inteligentes, já o Porto de Fortaleza não apresenta nenhuma prática inteligente de Ativos Físicos.

Destaque positivo para os portos de Imbituba e Vitória, por, de modo geral, apresentarem maiores números de práticas inteligente implementadas, obtendo 52% e 48%, respectivamente. O Porto de Aratu-Candeias demonstrou possuir o menor número de práticas inteligentes adotadas, com somente 37%. O Terminal Areia Branca possui 78% de respostas afirmativas para os indicadores do componente Social e 62% do componente de Segurança e Cibersegurança; todos os demais componentes se encontram abaixo de 50%, demonstrando a necessidade de estudos e investimentos nos subcomponentes Ativos Virtuais, Ativos Físicos e nos componentes Meio Ambiente e Sustentabilidade, Energia, Gerenciamento e Estratégia e Eficiência e Produtividade.

Gráfico 19 – Análise comparativa do Grupo G2 GS



Fonte: Autora (2021)

Apesar de não ser mencionado no questionário indicadores que sejam específicos para operações que envolvem graneis sólidos, práticas como automatização de *gates* diminuem o tempo de espera dos caminhões na entrada ou saída do porto, reduzindo filas.

A instalação de sistemas de monitoramento oceanográfico impactam na operação de atracação do navio, necessitando um maior número de rebocadores, por exemplo. Já sistemas de monitoramento meteorológico, impactam diretamente na movimentação de graneis sólidos, tendo em vista que em situações de chuva e/ou mau tempo, as operações de movimentação desse tipo de carga são paralisadas, logo, saber com precisão e antecipação as condições meteorológicas resultam em diminuição de movimentações de equipamentos desnecessários, realocação de operadores de maneira eficiente, entre outros.

Sistemas que automatizam a operação de atracação dos navios (amarração e acoplamento automatizados, por exemplo), diminuem o tempo necessário para atracação e desatracação e principalmente, aumentam a segurança tanto dos operadores portuários que fazem a amarração, quanto do próprio navio em termos de abalroamento.

O Grupo G3 GS contempla os portos do Rio de Janeiro, Recife, Cabedelo e São Sebastião (ver Gráfico 20). Dentre os portos brasileiros, o Porto do Rio de Janeiro é o que possui maior número de práticas inteligentes implementadas (49%). O único componente que não foi contemplado nenhuma prática inteligente foi Eficiência e Produtividade.

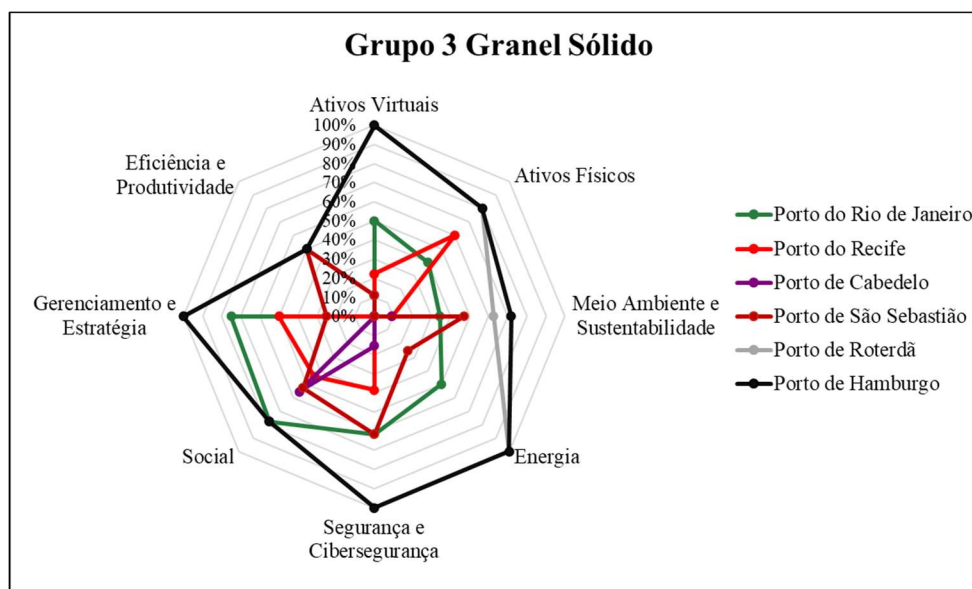
O Porto de Cabedelo não apresentou nenhuma prática inteligente adotada no subcomponente Ativos Virtuais, assim como nos componentes Energia, Gerenciamento e Estratégia e Eficiência e Produtividade. Com exceção do componente Social, onde obteve 56% de respostas afirmativas para os indicadores, nos componentes Segurança e Cibersegurança, Meio Ambiente e no subcomponente Ativos Virtuais, as porcentagens foram baixas, sendo 15%, 9% e 11%, respectivamente. Logo, o Porto de Cabedelo necessita uma série de investimentos e mudanças para se tornar um porto inteligente.

O Porto de Recife corresponde a um total 28%. Apesar de estar longe dos valores alcançados pelos portos de referência (85% Porto de Hamburgo e 84% Porto de Roterdã), diferente dos demais portos, o Porto de Recife apresenta 60% de práticas inteligentes implementadas referente aos Ativos Físicos. Entretanto, os componentes de Eficiência e Produtividade, Energia não possuem nenhuma prática inteligente adotada, e tanto em Ativos Virtuais quanto Meio Ambiente e Sustentabilidade, as porcentagens não chegam a 25%.

Ainda no comparativo dos portos do Grupo G3 GS, o Porto de São Sebastião possui 34% das práticas inteligentes implementadas, porcentagem semelhante ao Porto do Recife (28%), todavia com nenhuma prática inteligente implementada no subcomponente Ativos

Virtuais, e com melhor desempenho nos componentes de Segurança e Cibersegurança (62%), Social (53%) e Eficiência e Produtividade (50%). Os componentes de Energia e Meio Ambiente levam 25% cada, e o subcomponente Ativos Virtuais, apenas 10%.

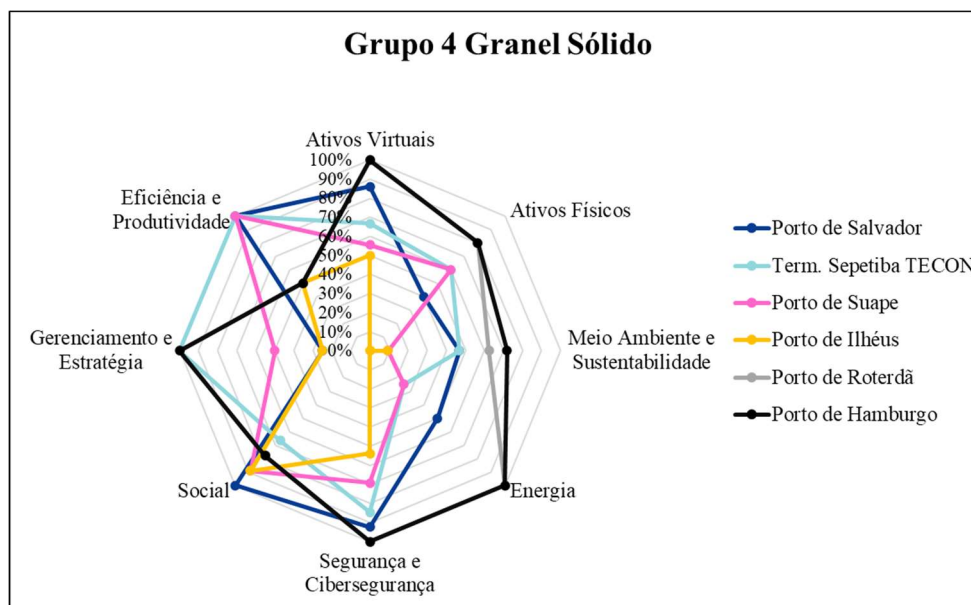
Gráfico 20 – Análise comparativa do Grupo G3 GS



Fonte: Autora (2021)

A última análise deste grupo de carga, é ilustrada no Gráfico 21, pelo Grupo G4 GS (Portos de Salvador, Suape, Ilhéus e Terminal Sepetiba TECON). Apesar de ser o grupo composto pelos portos/terminais com menor movimentação de carga, as porcentagens de práticas inteligentes implementadas, são consideravelmente altas, quando comparadas aos portos de referência. O Terminal Sepetiba TECON apresentou 69%, seguido pelo Porto de Salvador com 68%, Porto de Suape com 57% e o Porto de Ilhéus com 35%.

Gráfico 21 – Análise comparativa do Grupo G4 GS



Fonte: Autora (2021)

O Porto de Ilhéus possui um comportamento diferente dos demais portos/terminais. Não são implementadas nenhuma prática inteligente nos componentes Energia, Gerenciamento e Estratégia, e subcomponente Ativos Virtuais. Além disso, o componente Meio Ambiente e Sustentabilidade compreende somente 9% de práticas inteligentes implementadas. O destaque positivo desse porto se dá no componente Social, com adesão de 89% das práticas.

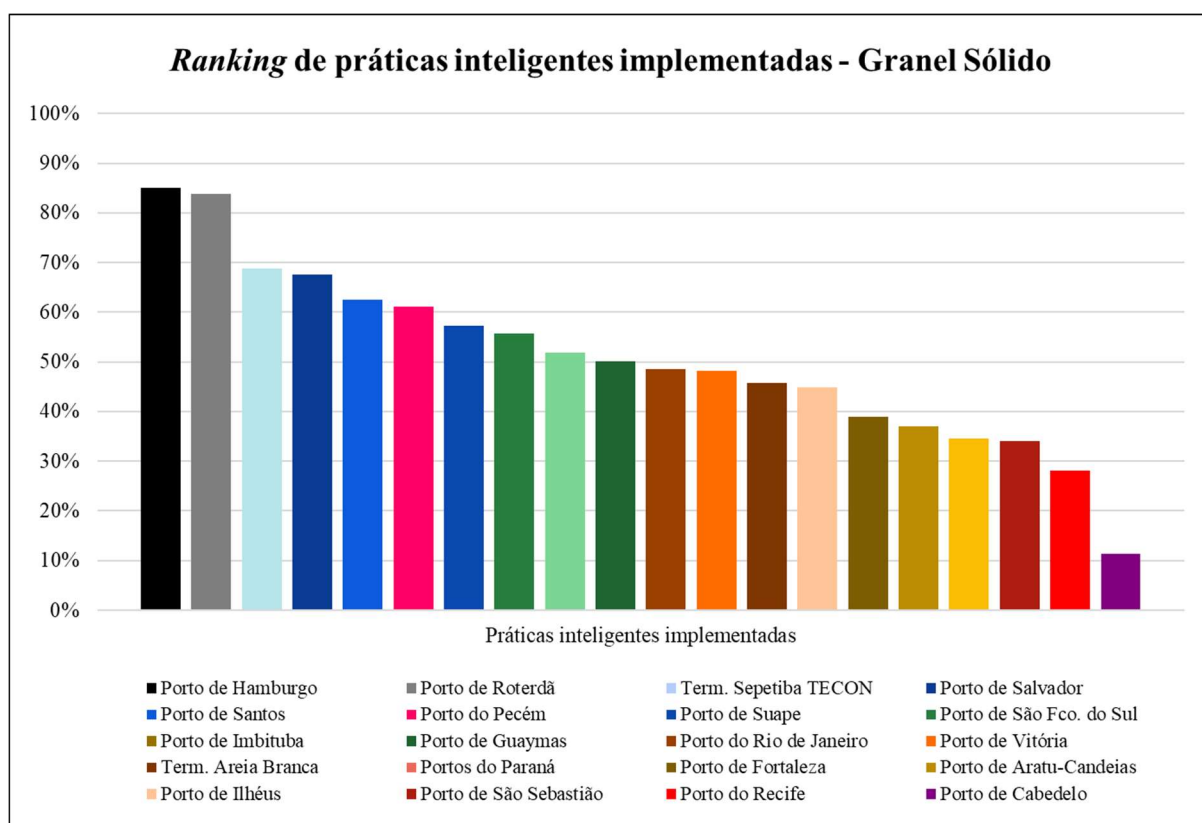
A implementação de práticas inteligentes em alguns componentes, implica por exemplo, na obtenção de novos investimentos. O índice ESG, que vem sendo utilizado por investidores e empresas de investimento – tanto a nível nacional quanto internacional, – para avaliar as operações conforme seus impactos em três âmbitos: ambiental, social e de governança (PACTO GLOBAL, 2021). Logo, os portos e terminais precisam se atentar a estes fatores, a fim de captar novos investimentos e principalmente para se manterem competitivos no mercado nacional e internacional.

Os portos de Salvador, Suape e o Terminal Sepetiba TECON apresentam algumas semelhanças de resultados, como 100% de práticas inteligentes implementadas em termos de Eficiência e Produtividade, além de possuírem bons resultados na maioria dos componentes, como porcentagens acima de 69% em Segurança e Cibersegurança, e acima de 67% no Social. Em relação a Gerenciamento e Estratégia, o Terminal Sepetiba TECON apresentou 100% das práticas, enquanto Suape conta com 50% e Salvador não implementou nenhuma. Destaque positivos para o componente Ativos Físicos, onde Terminal Sepetiba TECON e o Porto de Suape obtiveram 60% das práticas implementadas. Porto de Salvador obteve 86% das práticas

relacionadas aos Ativos Virtuais, Sepetiba TECON contabilizou 67% e Suape 56%. No quesito Energia, Porto de Salvador se destacou positivamente atingindo 50% das práticas.

Realizando uma análise geral, entre todos os portos e terminais movimentadores de granel sólido, é apresentado no Gráfico 22, um *ranking* com a porcentagem de práticas inteligentes implementadas de todos os componentes. O Terminal Sepetiba TECON alcançou a melhor colocação com 69% das práticas inteligentes implementadas, seguido pelo Porto de Salvador com 68% e Porto de Santos com 62%. Porto de Cabedelo (11%) e o Porto de Recife (28%) ocupam as últimas posições no *ranking*.

Gráfico 22 – *Ranking* de portos e terminais que movimentam granel sólido



Fonte: Autora (2021)

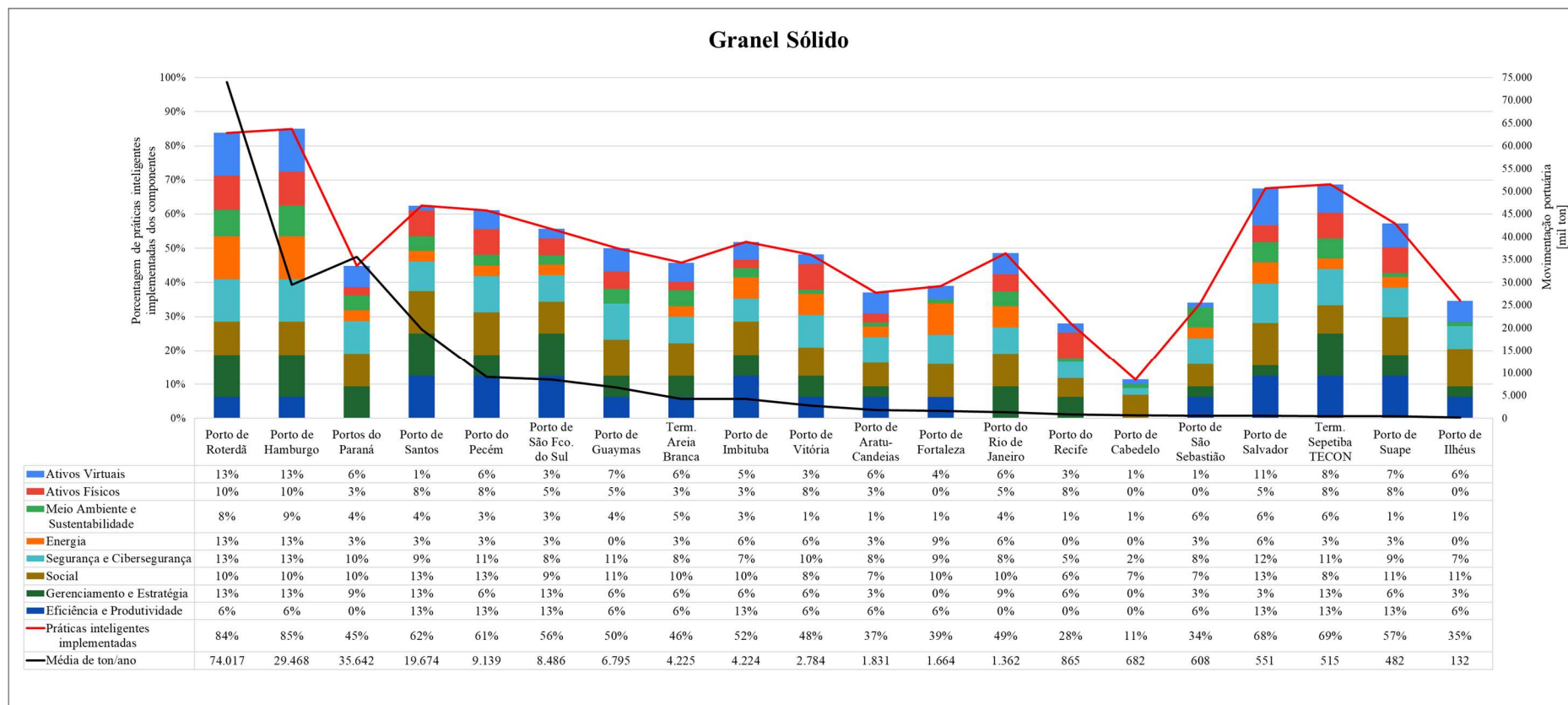
Por fim, no Gráfico 23 é ilustrado um parâmetro geral de todos os portos e terminais que movimentam granel sólido, onde são apresentadas as porcentagens de práticas inteligentes implementadas em cada componente, assim como a porcentagem total das práticas implementadas em cada porto, e a média de movimentação anual em mil toneladas.

A relação quantidade de granel sólida movimentada x quantidade de práticas inteligentes implementadas no porto/terminal, demonstra ser não linear. O Porto de Salvador e o Terminal Sepetiba TECON – os quais alcançaram as melhores posições no *ranking*

apresentadas no Gráfico 22 – aparecem nas últimas posições se tratando de quantidade de granel sólido movimentado. Entretanto, apresentam maiores taxas de implementação de práticas inteligentes do que portos como Santos, Pecém, São Francisco do Sul e Guaymas, por exemplo.

O componente que apresentou a maior taxa média de implementação nos portos e terminais movimentadores de granéis sólidos, foi o Social com 78%, seguido por Segurança e Cibersegurança com 69%. Do oposto, o componente Energia foi o que teve a menor taxa média de implementação nos portos/terminais, com somente 25% – não muito distante do componente Meio Ambiente e Sustentabilidade, que obteve 30%.

Gráfico 23 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de granel sólido



Fonte: Autora (2021)

5.3. PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE GRANEL LÍQUIDO E GASOSO

Para realizar a análise dos portos e terminais que movimentam granel líquido e gasoso, os mesmos foram divididos em 3 grupos conforme suas respectivas movimentações portuárias. Na Tabela 3 é apresentada tal divisão, juntamente com os portos de referência, Porto de Hamburgo e Roterdã. Da mesma maneira como citado para granéis sólidos, não é descrito no questionário indicadores específicos para portos/terminais que operam granéis líquidos e/ou gasosos. Assim, para a presente análise são retirados os indicadores diretamente relacionados aos terminais de contêiner dentro do subcomponente Ativos Físicos, e Segurança e Cibersegurança.

Tabela 3 – Divisão dos portos e terminais que movimentam granel líquido e gasoso conforme média de mil toneladas/ano

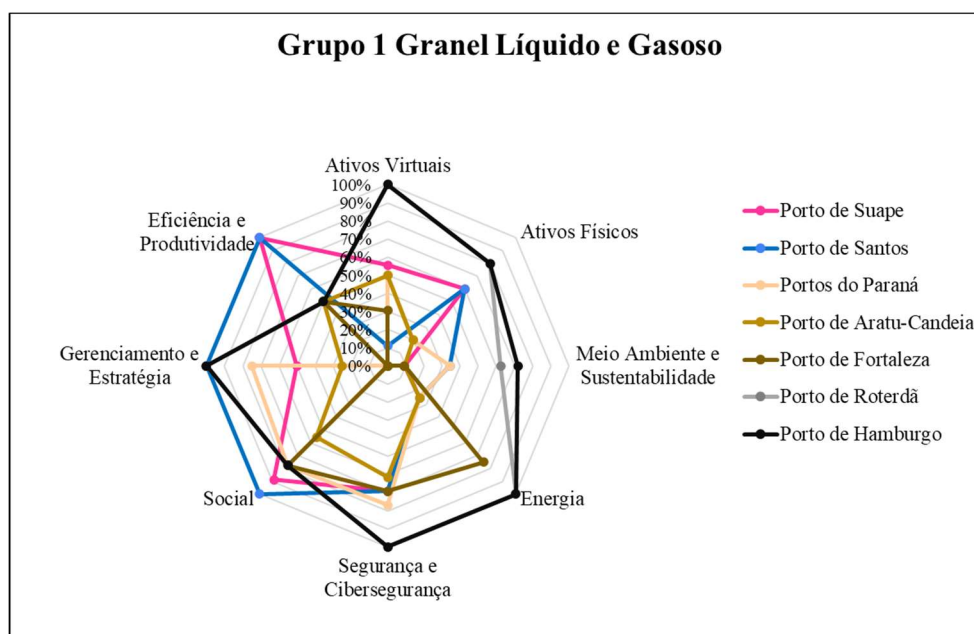
GRANEL LÍQUIDO E GASOSO									
Grupo	Porto/Terminal	2017 [ton]	2018 [ton]	crescimento	2019 [ton]	crescimento	2020 [ton]	crescimento	média [mil ton/ano]
Referência	Porto de Roterdã	214.282.000	211.840.000	↓ -1,15%	211.211.000	↓ -0,30%	191.986.000	↓ -10,01%	207.330
Referência	Porto de Hamburgo	13.468.052	13.317.403	↓ -1,13%	12.443.636	↓ -7,02%	11.600.000	↓ -7,27%	12.707
G1 GLG	Porto de Suape	17.528.444	17.624.566	↑ 0,55%	17.626.596	↑ 0,01%	19.122.931	↑ 7,82%	17.976
	Porto de Santos	13.489.232	13.259.510	↓ -1,73%	13.042.186	↓ -1,67%	14.814.160	↑ 11,96%	13.651
	Portos do Paraná	8.501.846	7.207.467	↓ -17,96%	6.816.701	↓ -5,73%	7.728.730	↑ 11,80%	7.564
	Porto de Aratu-Candeias	4.874.861	4.609.083	↓ -5,77%	4.692.718	↑ 1,78%	4.374.392	↓ -7,28%	4.638
	Porto de Fortaleza	2.149.957	2.246.188	↑ 4,28%	2.872.429	↑ 21,80%	2.285.723	↓ -25,67%	2.389
		Porto de Vitória	709.353	752.761	↑ 5,77%	698.562	↓ -7,76%	850.427	↑ 17,86%
G2 GLG	Porto do Pecém	967.477	340.640	↓ -184,02%	625.719	↑ 45,56%	227.700	↓ -174,80%	540
	Porto de Cabedelo	434.960	481.501	↑ 9,67%	466.438	↓ -3,23%	404.225	↓ -15,39%	447
	Porto do Rio de Janeiro	x	x		37.709		263.433	↑ 85,69%	151
	Porto de Guaymas	x	x		146.123		132.186	↓ -10,54%	146
G3 GLG	Porto de Imbituba	103.646	122.663	↑ 15,50%	50.899	↓ -140,99%	10.253	↓ -396,43%	72
	Porto do Recife	5.115	6.082	↑ 15,90%	5.932	↓ -2,53%	4.769	↓ -24,39%	5
	Porto de Angra dos Reis	1.279	x		x		x		1

Fonte: Adaptado de Anuário ANTAQ (2021), Porto de Hamburgo (2021), Porto de Roterdã (2021b) e Porto de Guaymas (2021)

O Grupo G1 GLG conta com os portos de Suape, Santos, Paraná, Aratu-Candeias e Fortaleza, tem sua análise no Gráfico 24. O Porto de Santos é que o possui maior porcentagem de práticas inteligentes implementadas (62%), sendo o único dos portos brasileiros a alcançar 100% nos componentes de Eficiência e Produtividade, Gerenciamento e Estratégia, e Social. No entanto, com relação ao subcomponente Ativos Virtuais, obteve o pior desempenho,

atingindo somente 11%, demonstrando ser um componente que deve receber maior atenção por parte de seus gestores.

Gráfico 24 – Análise comparativa do Grupo G1 GLG



Fonte: Autora (2021)

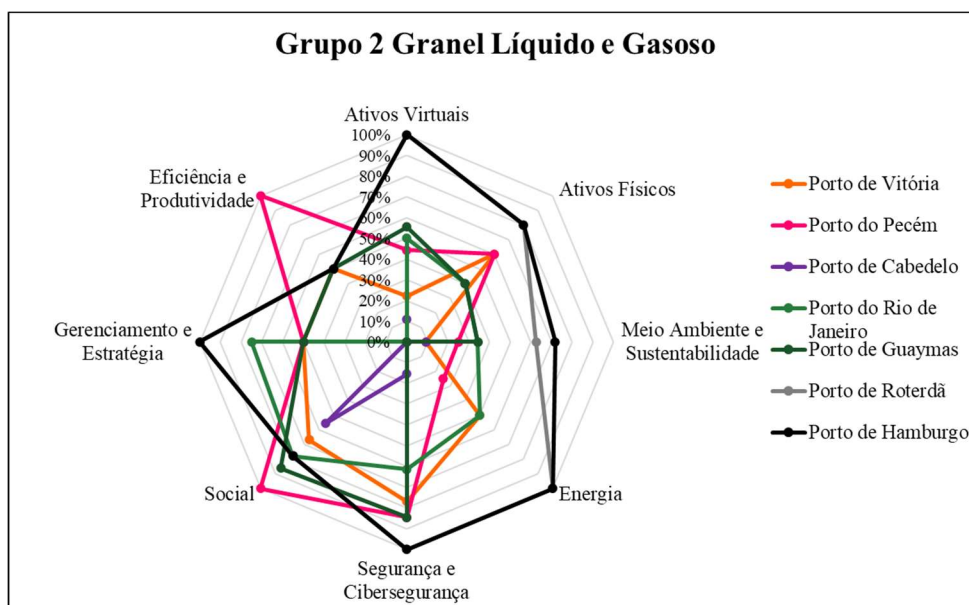
Os portos de Santos e Suape se destacaram positivamente no subcomponente Ativos Físicos, alcançando 60% das práticas inteligentes implementadas. O Porto de Aratu-Candeias apresenta a implementação de 37% de todas as práticas inteligentes propostas, não tendo zerado nenhum componente, o que demonstra que existe uma preocupação por parte dos gestores – com relação a todos os componentes de um porto inteligente – mas ainda há de fato, a necessidade de implementação de projetos e realização de investimentos para se chegar níveis de implementação de práticas inteligentes como os portos de Hamburgo (85%) e Roterdã (84%).

Os portos de Fortaleza e do Paraná, como já mencionado anteriormente, possuem excelente desempenho em alguns componentes e baixa performance em outros, como por exemplo no quesito social ambos implementaram 78% das práticas inteligentes, já em Ativos Físicos, Portos do Paraná contam com 20% das práticas e Fortaleza não possui nenhuma prática implementada.

No Gráfico 25, é ilustrada a comparação entre o grupo G2 GLG, composto pelos portos de Vitória, Pecém e Cabedelo. O Porto do Pecém é o único (com exceção dos portos de referência) a apresentar componentes com 100% das práticas inteligentes implementadas, sendo

eles Social e Eficiência e Produtividade. O Porto de Cabedelo não pontuou em 4 componentes (Eficiência e Produtividade, Gerenciamento e Estratégia, Energia e Ativos Físicos), tornando-se o porto com inferior desempenho na análise.

Gráfico 25 – Análise comparativa do Grupo G2 GLG



Fonte: Autora (2021)

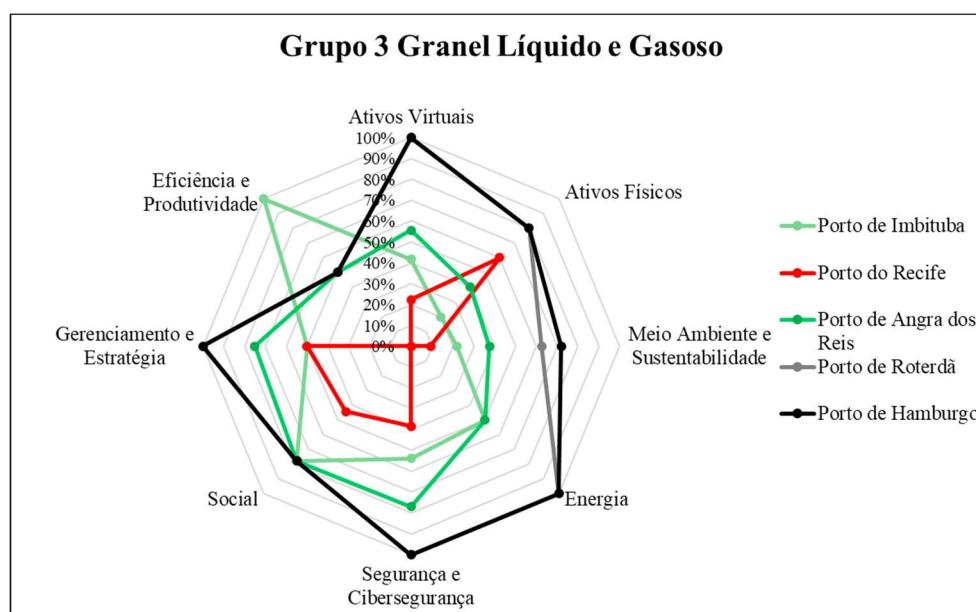
No subcomponente Ativos Físicos, destaque positivo para os portos do Pecém e Vitória com 60% de práticas inteligentes implementadas. Os Ativos Virtuais tiveram baixas porcentagens, sendo a maior delas alcançada pelo Porto de Guaymas, com 22%. Segurança e Cibersegurança também foram liderados pelos portos de Guaymas e Pecém, com cerca de 85% das práticas implementadas.

Para o componente Energia, os portos de Vitória e Rio de Janeiro obtiveram 50% de práticas adotadas, enquanto os demais ficaram abaixo disso – demonstrando a necessidade de ênfase dos gestores para esse componente. Na mesma linha, os portos de Guaymas e Rio de Janeiro alcançaram 34% no componente Meio Ambiente e Sustentabilidade, sendo o componente mais crítico dessa análise. Por fim, o componente Gerenciamento e Estratégia teve o Porto do Rio de Janeiro (75%) como o mais próximo da porcentagem obtida pelos portos de referência.

O Grupo G3 GLG representa os portos de Imbituba, Recife e Angra dos Reis, os quais possuem as menores movimentações portuárias de granéis líquidos e gasosos, entre todos os respondentes (ver Gráfico 26). Nota-se que o Porto do Recife teve destaque positivo entre os demais portos somente no componente Ativos Físicos.

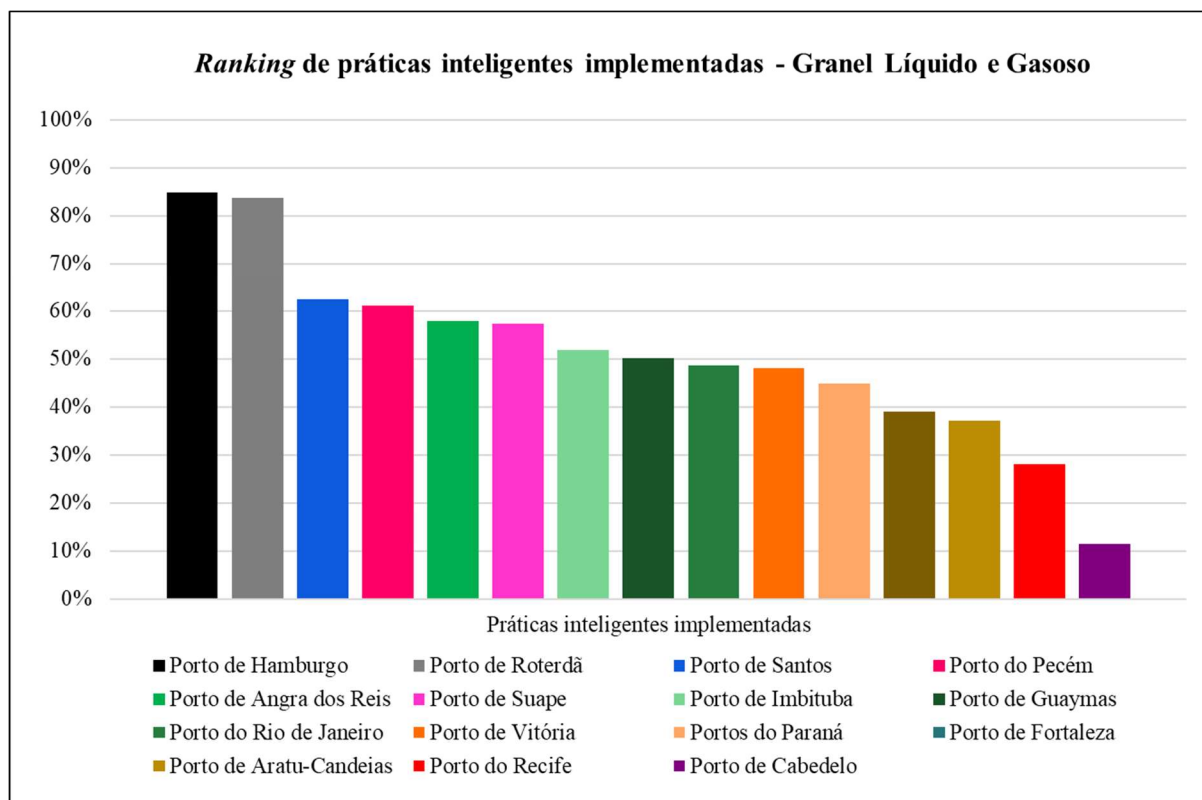
De modo geral, o Porto de Angra dos Reis teve melhor comportamento por apresentar resultados em torno de 50% a 75% em todos os componentes. De maneira similar, o Porto de Imbituba também alcançou esses resultados, com exceção nos componentes Meio Ambiente e Sustentabilidade (22%), Ativos Físicos (20%) e Virtuais (42%). Entretanto, se destacou positivamente com relação à Eficiência e Produtividade, alcançando 100% das práticas inteligentes implementadas.

Gráfico 26 – Análise comparativa do Grupo G3 GLG



Fonte: Autora (2021)

No Gráfico 27 é apresentado o *ranking* dos portos e terminais que operam granel líquido e sólido, com base na porcentagem de práticas inteligentes implementadas. O Porto de Santos apresentou melhor resultado (62%), seguido por Pecém (61%), Angra dos Reis (58%) e Suape (57%). Porto do Recife (28%) e Porto de Cabedelo (11%) foram os portos com menor taxa de implementação de práticas inteligentes.

Gráfico 27 – *Ranking* de portos e terminais que movimentam granel líquido e gasoso

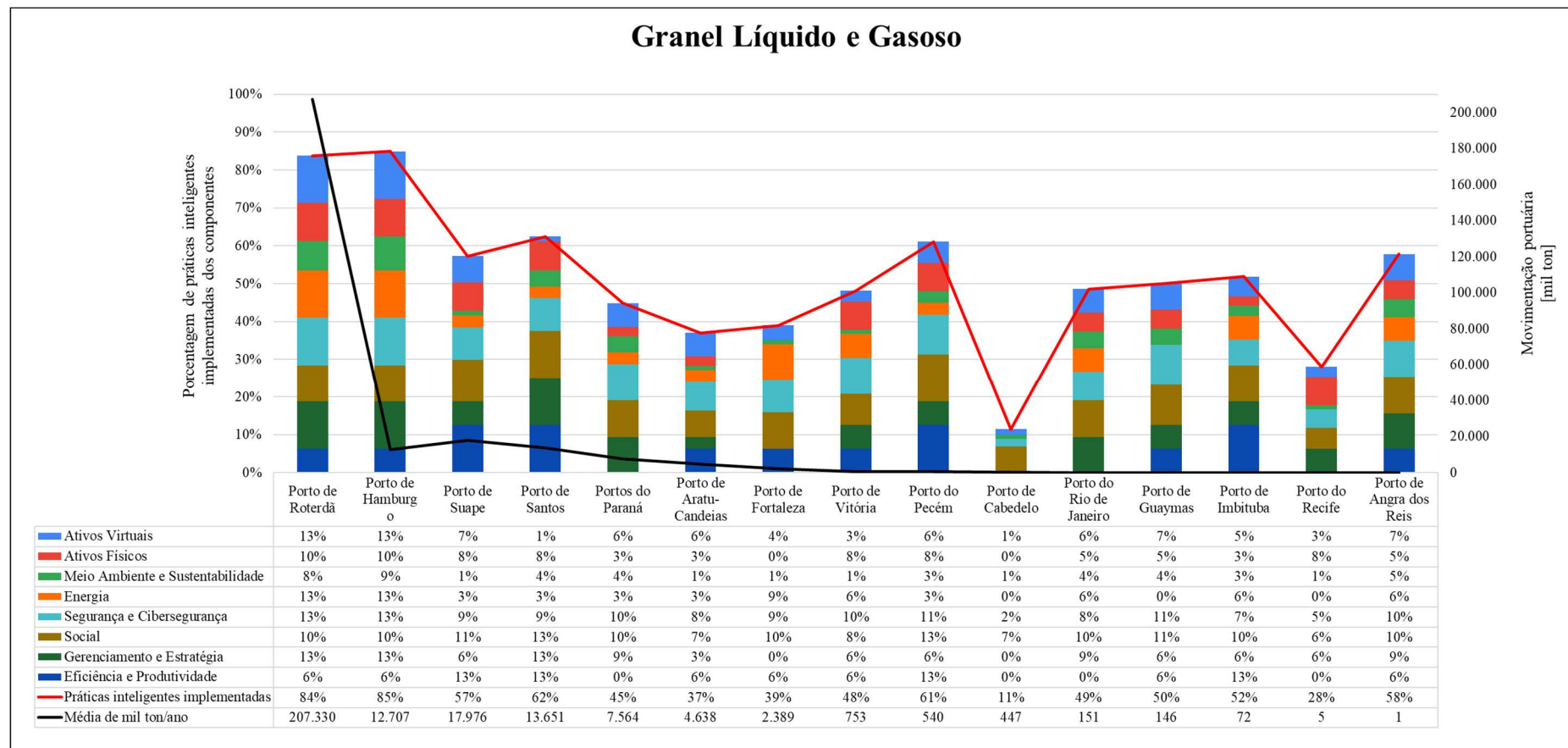
Fonte: Autora (2021)

Por fim, no Gráfico 28 é ilustrado um parâmetro geral dos portos e terminais que movimentam graneis líquidos e gasosos. São apresentadas as porcentagens de práticas inteligentes implementadas em cada componente, a porcentagem total das práticas inteligentes implementadas em cada porto, e a média de movimentação anual em mil toneladas.

Em termos de quantidade de movimentação de graneis líquidos e gasosos, nota-se que não é um fator que impacta diretamente na porcentagem de práticas inteligentes implementadas. Esse fato fica evidente ao observarmos o resultado do Porto de Cabedelo, o qual possui somente 11% das práticas implementadas, enquanto movimenta maior volume de carga quando comparado aos portos do Rio de Janeiro (conta com 49% das práticas inteligentes implementadas), Guaymas (com 50%), Imbituba (52%), Recife (28%) e Angra dos Reis (58%). O mesmo acontece com o Porto do Pecém, que movimenta cerca de 540 mil toneladas anualmente e implementa 61% das práticas inteligentes apresentadas neste trabalho. Sendo que os portos de Vitória, Fortaleza, Aratu-Candeias e Paraná, movimentam maior quantidade de graneis líquidos e gasosos e implementam 48%, 39%, 37% e 45% das práticas inteligentes, respectivamente.

O componente que apresentou a maior taxa média de implementação nos portos e terminais movimentadores de graneis líquidos e gasosos, foi o Social com 78%, seguido por Segurança e Cibersegurança com 69%. Já os componentes Meio Ambiente e Sustentabilidade, e Energia tiveram a menor taxa média de implementação nos portos/terminais, representando somente 25% das práticas inteligentes.

Gráfico 28 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de granel líquido e gasoso



Fonte: Autora (2021)

5.4. PORTOS E TERMINAIS MOVIMENTADORES DE CARGA GERAL

Na Tabela 4 são apresentados os portos e terminais participantes da pesquisa, que movimentam carga geral. Os mesmos foram divididos em 4 grupos, conforme sua média de movimentação portuária durante o período de 2017 a 2020 – com exceção dos portos de Guaymas e Angra dos Reis, conforme já mencionado anteriormente. O Porto Itapoá ao responder o questionário, incluiu carga geral como tipo de carga movimentada no porto, entretanto, no período de análise, não foi registrado movimentação desse tipo de carga, segundo o Anuário ANTAQ (2021). Dessa maneira, o mesmo não será incluído nesta análise.

Os indicadores específicos que tratam sobre a movimentação de contêiner foram desconsiderados para as análises a seguir, tanto dos Ativos Físicos quanto da Segurança e Cibersegurança.

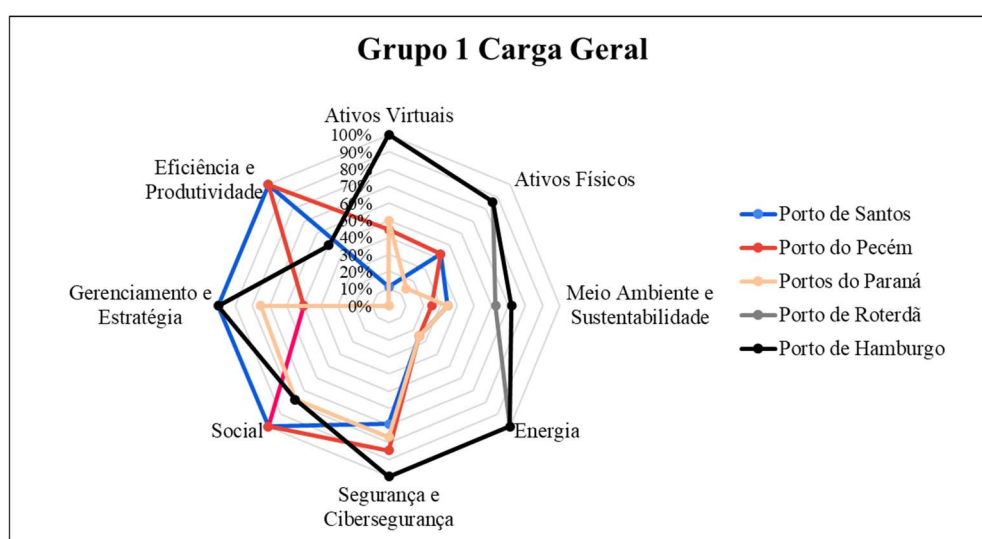
Tabela 4 – Divisão dos portos e terminais que movimentam carga geral conforme média de mil toneladas/ano

CARGA GERAL										
Grupo	Porto/Terminal	2017 [ton]	2018 [ton]	crescimento	2019 [ton]	crescimento	2020 [ton]	crescimento	média [mil ton/ano]	
Referência	Porto de Roterdã	30.262.000	30.418.000	↑ 0,51%	30.801.000	↑ 1,24%	29.963.000	↓ -2,80%	30.361	
Referência	Porto de Hamburgo	1.256.034	1.243.733	↓ -0,99%	1.302.503	↑ 4,51%	1.200.000	↓ -8,54%	1.251	
G1 CG	Porto de Santos	2.625.771	3.693.189	↑ 28,90%	3.409.618	↓ -8,32%	2.492.116	↓ -36,82%	3.055	
	Porto do Pecém	3.116.375	3.648.399	↑ 14,58%	318.615	↓ -1045,08%	3.121.662	↑ 89,79%	2.551	
	Portos do Paraná	1.822.771	1.587.453	↓ -14,82%	1.323.219	↓ -19,97%	1.758.489	↑ 24,75%	1.623	
G2 CG	Porto de São Fco do Sul	824.879	934.172	↑ 11,70%	898.016	↑ -4,03%	756.102	↑ -18,77%	853	
	Term. Sepetiba TECON	968.161	701.481	↓ -38,02%	624.458	↓ -12,33%	502.065	↓ -24,38%	699	
	Porto de Vitória	838.960	761.461	↓ -10,18%	565.509	↓ -34,65%	474.658	↓ -19,14%	660	
	Porto do Recife	454.076	487.039	↑ 6,77%	526.095	↑ 7,42%	425.177	↓ -23,74%	473	
	Porto de Suape	392.356	249.635	↓ -57,17%	386.568	↑ 35,42%	403.897	↑ 4,29%	358	
G3 CG	Porto de Salvador	273.345	230.507	↓ -18,58%	271.318	↑ 15,04%	334.076	↑ 18,79%	277	
	Porto do Rio de Janeiro	319.102	441.878	↑ 27,79%	135.849	↓ -225,27%	103.860	↓ -30,80%	250	
	Porto de São Sebastião	87.250	74.720	↓ -16,77%	697.826	↑ 89,29%	139.586	↓ -399,93%	250	
	Porto de Imbituba	48.767	205.831	↑ 76,31%	286.890	↑ 28,25%	290.678	↑ 1,30%	208	
	Porto de Fortaleza	171.099	55.703	↓ -207,16%	83.283	↑ 33,12%	238.409	↑ 65,07%	137	
	Porto de Ilhéus	76.962	59.203	↓ -30,00%	98.436	↑ 39,86%	130.349	↑ 24,48%	91	
	Porto de Guaymas	x	x		73.061		66.093	↓ -10,54%	73	
G4 CG	Term. Nítshore	10.783	19.686	↑ 45,23%	9.304	↓ -111,59%	29.752	↑ 68,73%	17	
	Porto de Itajaí	7.935	25.081	↑ 68,36%	31.560	↑ 20,53%	221	↓ -14180,54%	16	
	Term. Nítport	7.843	17.809	↑ 55,96%	3.249	↓ -448,14%	13.115	↑ 75,23%	11	
	Porto de Natal	18.466	143	↓ -12813,29%	198	↑ 27,78%	18.058	↑ 98,90%	9	
	Porto de Angra dos Reis	x	x		1.240		514	↓ -141,25%	1	

Fonte: Adaptado de Anuário ANTAQ (2021), Porto de Hamburgo (2021), Porto de Roterdã (2021b) e Porto de Guaymas (2021)

A primeira análise refere-se ao grupo que possui maior média anual de movimentação de carga geral: o Grupo G1 CG. No Gráfico 29, são ilustradas as porcentagens de práticas inteligentes implementadas do grupo composto pelos portos de Santos, Pecém e Paraná. O Porto de Santos apresenta resultado semelhante ao Porto do Pecém, com exceção do subcomponente Ativos Físicos e Gerenciamento e Estratégia. No caso dos Ativos Físicos, o Porto do Pecém possui maior taxa (44%) de práticas inteligentes implementadas do que Santos (11%), porém os Portos do Paraná obtêm nesse subcomponente 50% de adesão dos indicadores.

Gráfico 29 – Análise comparativa do Grupo G1 CG

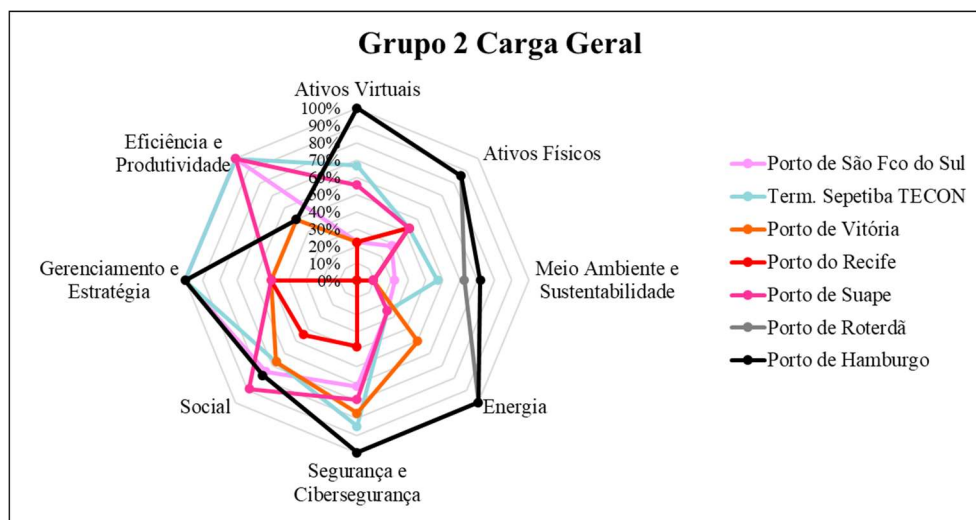


Fonte: Autora (2021)

No componente Ativos Físicos, Portos do Paraná possuem somente 14% das práticas inteligentes implementadas, enquanto Pecém e Santos empatam com 78%. Em relação a Segurança e Cibersegurança, esses três portos possuem porcentagens próximas, entretanto, ainda abaixo (77%, 85%, 69%) do que os portos de referência aplicam (100% tanto em Roterdã quanto em Hamburgo). Para o componente Energia tem-se implementado somente 25% das práticas inteligentes nos 3 portos, sendo um quesito que deve receber maior importância para a modernização dos mesmos.

No Gráfico 30, a apresentam-se os dados do segundo grupo de maior movimentação de carga geral (G2 CG), onde se incluem os portos de São Francisco do Sul, Vitória, Recife, Suape e Terminal Sepetiba TECON.

Gráfico 30 – Análise comparativa do Grupo G2 CG



Fonte: Autora (2021)

Como já observado anteriormente nas outras análises, o desempenho do Porto do Recife é o menor dentre os portos relacionados, alcançando no total, somente 26% de práticas inteligentes implementadas – sendo o Porto de Roterdã com 84% e o Porto de Hamburgo com 86%. O destaque positivo dessa análise vai para o Terminal Sepetiba TECON, com 67% práticas inteligentes implementadas, seguido pelo Porto de Suape com 55% e pelo Porto de São Francisco do Sul com 54%. Ainda com resultado superior ao Porto do Recife, o Porto de Vitória apresenta 46%.

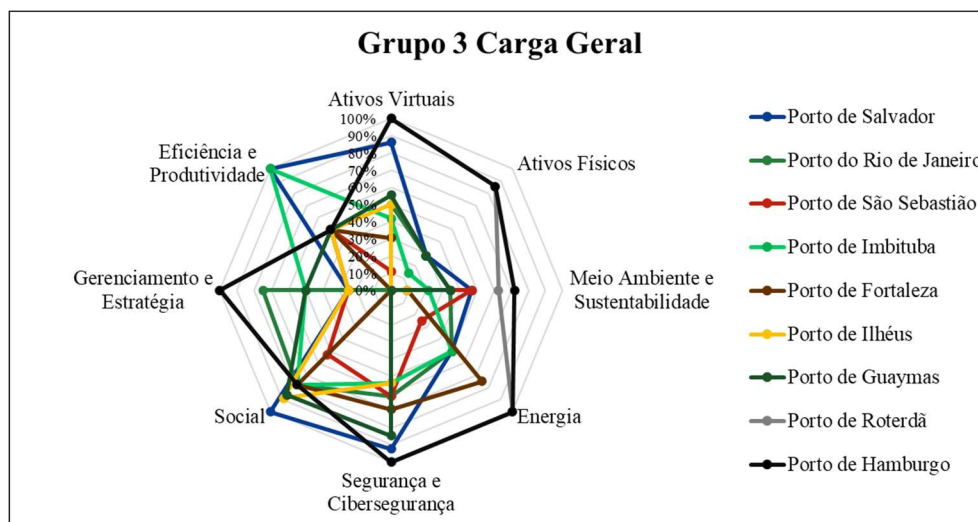
A análise do terceiro grupo desse tipo de carga (G3 CG) é ilustrada no Gráfico 31, e é composta pelo grupo com maior número de portos relacionados em uma mesma análise. Com movimentação portuária entre 73 e 277 mil toneladas/ano, se encontram os portos de Salvador, Rio de Janeiro, São Sebastião, Imbituba, Fortaleza, Ilhéus e Guaymas.

O Porto de Salvador leva o destaque positivo em termos da alta porcentagem alcançada nos Ativos Virtuais (86%), assim como em Segurança e Cibersegurança com 92% e 100% em Social e Eficiência e Produtividade. Juntamente com o Porto de Imbituba, foram os dois únicos portos (excluindo os de referência) que não zeraram nenhum dos componentes. Todos os demais portos (Rio de Janeiro, São Sebastião, Fortaleza, Ilhéus e Guaymas) tiveram ao menos 1 componente com 0% de adoção de práticas inteligentes.

No componente Energia, o Porto de Fortaleza se destaca positivamente com 75% das práticas inteligentes implementadas. Meio Ambiente e Sustentabilidade têm-se como detentores dos melhores resultados os portos de São Sebastião, e Porto de Salvador. O Porto do Rio de Janeiro lidera o componente Gerenciamento e Estratégia com 75%. Com exceção do

Porto de São Sebastião, os demais portos tiveram ótimo desempenho no componente Social, sendo a porcentagem de práticas inteligentes implementadas acima de 78%.

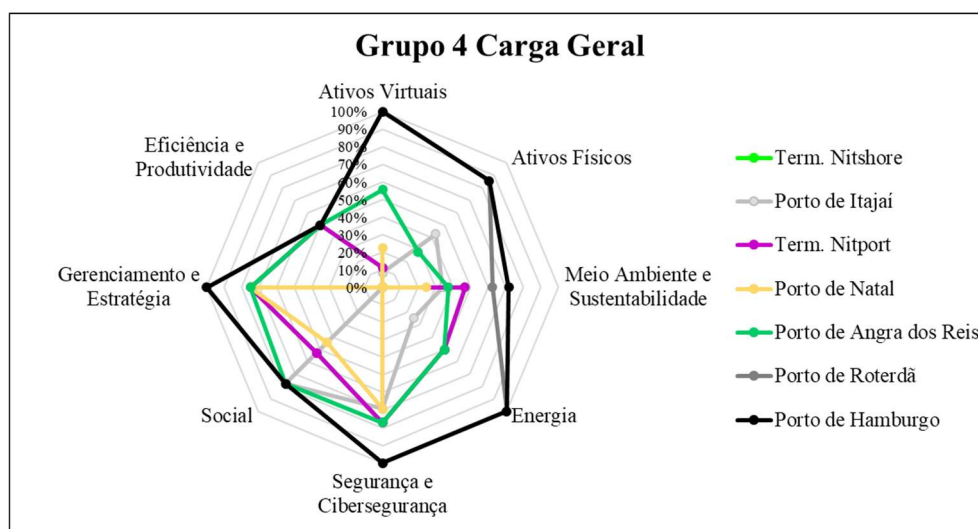
Gráfico 31 – Análise comparativa do Grupo G3 CG



Fonte: Autora (2021)

A análise para o grupo G4 CG contempla os portos de Itajaí, Natal, Angra dos Reis e os Terminais Nitshore e Nitport, cuja comparação de implementação de práticas inteligentes são ilustradas no Gráfico 32. Nitshore e Nitport são dois terminais com a mesma administração e que possuem as mesmas práticas inteligentes, logo, no gráfico é possível apenas visualizar um deles, devido sobreposição de dados.

Gráfico 32 – Análise comparativa do Grupo G4 CG



Fonte: Autora (2021)

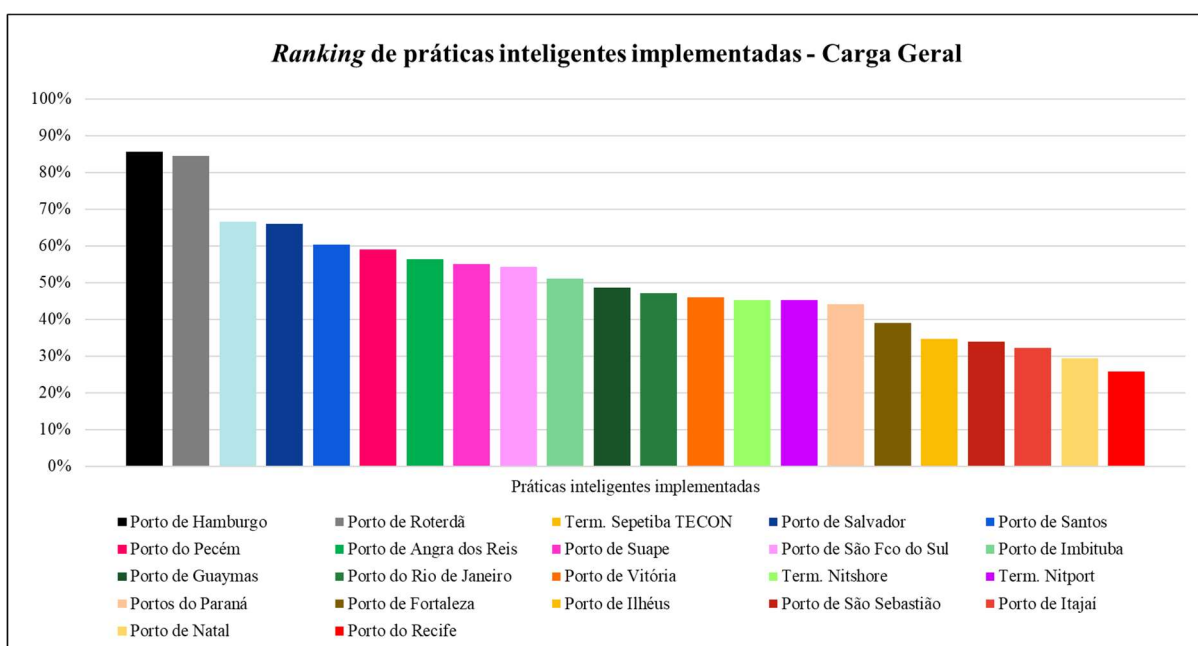
O Porto de Angra dos Reis apresenta maior número de práticas inteligentes implementadas que os demais portos e terminais brasileiros dessa análise (56%). O Porto de Itajaí apresenta baixo desempenho em alguns componentes, principalmente em Gerenciamento e Estratégia (0%), e Ativos Virtuais (8%); já nos componentes Social e Segurança e Cibersegurança, se destaca positivamente com 78% e 69%, respectivamente.

Terminais Nitport e Nitshore demonstram bom/regular desempenho na maioria dos componentes (Segurança e Cibersegurança 77%, Gerenciamento e Estratégia 75%, Social 53%, Energia e Eficiência e Produtividade levam 50%, enquanto Meio Ambiente e Sustentabilidade 47%). A exceção desses terminais se encontra no componente Tecnologias, com 11% dos Ativos Virtuais e 0% de práticas inteligentes implementadas nos Ativos Físicos.

Com o menor número de práticas inteligentes implementadas, o Porto de Natal possui desempenho irregular nos componentes, obtendo desempenho bom/regular em componentes como Social (44%), Gerenciamento e Estratégia (75%), Segurança e Cibersegurança (69%), já em componentes como Eficiência e Produtividade, Ativos Físicos e Energia, não foi registrada nenhuma prática inteligente implementada.

No Gráfico 33, apresenta-se o *ranking* dos portos e terminais movimentadores de carga geral, com base na porcentagem de práticas inteligentes implementadas em cada um deles.

Gráfico 33 – *Ranking* de portos e terminais que movimentam carga geral



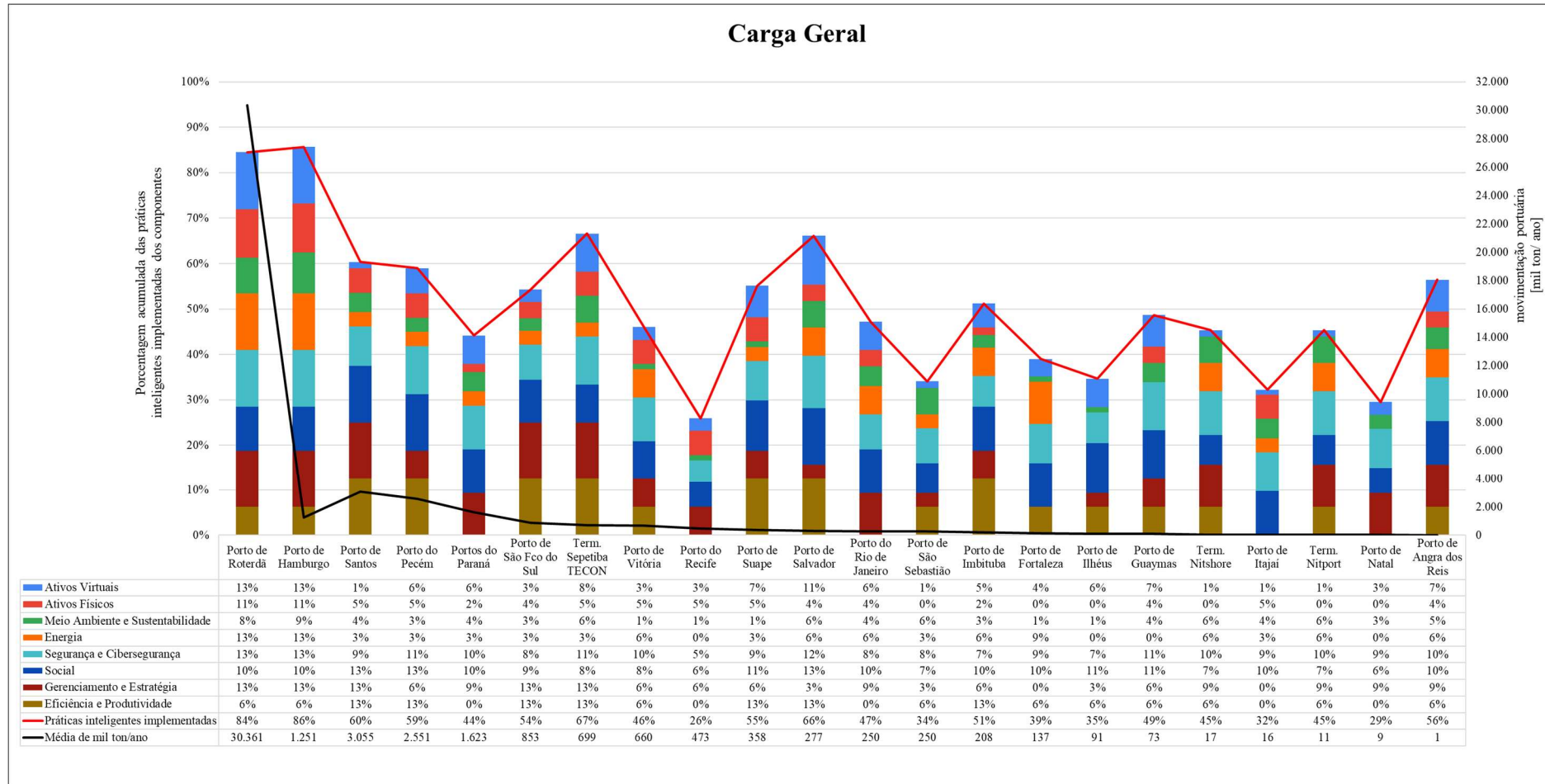
Fonte: Autora (2021)

O Terminal Sepetiba TECON obteve o primeiro lugar no *ranking*, com 67% das práticas inteligentes implementadas, seguido pelo Porto de Salvador com 66% e pelo Porto de Santos (60%). Os portos de Recife e Natal, apresentaram as menores taxa de implementação de práticas inteligentes, com 26% e 29%, respectivamente.

O Gráfico 34 apresenta um parâmetro geral dos portos e terminais que movimentam carga geral, permitindo observar que a quantidade de carga movimentada não é um fator que impacta diretamente em quanta inteligência é apresentada no respectivo porto/terminal, ou seja, não é regra que quanto maior a capacidade de movimentação de carga geral, maior a inteligência implementada. Por exemplo, o Porto de Salvador e o Terminal Sepetiba TECON apresentam 66% e 67% de práticas inteligentes implementadas respectivamente, enquanto os portos que movimentam maior quantidade de carga geral, como os portos de Santos, Pecém e Paraná, correspondem a taxas de 60%, 59% e 44%, respectivamente.

Por fim, o componente que apresentou a maior taxa média de implementação nos portos e terminais movimentadores de carga geral, foi o Social com 78%, seguido por Segurança e Cibersegurança com 73%. O componente Energia foi o que teve a menor taxa média de implementação nos portos/terminais, com somente 25%, seguido pelo subcomponente Ativos Físicos com 29%.

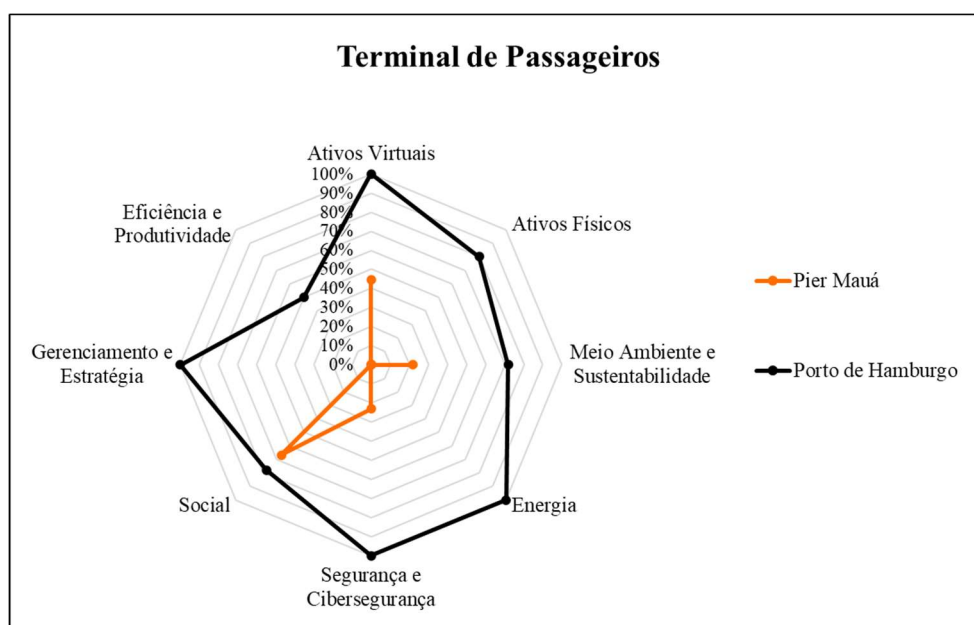
Gráfico 34 – Parâmetro geral dos portos e terminais movimentadores de carga geral



Fonte: Autora (2021)

Por ser um terminal de passageiros, o Pier Mauá foi analisado separadamente dos portos e terminais de cargas. O Porto de Hamburgo – considerado como porto de referência para as análises de portos movimentadores de carga – também conta com terminais de cruzeiro em sua infraestrutura. Assim, assume-se, para essa análise, que as mesmas práticas implementadas nos terminais de carga, são empregadas nos terminais de cruzeiro. Logo, no Gráfico 35, é ilustrado tanto os resultados do Pier Mauá, assim como do Porto de Hamburgo. Utilizou-se os mesmos critérios que na análise de granéis: excluíram-se os indicadores específicos à movimentação de contêiner.

Gráfico 35 – Análise comparativa entre Terminais de Passageiros



Fonte: Autora (2021)

De modo geral, os indicadores podem não fazer tanto sentido quando aplicados à um terminal de passageiros, entretanto, há indicadores que podem ser adaptados para este tipo de carga. Por exemplo, com relação ao Meio Ambiente e Sustentabilidade, o Pier Mauá recicla todo o material que seja passível de reciclagem através de empresa terceirizada. Caberia um estudo para verificar a viabilidade de instalação de uma infraestrutura que permitisse a reciclagem desse material descartado dentro do próprio terminal. Em termos de Energia, todos os indicadores são válidos para esse tipo de terminal: utilização de energia solar e eólica, fornecimento de energia aos navios e utilização de sensores de iluminação dinâmica nas instalações portuárias; todavia, nenhuma prática foi registrada como implementada pelo Pier Mauá.

Em relação ao componente Social, o Pier Mauá apresentou 67% das práticas inteligentes implementadas. A implementação de 44% de Ativos Virtuais, é resultado do armazenamento em nuvem do terminal de passageiros brasileiro, assim como o processo de padronização e pré-processamento de dados, e a existência de uma equipe de inteligência de dados. Dentro dos Ativos Físicos, foram considerados somente os indicadores como sistemas de monitoramento oceanográfico e meteorológico, assim como os sistemas automatizados de amarração e acoplamento do navio na operação de atracação, que seriam viáveis e interessantes para um terminal de passageiros. Entretanto, nenhuma dessas práticas foi implementada até a data de resposta do questionário. É válido ressaltar que, em relação aos ativos físicos para terminais de passageiros, existem outras prioridades como por exemplo, o conforto do passageiro.

O componente Segurança e Cibersegurança conta com 23% das práticas inteligentes implementadas. Já com relação ao Gerenciamento e Estratégia, os indicadores deveriam ser revistos de modo a se adequarem melhor às operações envolvendo passageiros. Por fim, os indicadores presentes no componente Eficiência e Produtividade – os quais dizem respeito à existência de indicadores em todos os setores do porto/terminal assim como a participação da comunidade de algum indicador, é válida para os terminais de passageiro e ao mesmo tempo não foi observada nenhuma implementação das mesmas.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, buscando alcançar o objetivo geral, caracterizou-se o conceito de portos inteligentes, assim como seus respectivos componentes e avaliou-se a implementação de práticas inteligentes em portos e terminais brasileiros. Para isso, o trabalho foi iniciado pelo levantamento bibliográfico, onde apesar de haver divergência na literatura sobre a definição de portos inteligentes, observou-se a predominância de algumas características que os definem, permitindo caracterizar os portos 4.0 e portos inteligentes, bem como seus componentes, atendendo o primeiro objetivo específico deste trabalho.

No intuito de atender o segundo objetivo específico (propor uma estrutura conceitual sobre portos inteligentes no intuito de avaliar as práticas inteligentes implementadas, através de questionário), as principais tecnologias/ferramentas de cada componente foram adotadas como indicadores de implementação de práticas inteligentes – resultando em 22 indicadores globais e 59 indicadores específicos. Na sequência, objetivando o desenvolvimento do questionário, elaborou-se para cada subcomponente, uma pergunta. Cada pergunta visou identificar a implementação de determinada prática inteligente no porto/terminal respondente.

Posteriormente, conforme previsto no terceiro objetivo específico (identificar portos e terminais que se interessem em participar da pesquisa), contataram-se os respondentes e, por fim atendendo ao quarto objetivo específico (avaliar os resultados obtidos através dos indicadores de desempenho portuário), após o recebimento e compilação das respostas, foram realizadas as análises de resultados. Assim, considera-se, portanto, que tanto os objetivos específicos quanto o objetivo geral foram cumpridos.

Para a realização das análises, optou-se por comparar os portos e terminais pelo tipo de carga movimentada, e em todas as análises foram inseridos os portos de Hamburgo e Roterdã, considerados dois portos de referência no quesito portos inteligentes. Em todas as análises, considerou-se que todos os componentes possuem o mesmo peso – com exceção dos subcomponentes que possuíam níveis; também não foi realizada nenhuma distinção sobre portos públicos e privados, devido a participação de somente 2 portos privados.

A primeira análise referiu-se aos portos movimentadores de contêineres, os quais foram divididos em 3 grupos – conforme quantidade média de TEUS movimentados nos últimos 4 anos – para que fosse possível abordar e analisar cada porto em um nível maior de detalhamento. O Terminal Sepetiba TECON apresentou melhor resultado (67% das práticas inteligentes implementadas) entre os portos/terminais movimentadores desse tipo de carga,

seguido por Salvador (64%) e Santos (59%). Os portos de Itajaí (30%) e Natal (29%) foram os portos com menor taxa de implementação de práticas inteligentes.

A segunda análise se deu entre os portos e terminais movimentadores de granel sólido. Assim como para a análise dos portos que operam contêineres, a divisão dos grupos aconteceu pela média de toneladas/ano, no mesmo período citado, objetivando maior detalhamento na análise entre portos. O Terminal Sepetiba TECON alcançou a melhor colocação com 69% das práticas inteligentes implementadas, seguido pelo Porto de Salvador com 68% e Porto de Santos com 62%. Porto de Cabedelo (11%) e o Porto de Recife (28%) ocupam as últimas posições no *ranking*.

Para os portos/terminais movimentadores de granel líquido e gasoso, repetiu-se o mesmo procedimento da análise para granel sólido: dividiu-se os 13 portos que operam esse tipo de carga em 3 grupos conforme sua movimentação portuária. Como resultado, o Porto de Santos apresentou melhor resultado (62%), seguido por Pecém (61%), Angra dos Reis (58%) e Suape (57%). O Porto do Recife (28%) e Porto de Cabedelo (11%) foram os portos com menor taxa de implementação de práticas inteligentes.

Os portos e terminais que operam carga geral (17 portos e 3 terminais), foram separados em 4 grupos, também conforme sua média anual de toneladas movimentadas nos últimos 4 anos. O Terminal Sepetiba TECON obteve o primeiro lugar no *ranking*, com 67% das práticas inteligentes implementadas, seguido pelo Porto de Salvador com 66% e pelo Porto de Santos (60%). Os portos de Recife e Natal, apresentaram as menores taxa de implementação de práticas inteligentes, com 26% e 29%, respectivamente.

Nas análises dos quatro tipos de carga, o componente que teve a maior taxa de implementação de práticas inteligentes foi o Social, com 78%, seguido pelo componente Segurança e Cibersegurança com aproximadamente 70%. Do oposto, o componente que teve a menor taxa de adesão foi Energia, com 25%, assim como Meio Ambiente e Sustentabilidade com cerca de 30%.

O Terminal de Passageiros Pier Mauá foi analisado separadamente dos demais, utilizando como referência o Porto de Hamburgo – por também contar com terminais de cruzeiros em seu porto. Como resultado, obteve 20% de práticas inteligentes implementadas em seu terminal.

Vale ressaltar, que este estudo é pioneiro no Brasil, não sendo encontrado nenhum estudo ou trabalho semelhante de levantamento de práticas inteligentes implementadas em portos e terminais brasileiros. Assim, considera-se que este trabalho permite a expansão de diversas linhas de pesquisa, assim como para a continuação do presente estudo, e de novos

projetos que visem a modernização portuária, contribuindo para que os portos busquem a melhoria de seu desempenho.

Fica claro ao longo do levantamento bibliográfico, que as práticas inteligentes possuem o foco em portos e terminais que operam contêineres. Sugere-se então, como recomendação para trabalhos futuros, o estudo de práticas que sejam específicas e diretamente vinculadas a terminais que operam outros tipos de carga, como granéis, carga geral e terminais de passageiros.

Com relação as políticas públicas implementadas no Brasil, recomenda-se um estudo a fim de comparar as políticas adotadas em países que possuam portos inteligentes e as adotadas atualmente em âmbito nacional. A investigação permitirá levantar medidas que contribuam para a redução do custo das tecnologias, além de outras medidas que viabilizem e facilitem a transformação dos portos nacionais em portos inteligentes.

Sugere-se a revisão e reaplicação do questionário com níveis de implementações das práticas inteligentes, como por exemplo: em estudo, em fase de implementação, e implementado. Os níveis permitirão apurar com maior precisão em qual etapa da transformação rumo a se tornar um porto inteligente, que o porto/terminal se encontra. Além disso, uma prática interessante ao reaplicar o questionário, seria a realização de um *workshop* ou palestra direcionada aos respondentes, a fim de esclarecer as práticas inseridas no questionário, além de sanar eventuais dúvidas que surjam no preenchimento do mesmo. Desse modo, é evitado que haja perguntas com dupla interpretação de resposta.

Tendo em vista que as tecnologias evoluem rapidamente, é recomendado que seja atualizado o levantamento dos Ativos Físicos e Virtuais frequentemente, assim como para quais aplicações determinadas tecnologias possam ser utilizadas. Sugere-se também, a verificação se tais tecnologias e práticas são utilizadas para as operações de importação e/ou exportação de cargas e ainda, recomenda-se analisar a quantidade/porcentagem de dados armazenados em cada tipo tecnologia/ferramenta de armazenamento de dados, para verificar o nível de inteligência implementado.

Sugere-se também, a inserção de perguntas relacionadas à corrupção, dentro do componente de Gerenciamento e Estratégia, sobre a adoção de medidas anticorrupção, além de verificar, dentro do componente de Eficiência e Produtividade, se há indicadores que meçam os prejuízos causados por essa prática. Além disso, recomenda-se um estudo relacionado aos pesos que devem ser atribuídos a cada indicador – dependendo das características de cada porto, por exemplo. Nesta pesquisa, o indicador Eficiência e Produtividade impactou diretamente nos resultados, afinal, dentro deste componente só havia 2 indicadores.

É aconselhado também, a criação de um modelo de maturidade, ou um roteiro para um porto “genérico” que contenha os principais passos (*roadmap*) e ferramentas (*toolkits*) a serem utilizados a fim implementar práticas inteligentes no mesmo, servindo de base aos portos e terminais brasileiros. Embora seja notório que os portos possuam características que dificultem a comparação entre os mesmos, esses tipos de ferramentas podem contribuir para o desenvolvimento inicial dos portos, e é nesse sentido que é feita essa recomendação.

REFERÊNCIAS

- ABEL, David de Campos *et al.* Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação de energia solar fotovoltaica no Hotel Praiano (Tapes/RS) In: Encontro Internacional sobre Gestão e Meio Ambiente, 21., 2019, São Paulo. **Anais [...]**. [S.L.]: Engema, 2019. v. 1, p. 1-12.
- ACCIARO, Michele *et al.* Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. **Maritime Policy & Management**, v. 41, n. 5, p. 480-500, 29 jul. 2014.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Anuário ANTAQ**. 2021. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/anuario/>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Meio ambiente: saúde e segurança ocupacional nos ambientes portuários**. 2020. Disponível em: http://web.antaq.gov.br/portaltv3/MeioAmbiente_Saude_e_Seguranca.asp. Acesso em: 02 ago. 2020.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Sistema de desempenho portuário: manual do usuário externo**. Manual do Usuário Externo. 2019a. Disponível em: http://web.antaq.gov.br/Portal/DesempenhoPortuario/SDP_Manual.pdf. Acesso em: 10 ago. 2020.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Relatório de Gestão**. 2019b. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/Relat%C3%B3rio-de-Gest%C3%A3o-2019-site.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2021.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **26º Encontro anual do sistema de desempenho portuário (SDP)**. Tema 1: estatístico aquaviário e indicadores. 2017. Disponível em: http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2016/12/Tema1_EstatisticoAquaviario.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **O Índice IDA: índice de desempenho ambiental para instalações portuárias**. Índice de Desempenho Ambiental para Instalações Portuárias. 2016. Disponível em: http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2016/12/O_Indice_IDA_Indice_Desempenho_Ambiental_Instalacoes_Portuarias.pdf. Acesso em: 27 jul. 2020.
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **O porto verde: modelo ambiental portuário**. Modelo ambiental portuário. 2011. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/portaltv3/pdf/PortoVerde.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- ALIX, Yann. **What is a smart port?** 2017. Disponível em: <http://parisinnovationreview.com/articles-en/what-is-a-smart-port>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- ATTIA, Tarek Mohammed. Importance of communication and information technology and its applications in the development and integration of performance in seaports. **Renewable Energy and Sustainable Development**, v. 2, n. 2, p. 137-146, 30 jun. 2016.

BABICA, Viktorija *et al.* Digitalization in maritime industry: prospects and pitfalls. In: GINTERS, Egils; ESTRADA, Mario Arturo Ruiz; EROLES, Miquel Angel Piera. **ICTE in Transportation and Logistics 2019**. Cham: Springer, 2019. p. 20-27.

BELFKIH, Abderrahmen *et al.* The Internet of Things for smart ports application to the port of Le Havre. In: IPASPORT'2017 INTERNATIONAL CONFERENCE, 1., 2017, Le Havre. **Proceedings of IPaSPort 2017**. Le Havre: University Le Havre Normandie, 2017. p. 1-2. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316668793_THE_INTERNET_OF_THINGS_FOR_SMART_PORTS_APPLICATION_TO_THE_PORT_OF_LE_HAVRE. Acesso em: 17 jun. 2020.

BERESFORD, A. K. C *et al.* The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution? **Maritime Policy & Management**, v. 31, n. 2, p. 93-107, abr. 2004.

BERGQVIST, Rickard *et al.* Green ports in theory and practice. In: BERGQVIST, Rickard; MONIOS, Jason. **Green ports: inland and seaside sustainable transportation strategies**. Gothenburg: Elsevier, 2019. p. 1-17.

BLAIKLOCK, Paul. Automated Stacking Cranes: in port terminals. **Port Technology**, Virginia, edition 76, p. 52-53, 6 dez. 2017.

BOJANOVA, Irena. Cloud Computing. **It Professional**, v. 15, n. 2, p. 12-14, mar. 2013.

BOUKERCHE, Azzedine *et al.* **Machine Learning-based traffic prediction models for Intelligent Transportation Systems**. Computer Networks, [S.L.], v. 181, p. 107530, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107530>.

BUIZA, Gracia *et al.* Current situation of the Mediterranean container ports regarding the operational, energy and environment areas. In: IESM CONFERENCE, 6., 2015, Seville. **6th IESM Conference**. Seville: IEEE, 2016. p. 1-7.

CARLAN, Valentin. Digital innovation in the port sector. **Competition and regulation in network industries**, v. 18, n. 1-2, p. 71-93, mar. 2017.

CEARÁ MARINE PILOTS. **Porto do Mucuripe (Companhia Docas do Ceará)**. 2019. Disponível em: <https://www.cearapilots.com.br/portos>. Acesso em: 04 mar. 2021.

CHEN, Jihong *et al.* Simplified neutrosophic exponential similarity measures for evaluation of smart port development. **Symmetry**, v. 11, n. 4, p. 485, 3 abr. 2019.

CODEBA. **Companhia das Docas do Estado da Bahia – Autoridade Portuária**. Disponível em: <http://www.codeba.com.br/eficiente/sites/portalcodesba/pt-br/home.php>. Acesso em: 02 abr. 2021.

CODESA. **Porto de Vitória**. 2021. Disponível em: <http://www.codesa.gov.br/site/index.php>. Acesso em: 04 abr. 2021.

Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ). **Plano de desenvolvimento e zoneamento portuário: Porto de Itaguaí**. 2019. Disponível em:

http://www.portosrio.gov.br/downloads/files/pdz/pdz_do_porto_organizado_de_itagua%C3%AD_-_2019.pdf. Acesso em: 02 fev. 2021.

Companhia Docas do Rio Grande do Norte (CODERN). **CIA Docas do Rio Grande do Norte**. 2021. Disponível em: <http://codern.com.br/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). **Sepetiba TECON**. 2021. Disponível em: <https://www.csn.com.br/quem-somos/grupo-csn/sepetiba-tecon/>. Acesso em: 02 fev. 2021.

COMPLEXO DO PECÉM. **Complexo do Pecém e White Martins assinam Memorando de Entendimento para implantação do HUB de Hidrogênio Verde**. 2021. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/complexo-do-pecem-e-white-martins-assinam-memorando-de-entendimento-para-implantacao-do-hub-de-hidrogenio-verde-no-ceara/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros (PORTO DE SUAPE). **Porto de Suape autorizado a receber navios de 366 metros de comprimento**. 2021a. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/pt/noticias/1483-porto-de-suape-autorizado-a-receber-navios-de-366-metros-de-comprimento>. Acesso em: 04 fev. 2021.

Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros (PORTO DE SUAPE). **Equipamento que gera energia por meio das ondas do mar será instalado em Suape por pesquisadores da IFPE**. 2021b. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/pt/noticias/1478-equipamento-que-gera-energia-por-meio-das-ondas-do-mar-sera-instalado-em-suape-por-pesquisadores-da-ifpe>. Acesso em: 04 fev. 2021.

Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD). **Port marketing and the challenge of the third generation port**. 1991. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tdc4ac7_d14_en.pdf. Acesso em: 06 jul. 2020.

Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD). **Ports newsletter n°19**. 1999. Disponível em: <https://unctad.org/en/Docs/posdtetibm15.en.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD). **Port Performance: linking performance indicators to strategic objectives**. Linking Performance Indicators to Strategic Objectives. 2016. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dtlkdb2016d1_en.pdf. Acesso em: 08 ago. 2020.

Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD). **Review of maritime transport 2018**. 2018. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf. Acesso em: 23 jun. 2020.

Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD). **Review of maritime transport 2019**. 2019. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2019_en.pdf. Acesso em: 23 jun. 2020.

CONVEYCO. **The advantages and disadvantages of automated guided vehicles (AGVs)**. 2019. Disponível em: <https://www.conveyco.com/advantages-disadvantages-automated-guided-vehicles-agvs/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

DOOMS, Michaël. **Port industry performance management**. 2014. Disponível em: <https://www.iqpc.com/media/9456/29665.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2020.

DELENCLOS, Francois-xavier *et al.* **To get smart, ports go digital**. 2018. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2018/to-get-smart-ports-go-digital>. Acesso em: 20 jul. 2020.

DELOITTE PORT SERVICES. **Smart ports: point of view by Deloitte Port Services**. Point of view by Deloitte Port Services. 2017. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/energy-resources/deloitte-nl-er-port-services-smart-ports.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2020.

DOCAS DO CEARÁ. **Conheça o porto**. 2021. Disponível em: <http://www.docasdoceara.com.br/conhe%C3%A7a-o-porto>. Acesso em: 10 mar. 2021.

DOUAILOU, Kaoutar *et al.* Smart port: design and perspectives. In: International conference on logistics operations management. (GOL), 4., 2018, Le Havre. **2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)**. Le Havre: IEEE, 2018. p. 1-6. DOI: 10.1109/GOL.2018.8378099.

DREWRY MARITIME RESEARCH. **Retrofit terminal automation: measuring the market**. 2018. Disponível em: https://globalmaritimehub.com/wp-content/uploads/2018/03/Neil_Davidson__presentation_2018.pdf. Acesso em: 10 ago. 2020.

DURÁN, Claudia A *et al.* A conceptual model for a cyber-social-technological-cognitive smart medium-size port. In: International conference on information technology and quantitative management, 7., 2019, Granada. **Procedia Computer Science 162**. Granada: Elsevier B. V., 2019. p. 94-101. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.263>. Acesso em: 06 jun. 2020.

EUROPEAN SEA PORTS ORGANIZATION (ESPO). **Port performance indicators selection and measurement indicators**. 2012. Disponível em: https://www.espo.be/media/pages/12-01-25_-_PPRISM_WP4_Deliverable_4.2_Website.pdf. Acesso em: 08 ago. 2020.

FRANCISCHINI, Andresa S. N *et al.* **Indicadores de desempenho: dos objetivos à ação - métodos para elaborar KPIs e obter resultados**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017. 435 p.

FREDETTE, John *et al.* The Promise and Peril of Hyperconnectivity for Organizations and Societies. In: WORLD ECONOMIC FORUM, 7., 2012, Genebra. **The Global Information Technology Report 2012**. Genebra: World Economic Forum, 2012. p. 113-119. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/GITR/2012/GITR_Chapter1.10_2012.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.

FRIDELL, Erik. Emissions and Fuel Use in the Shipping Sector. In: BERGQVIST, Rickard; MONIOS, Jason. **Green ports: inland and seaside sustainable transportation strategies**. Gothenburg: Elsevier, 2019. Cap. 2. p. 19-33. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-00965-5>. Acesso em: 27 jul. 2020.

GARÍN, Miguel. **0:00 / 1:49:32 Webinar puertos inteligentes y nuevas tecnologías**. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DHmeGRAXZks>. Acesso em: 19 maio 2020.

GARTNER (Stamford). **Gartner Glossary**. 2020. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization>. Acesso em: 26 jun. 2020.

GATTO, Elaine Cecília. **Funções e procedimentos: modularização**. 2020. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/funcoes-e-procedimentos-modularizacao> Acesso em: 01 ago. 2020.

GIZELIS, Christos-antonios *et al.* Towards a smart port: the role of the telecom industry. **Artificial Intelligence Applications and Innovations. Aiai 2020 Ifip Wg 12.5 International Workshops**, v. 585, p. 128-139, 29 maio 2020. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-49190-1_12.

GLOMEEP. **Global maritime energy efficiency partnerships**. 2020. Disponível em: <https://glomeep.imo.org/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

GONZÁLEZ, Alberto Rodrigo *et al.* Preparation of a smart port indicator and calculation of a ranking for the Spanish port system. **Logistics**, v. 4, n. 2, p. 9, 1 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/logistics4020009>.

GOULART, Felipe Peron *et al.* Análise de indicadores de desempenho em um porto de Santa Catarina. In: Congresso Internacional de Desempenho Portuário (CIDESPORT), 6., 2019. **Anais do Congresso Internacional de Desempenho Portuário**. Florianópolis, 2019. p. 1-14. Disponível em: <https://proceedings.science/p/114791>. Acesso em: 09 ago. 2020.

GOVERNODO ESTADO DA PARAÍBA. **Porto de Cabedelo se destaca como um dos mais eficientes do país**. 2020. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/noticias/portos-brasil-porto-de-cabedelo-se-destaca-como-um-dos-mais-eficientes-do-pais>. Acesso em: 04 abr. 2021.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Portos do Paraná firma parceria inédita com Fundación Valenciaport**. 2020. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=108281&tit=Portos-do-Parana-firma-parceria-inedita-com-Fundacion-Valenciaport>. Acesso em: 09 abr. 2021.

HA, Min-ho *et al.* Port performance in container transport logistics: a multi-stakeholder perspective. **Transport Policy**, v. 73, p. 25-40, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.09.021>.

HEILIG, Leonard *et al.* Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. **Netnomics: Economic Research and Electronic Networking**, v. 18, n. 2-3, p. 227-254, dez. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11066-017-9122-x>.

HEILIG, Leonard *et al.* Information systems in seaports: a categorization and overview. **Inf Technol Manag** 2017. Springer Science. New York, p. 179-201. 01 nov. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10799-016-0269-1>. Acesso em: 13 ago. 2020.

ICTSI RIO BRASIL 1. **Fazer dos portos ao redor do mundo condutores para o crescimento positivo e sustentável**. 2021. Disponível em: <http://www.ictsirio.com/>. Acesso em: 02 fev. 2021.

International Association of Ports and Harbors (IAPH). **About WPSP**. 2017. Disponível em: <https://sustainableworldports.org/about/>. Acesso em: 27 jul. 2020

International Maritime Organization (IMO). **Third IMO GHG Study 2014**. 2015. Disponível em: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2020.

International Port Community Systems Association (IPCSA). **Port community systems**. 2020. Disponível em: <https://ipcsa.international/pcs>. Acesso em: 01 ago. 2020.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). **Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimativa da probabilidade da automação de ocupações no Brasil**. 2019. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9116/1/td_2457.pdf. Acesso em: 06 out. 2020.

JOHNSON, Graham. **Cell Phone Data Makes Traffic Analysis and Transportation Planning Easier**. 2020. Disponível em: <https://www.sehinc.com/news/cell-phone-data-makes-traffic-analysis-and-transportation-planning-easier>. Acesso em: 08 set. 2020.

KALISZEWSKI, Adam. Porty piątej oraz szóstej generacji (5GP, 6GP) – ewolucja ekonomicznej i społecznej roli portów. **Studia I Materiały Instytutu Transportu I Handlu Morskiego**, n. 14, p. 93-123, 31 dez. 2017. Uniwersytet Gdański. <http://dx.doi.org/10.26881/sim.2017.4.06>.

KARAS, Adrianna. Smart port as a key to the future development of modern ports. **Transnav, The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation**, v. 14, n. 1, p. 27-31, 2020. Faculty of Navigation. <http://dx.doi.org/10.12716/1001.14.01.01>.

KORCZAK, Jerzy e KIJEWSKAB, Kinga. Smart logistics in the development of smart cities. In: International Conference “Green Cities: Logistics for Greener Cities”, 3., 2018, Szczecin. **Transportation Research Procedia**. Szczecin: Elsevier B.V., 2019. v. 39, p. 201-211. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.06.022. Acesso em: 19 jun. 2020.

LEE, Paul Tae-woo e LAM, Jasmine Siu Lee. Developing the fifth generation ports model. **Dynamic Shipping and Port Development in The Globalized Economy**, p. 186-210, 2016. Palgrave Macmillan UK. http://dx.doi.org/10.1057/9781137514233_8.

LOGICAL MINDS. **O que é computação móvel e como você pode fazer uso dessa tecnologia?** 2017. Disponível em: <http://logicalminds.com.br/o-que-e-computacao-movel-e-como-voce-pode-fazer-uso-dessa-tecnologia> Acesso em: 02 ago. 2020.

LOOP PORTS (Europa). **Circular economy practices.** 2020. Disponível em: <https://www.loop-ports.eu/circular-economy-tools/top3/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MARINE TRAFFIC. **MSC GULSUN.** Disponível em: https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:5927428/mmsi:372003000/imo:9839430/vessel:MSC_GULSUN#. Acesso em: 20 jul. 2020.

MCFARLANE, Duncan *et al.* Intelligent logistics: involving the customer. **Computers in Industry**, v. 81, p. 105-115, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2015.10.002>.

MICHAELIDES, Michalis *et al.* Port-2-port communication enhancing short sea shipping performance: the case study of Cyprus and the eastern Mediterranean. **Sustainability**, v. 11, n. 7, p. 1912, 30 mar. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11071912>.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA *et al.* **Plano Mestre Complexo Portuário de Fortaleza e Pecém.** 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/for-pec-rel-vf-pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Mapas de infraestruturas de portos.** 2020b. Disponível em: http://infraestrutura.gov.br/images/BIT_TESTE/Mapas/Infra_Portos.pdf. Acesso em: 29 jul. 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Plano Mestre Complexo Portuário de Recife e Suape.** 2019. Disponível em: https://www.portodorecife.pe.gov.br/arquivos/plano_mestre/plano-mestre-porto-do-recife-suape-v1.pdf. Acesso em: 10 mar. 2021.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Porto sem Papel - PSP.** 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/conteudo-inteligencia-logistica/porto-sem-papel-ppsp>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA) *et al.* **Plano Mestre Complexo Portuário de Ilhéus.** 2018a. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/ios-rel-vf-25102018-pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA) *et al.* **Complexo portuário de Paranaguá e Antonina.** 2018b. Disponível em: http://www.portosdoparana.pr.gov.br/sites/portos/arquivos_restritos/files/documento/2019-06/plano_mestre_dos_portos_de_paranagua_e_antonina.pdf. Acesso em: 22 jan. 2021.

MOLAVI, Anahita *et al.* A framework for building a smart port and smart port index. **International Journal Of Sustainable Transportation**, v. 14, n. 9, p. 686-700, 13 maio 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15568318.2019.1610919>.

MONTIBELLER, Gilberto. **0:00 / 1:33:16 Inovações na análise de cenários e gestão de risco**. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=K72MJPOI9HI>. Acesso em: 03 ago. 2020.

NANIOPOULOS, A *et al.* **WORKPORT**. 2000. Disponível em: <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/workport.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

NAÇÕES UNIDAS. **Paris agreement**. 2015. Disponível em: https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf. Acesso em: 24 jul. 2020.

NEVES, Marco Antonio Oliveira. Tudo sobre indicadores de desempenho em logística. **Revista Mundo Logística**. Maringá, p. 31-45. set. 2009. Disponível em: <http://materiais.revistamundologistica.com.br/artigo-indicadores-de-desempenho>. Acesso em: 07 ago. 2020.

NIKITAKOS, Nikitas. Green logistics: the concept of zero emissions port. **Fme Transactions**, v. 40, n. 4, p. 201-206, nov. 2012.

NITPORT. **Infraestrutura**. 2021. Disponível em: <http://www.nitport.com.br/infraestrutura.html>. Acesso em: 02 fev. 2021.

OZTURK, Metin *et al.* Energy-aware smart connectivity for IoT networks: enabling smart ports. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2018, p. 1-11, 28 jun. 2018. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/5379326>.

PACTO GLOBAL. **Gigante no mercado financeiro adere ao investimento sustentável**. 2021. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/noticia/42#:~:text=O%20que%20significa%20ESG%3F,nas%20quais%20eles%20est%C3%A3o%20investindo>. Acesso em: 15 abr. 2021

PARK, Doo-Jin *et al.* RFID-Based RTLS for improvement of operation system in container terminals. **2006 Asia-Pacific Conference on Communications**, p. 1-5, ago. 2006. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/apcc.2006.255837>

PARMAWATI, Rita, *et al.* **Features, Innovation, and Environmental Sustainability of Mayangan Fish Port, Probolinggo, Indonesia: an analysis of mds**. Iop Conference Series: Earth and Environmental Science, [S.L.], v. 239, p. 012037, 18 fev. 2019. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/239/1/012037>.

PHILIPP, Robert. Digital readiness index assessment towards smart port development. **Sustainability Management Forum | Nachhaltigkeitsmanagementforum**, 26 maio 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00550-020-00501-5>.

PIANC. **'Sustainable ports' a guide for port authorities**. 2014. Disponível em: <https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/EnviCom-WG-150-FINAL-VERSION.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2020.

- PIER MAUÁ. **O Porto do Rio**. 2021. Disponível em: <https://www.piermaua.rio/infraestrutura/>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- PORT AUTHORITY NEW YORK AND NEW JERSEY. **Sustainability**. 2020. Disponível em: <https://www.panynj.gov/port/en/our-port/sustainability.html>. Acesso em: 27 jul. 2020.
- PORTO, Sandro Luiz Zalewski. Avaliação da Eficiência Portuária: Sistema de Medição de Desempenho (SMD). **Anais [...]**, Florianópolis, p. 1-11, nov. 2018. Galoa. <http://dx.doi.org/10.17648/cidesport-2018-89329>.
- PORTO DE CABEDELO. **Quem somos**. 2021. Disponível em: <http://portodecabedelo.pb.gov.br/porto/quem-somos/>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- PORTO DE HAMBURGO. **Port of Hamburg**. 2021. Disponível em: <https://www.hafen-hamburg.de/en>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- PORTO DE ITAJAÍ. **Perfil do Porto**. Disponível em: <http://www.portoitajai.com.br/novo/l/perfil-do-porto>. Acesso em: 22 jan. 2021.
- PORTO DE ROTERDÃ. **The port for students**. 2021a. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com/en/our-port/work-and-education/learn-about-the-port/the-port-for-students>. Acesso em: 10 out. 2021.
- PORTO DE ROTERDÃ. **Port of Rotterdam**. 2021b. Disponível em: <https://www.portofrotterdam.com/en>. Acesso em: 03 abr. 2021.
- PORTO DO ITAQUI. **Infraestrutura**. 2021. Disponível em: <https://www.portodoitaqui.ma.gov.br/porto-do-itaqui/infraestrutura>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- PORTOS DO PARANÁ. **Melhorias elevam movimentação nos portos do Paraná**. 2020. Disponível em: <http://www.portosdoparana.pr.gov.br/Noticia/Melhorias-elevam-movimentacao-nos-portos-do-Parana>. Acesso em: 9 abr. 2021.
- PORTO ITAPOÁ. **Infraestrutura**. 2021. Disponível em: <https://www.portoitapoa.com/infraestrutura/>. Acesso em: 22 jan. 2021.
- PORTO SÃO SEBASTIÃO. **O Porto**. 2021. Disponível em: <http://portoss.sp.gov.br/home/infraestrutura-portuaria/oporto/>. Acesso em: 24 jan. 2021.
- PORTOS E NAVIOS. **Splenda Offshore assume a administração do Porto de Angra dos Reis**. 2020a. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/splenda-offshore-assume-a-administracao-do-porto-de-angra-dos-reis>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- PORTOS E NAVIOS. **Porto do Recife receberá R\$ 51 milhões para obras**. 2020b. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-do-recife-recebera-r-51-milhoes-para-obras>. Acesso em: 04 abr. 2021.

PORTOS E NAVIOS. **Porto de Suape será hub logístico da Argentina para o Nordeste.** 2021a. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-de-suape-sera-hub-logistico-da-argentina-para-o-nordeste>. Acesso em: 03 abr. 2021.

PORTOS E NAVIOS. **Capitania dos Portos homologa novo berço do Porto de Salvador.** 2021b. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/capitania-dos-portos-homologa-novo-berco-do-porto-de-salvador>. Acesso em: 03 mar. 2021.

PORTOS E NAVIOS. **Porto do Recife firma parceria para buscar excelência e inovação.** 2021c. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/porto-do-recife-firma-parceria-para-buscar-excelencia-e-inovacao>. Acesso em: 26 abr. 2021.

PORTS & TECHNOLOGY. **Ports and terminals.** 2020. Disponível em: <https://ctac.events/ports-and-terminals/>. Acesso em: 17 ago. 2020.

PORTS & TECHNOLOGY. **Port of Hamburg Hails 5G Success.** 2018. Disponível em: https://www.porttechnology.org/news/port_of_hamburg_hails_5g_success/. Acesso em: 10 nov. 2020.

PORTS & TECHNOLOGY. **New Online Training Portal and Operational End-user Training.** 2017. Disponível em: https://www.porttechnology.org/news/navis_to_launch_virtual_reality_terminal_operator_training/. Acesso em: 02 set. 2020.

PUERTO DE GUAYMAS. **Infraestructura.** Disponível em: <https://www.puertodeguaymas.com.mx/infraestructura>. Acesso em: 14 fev. 2021.

RAJABI, Aboozar *et al.* Towards smart port: an application of AIS data. **2018 IEEE 20th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS).** Le Havre: IEEE, 2018. p. 1414-1421. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8622972>. Acesso em: 20 jul. 2020

RASHEED, Adil *et al.* Digital twin: values, challenges and enablers from a modeling perspective. **IEEE Access.** Trondheim, p. 21980-22012. 28 jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970143>. Acesso em: 13 ago. 2020.

RESCH, Andrea e BLECKER, Thorsten. Smart logistics: a literature review. In: BLECKER, Thorsten; KERSTEN, Wolfgang; RINGLE, Christian M. **Pioneering Supply Chain Design.** Lohmar: Verlag, 2012. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=nCuzRGxDAbYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 18 jun. 2020.

RIEDL, Jens *et al.* **To get smart, ports go digital.** 2018. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2018/to-get-smart-ports-go-digital.aspx>. Acesso em: 17 jun. 2020.

ROCA, Xavier *et al.* **4 tendencias sociales, la clave para los puertos en 2040**. 2020. Disponível em: <https://piernext.portdebarcelona.cat/personas/4-tendencias-sociales-la-clave-para-los-puertos-en-2040/>. Acesso em: 06 set. 2020.

RODRIGUE, Jean-Paul. **Automation, innovation, digitalization**. 2020. Disponível em: https://porteconomicsmanagement.org/?page_id=953. Acesso em: 14 ago. 2020.

RODRIGUE, Jean-Paul. **Automated guided vehicles and automated stacking cranes, Long Beach Container Terminal (LBCT)**. 2019. Disponível em: https://porteconomicsmanagement.org/?page_id=984. Acesso em: 14 ago. 2020.

RODRIGUE, Jean-Paul. **Control station for automated stacking cranes**. 2018. Disponível em: https://porteconomicsmanagement.org/?page_id=992. Acesso em: 14 ago. 2020

ROJKO, Andreja. Industry 4.0 concept: background and overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**. Kirchengasse, p. 77-90. 10 jul. 2017. eISSN: 1865-7923.

SAANEN, Yvo. 10 pre-requisites for smart terminals. **Port Technology**, Países Baixos, v. 86, n. 1, p. 7-10, 27 jun. 2019. Disponível em: <https://ast.porttechnology.org/wp-content/media/20190712231121/TBA86.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020

SAKTY, Khaled Gaber El. Logistics road map for smart seaports. **Renewable Energy and Sustainable Development**, v. 2, n. 2, p. 91-95, 30 jun. 2016. Arab Academy for Science, Technology, and Maritime Transport (AASTMT). <http://dx.doi.org/10.21622/resd.2016.02.2.091>.

SANTOS PORT AUTHORITY. **Complexo portuário de Santos**. 2021. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/conheca-o-porto/o-porto-de-santos/>. Acesso em: 03 fev. 2021.

SAPERE. **Hinterland e foreland**. 2009. Disponível em: <http://metodologiacientificarosilda.blogspot.com/2009/02/hinterland-e-foreland.html>. Acesso em: 14 ago. 2020.

SARI, A. Y. e PAMADI, M. The smart port concept of Batu Ampar Port in Batam. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 343., 2019, Bristol. **IOP Science**. Bristol: Iop Publishing Ltd, 2019. p. 10-10. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012095>. Acesso em: 01 jun. 2020.

SCHLUSE, Michael *et al.* Experimentable digital twins: streamlining simulation-based systems engineering for Industry 4.0. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**. Aachen, p. 1722-1731. 12 fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2804917>. Acesso em: 13 ago. 2020

SCPAR PORTO DE IMBITUBA. **Porto de Imbituba**. 2021. Disponível em: <http://www.portodeimbituba.com.br/site/porto/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SCPAR PORTO DE SÃO FRANCISCO DO SUL. **Informações Gerais**. 2021. Disponível em: <https://portosaofrancisco.com.br/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SECRETARIA NACIONAL DE PORTOS *et al.* **Plano Mestre Complexo Portuário de Areia Branca**. 2018a. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/are-sumario-executivo-pag-simples-pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SECRETARIA NACIONAL DE PORTOS *et al.* **Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias**. 2018b. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/ssa-arb-rel-vf-vol-1-pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SIGNIFICADOS. **Significado de Tecnologia**. 2021. Disponível em: <https://www.significados.com.br/tecnologia-2/>. Acesso em: 12 maio 2021.

SYMEO. **Detecção de posição altamente precisa para aplicações indoor e outdoor**. 2020. Disponível em: <https://www.symeo.com/pt/aplicacoes/deteccao-de-posicao/index.html>. Acesso em: 17 ago. 2020.

TAVARES, Gabriela Oliveira. A relação dos indicadores de desempenho da logística portuária com os indicadores de desempenho da logística internacional. In: Congresso Internacional de Desempenho Portuário (CIDESPORT), 4., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2017. p. 1-20.

TERMINAL PORTUÁRIO DE ANGRA DOS REIS. **Porto de Angra dos Reis**. 2021. Disponível em: <https://tpar.com.br/quemsomos.html>. Acesso em: 28 jan. 2021.

TRELLEBORG MARINE AND INFRASTRUCTURE. **The smartport platform: automoor**. AutoMoor. 2020. Disponível em: <https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/products--solutions--and--services/marine/smartport>. Acesso em: 14 ago. 2020.

URBANCOVÁ, Hana, *et al.* Effective Training Evaluation: the role of factors influencing the evaluation of effectiveness of employee training and development. **Sustainability**, [S.L.], v. 13, n. 5, p. 2721, 3 mar. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13052721>.

USMAN, Aminu Bello e GUTIERREZ, Jairo. Toward trust based protocols in a pervasive and mobile computing environment: a survey. **Ad Hoc Networks**, v. 81, p. 143-159, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.07.009>.

WU, Yunjian *et al.* Study on intelligent port under the construction of smart city. In: IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, 2013, Dongguan. **Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics**. Dongguan: IEEE, 2013. p. 1-5. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6611405>. Acesso em: 19 jul. 2020.

YAU, K. A. *et al.* Towards smart port infrastructures: enhancing port activities using information and communications technology. **IEEE Access**, vol. 8, pp. 83387-83404, 2020, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2990961.

ZHANG, Lu *et al.* The construction strategy and measures for ecological analysis of China's ports. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 133, p. 012027, abr. 2018. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/133/1/012027>.

ZSIFKOVITS, Helmut e WOSCHANK, Manuel. Smart logistics: technologiekonzepte und potentiale. **Bhm Berg: Und Hüttenmännische Monatshefte**, v. 164, p. 42-45, jan. 2019. Springer Science and Business Media LLC. DOI: 10.1007/s00501-018-0806-9.

APÊNDICE A – Questionário



Smart Ports: Avaliação do uso de componentes inteligentes em portos/terminais brasileiros

Através da implementação de **tecnologias** e de um **gerenciamento** inteligente, o **Porto Inteligente** tem como objetivo, aumentar a **eficiência** e **produtividade**, levando em conta quesitos **sociais**, **sustentáveis**, **energéticos** e de **segurança**.

Este questionário possui o objetivo de **avaliar o uso de 7 componentes inerentes a portos inteligentes, pelos portos e terminais brasileiros.**



Esta pesquisa faz parte de um estudo de caso do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da aluna Suzane Carolyne Gorges, graduanda do curso de Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Joinville. O trabalho possui orientação da Profª Dra. Vanina Macowski Durski Silva.

Para iniciar o questionário, avance para a próxima página! O preenchimento leva em torno de 10 minutos.

Próxima

Dados

Nome do porto/terminal: *

Sua resposta

Função/cargo que ocupa:

Sua resposta

Tipo de carga movimentada no porto/terminal: *

- Containerizada
- Granel Sólido
- Granel Líquido e Gasoso
- Carga Geral

Voltar

Próxima

Tecnologia - Ativos Virtuais

Nesta seção serão abordadas subcomponentes de Portos Inteligentes no que diz respeito à implementação e utilização de tecnologias que envolvam ativos virtuais, como softwares.

Como o porto/terminal armazena os dados com os quais trabalha? *

- Nuvem
- Pastas compartilhadas
- Computador pessoal
- Papel

O porto/terminal possui uma equipe de inteligência de dados? *

- Sim
- Não

Há padronização e pré-processamento de dados? *

- Sim, os dados são padronizados e existe um pré-processamento dos mesmos.
- Os dados são padronizados mas não há pré-processamento de dados.
- Não

O porto/terminal utiliza machine learning para tratamento de dados? *

- Sim
- Não é utilizado machine learning
- Não é realizado tratamento de dados

O porto/terminal possui contato direto com outros portos, terminais e comunidade portuária através de um sistema unificado? (Por exemplo, através de sistemas como o Port Community System, PortCDM, entre outros) *

- Sim
- Parcialmente, somente com alguns atores portuários
- Fase de implementação de sistema
- Não

Há utilização de digital twin ou de protótipos virtuais sincronizados (em caso de implementação de um novo equipamento)? *

- Sim
- Não

O porto/terminal utiliza blockchain em algum processo? *

- Sim
- Não

Tecnologia - Ativos Físicos

Nesta seção serão abordadas características dos Portos Inteligentes no que diz respeito à implementação e utilização de tecnologias que envolvam ativos físicos, como equipamentos.

O porto/terminal conta com veículo(s) guiado(s) automaticamente (AVG) nas operações? *

- Sim
- Não
- Não se aplica

Há guindaste(s) de empilhamento de contêineres automático(s)? *

- Sim
- Não
- Não se aplica

O porto/terminal conta com guindaste(s) de cais/portêiner automatizado(s)? *

- Sim
- Não
- Não se aplica

O porto/terminal possui gate(s) automatizado(s)? *

- Sim
- Não

Há sistema de sensor wireless no pátio, para identificação de posicionamento de cargas? *

- Sim
- Não

O porto/terminal possui sistema de amarração de navios automatizado? *

- Sim
- Não

O porto/terminal conta com um sistema auxiliar de acoplamento de navios? *

- Sim
- Não

Há um sistema de monitoramento meteorológico através de sensores? (coleta de dados de vento, temperatura, pressão, visibilidade, umidade, radiação solar, chuva, entre outros) *

- Sim
- Não

Há um sistema de monitoramento oceanográfico através de sensores? (coleta de dados de altura e período de onda, direção e velocidade da água, tendência de maré, salinidade e temperatura da água, entre outros) *

Sim

Não

Existe algum equipamento que possua inteligência implementada, e que não esteja mencionado neste questionário? Se sim, qual(is)?

Sua resposta

Meio Ambiente e Sustentabilidade

Nesta seção serão abordadas características dos Portos Inteligentes no que diz respeito ao meio ambiente e sustentabilidade.

É realizada a reciclagem de materiais descartados dentro do porto? *

Sim, é reciclado todo o material que seja passível de reciclagem

Parcialmente, somente alguns tipos de materiais

Os materiais são reciclados por empresas terceirizadas fora do porto

Não

O porto/terminal conta com iniciativas de economia circular (objetivando que produtos, materiais e recursos sejam mantidos na economia pelo maior tempo possível e a geração de resíduos seja minimizada)? *

- Sim
- Não

O porto/terminal possui alguma certificação ambiental? Cite quais.

Sua resposta _____

Há limpeza/retirada de resíduos das vias hídricas adjacentes ao terminal/porto? *

- Sim
- Não

Existe uma infraestrutura interna para reparos em navios (com equipamentos como impressora 3D para produção de peças de reposição, pequenos componentes, entre outros)? *

- Sim
- Não

Existe uma infraestrutura interna para descomissionamento de navios? *

- Sim
- Não

Há o compartilhamento de equipamentos com outros terminais/portos? *

- Sim
- Não

O porto/terminal possui algum projeto de geração de crédito de carbono? *

- Sim
- Não
- Não se aplica

Energia

Nesta seção serão abordadas características dos Portos Inteligentes no que diz respeito à quesitos energéticos.

Há um sistema de fornecimento de energia elétrica para os navios enquanto os mesmos estão atracados (permitindo que os mesmos não queimem combustível enquanto estão no porto)? *

- Sim
- Não

Há geração de energia solar para utilização nas atividades operacionais e/ou administrativas do porto/terminal? *

- Sim
- Não

Há geração de energia eólica para utilização nas atividades operacionais e/ou administrativas do porto/terminal? *

- Sim
- Não

Há sensores de iluminação dinâmica nas instalações portuárias a fim de reduzir o consumo desnecessário de energia? *

- Sim
- Parcial
- Não

Segurança e Cibersegurança

Nesta seção serão abordadas características dos Portos Inteligentes no que diz respeito à segurança e cibersegurança.

Há um sistema de monitoramento por câmeras? *

- Sim
- Não

porto/terminal possui um sistema de segurança por biometria? *

Sim

Não

Há um sistema de segurança por sensores e/ou laser? *

Sim

Não

porto/terminal possui um sistema de OCR (reconhecimento ótico de caracteres) para identificação dos motoristas de caminhões? *

Sim

Não

porto/terminal possui um sistema de comunicação em tempo real com as embarcações? *

Sim

Não

O porto/terminal conta com sistema de rastreabilidade de cargas (através de sensores, etiquetas inteligentes)? *

- Sim
- Não
- Depende da carga

Há um sistema de RFID (Identificação por radiofrequência) na leitura de contêineres? *

- Sim
- Não

O porto/terminal conta com um sistema de RFID (Identificação por radiofrequência) na leitura de placas de caminhões? *

- Sim
- Não

O porto/terminal possui um Plano de Ajuda Mútua? (Resolução nº 7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020) *

- Sim
- Não

Há um Plano de Controle de Emergência? (Resolução nº 7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020) *

- Sim
- Não

O porto/terminal possui um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais? (Resolução nº 7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020) *

- Sim
- Não

O porto/terminal conta com Análise Preliminar de Riscos? (Resolução nº 7.954-ANTAQ, de 13 de agosto 2020) *

- Sim
- Não

O porto/terminal conta com um sistema de monitoramento de cargas perigosas presentes no pátio/armazéns? *

- Sim
- Não
- Não se aplica

O porto/terminal possui um sistema de proteção de dados/informações? *

Sim

Não

Social

Nesta seção serão abordadas características dos Portos Inteligentes no que diz respeito ao quesito social.

A organização possui projetos sociais com a comunidade? Cite quais. *

Sua resposta _____

Há um programa de apoio a pescadores artesanais? *

Sim

Não

O porto/terminal possui projetos de educação ambiental com a comunidade? *

Sim

Não

São realizados treinamentos e capacitações com os operadores quanto à correta operação dos equipamentos? *

- Sim
- Não

Os funcionários administrativos recebem treinamentos quando uma nova ferramenta (software/metodologia) é implementada? Cite quais.

Sua resposta

O porto/terminal possui cursos e treinamentos internos para os funcionários? *

- Sim
- Não

Existe um plano de realocação de postos de trabalho (por conta da implementação de novas tecnologias)? *

- Sim
- Não

O porto/terminal investe na capacitação dos funcionários (formação externa)? *

- Sim
- Não

O porto/terminal possui um bom relacionamento com órgãos públicos, no intuito de desenvolver políticas e diretrizes do transporte marítimo? *

- Sim
- Razoavelmente
- Não

Gerenciamento e Estratégia

Nesta seção serão abordadas características dos Portos Inteligentes no que diz respeito ao gerenciamento e estratégia.

O porto/terminal possui um sistema de predição de tráfego de caminhões? *

- Sim
- Não

O porto/terminal possui um sistema de predição de tráfego de vagões? *

- Sim
- Não
- Não se aplica

O porto/terminal possui um sistema de predição de tempo de operações dos navios? *

Sim

Não

O porto/terminal possui um planejamento de manutenção e reparos de equipamentos de pátio? *

Sim

Não

Eficiência e Produtividade

Nesta seção serão abordadas características dos Portos Inteligentes no que diz respeito à eficiência e produtividade.

O porto/terminal possui indicadores de desempenho em todos os setores? É aplicado alguma metodologia específica? Comente. *

Sua resposta

Alguns dos indicadores de desempenho possuem participação da comunidade portuária? Comente. *

Sua resposta

Obrigada!

Agradecemos sua disponibilidade em conceder às informações. Lembramos que esses dados serão de uso exclusivamente acadêmico, e se necessário, podem contar com termo de confidencialidade. Qualquer dúvida ou sugestão, favor entrar em contato através do e-mail suzanegorges@gmail.com

Voltar

Enviar