Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Sociais
Faculdade de Administração e Finanças

Johnny Oliveira da Silva

A eficiência das organizações militares do sistema de segurança do tráfego aquaviário sob a ótica de custos baseada na análise envoltória de dados

Rio de Janeiro
2025

Johnny Oliveira da Silva

A eficiência das organizações militares do sistema de segurança do tráfego aquaviário sob a ótica de custos baseada na análise envoltória de dados

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle de Gestão.

Orientador: Prof. Dr. José Francisco Moreira Pessanha

Rio de Janeiro

2025

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CCS/B

S586 Silva, Johnny Oliveira da.
A eficiência das organizações militares do sistema de segurança do tráfego aquaviário sob a ótica de custos baseada na análise envoltória de dados/ Johnny Oliveira da Silva. – 2025.
156 f.

Orientador: Prof. Dr. José Francisco Moreira Pessanha.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Administração e Finanças.
Bibliografia: f. 136-153.

1. Eficiência. – Teses. 2. Brasil. Marinha – Teses. 3. Análise Envoltória de Dados – Teses. 4. Segurança do Tráfego Aquaviário – Teses. I. Pessanha, José Francisco Moreira. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Administração e Finanças. III. Título.

CDU 355.353(81):657.47

Bibliotecário: Fabiano Rodrigues Salgueiro CRB7/6974

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

_____ _____

Assinatura Data

Johnny Oliveira da Silva

A eficiência das organizações militares do sistema de segurança do tráfego aquaviário sob a ótica de custos baseada na análise envoltória de dados

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle de Gestão.

Aprovada em 27 de março de 2025.

Banca Examinadora:

_____
Prof. Dr. José Francisco Moreira Pessanha (Orientador)
Faculdade de Administração e Finanças – UERJ

_____
Prof. Dr. Carlyle Tadeu Falcão Oliveira
Faculdade de Administração e Finanças – UERJ

_____
Prof. Dra. Mariana Rodrigues de Almeida
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Rio de Janeiro
2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, Lilian, pela dedicação e amor com que me educou e orientou ao longo da vida. À minha esposa Daniele e aos meus filhos, Murilo e Marina que, com paciência e amor incondicional, foram essenciais para que eu mantivesse forças para prosseguir na caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço o dom da vida, a saúde e a força mental e emocional que permitiram seguir em frente. Agradeço pelo auxílio nas minhas decisões, pelo entendimento para o desenvolvimento deste estudo e pelas inúmeras bençãos diárias, sem as quais seria impossível alcançar este momento. Toda honra e toda a glória ao Senhor, que nunca me abandonou!

À minha querida e amada mãe, Lilian Gandra de Oliveira, que em meio às grandes dificuldades da vida, proporcionou-me uma vida digna, com amor, carinho, dedicação e norteada por valores inegociáveis como humildade, respeito e integridade. Igualmente, agradeço aos meus avós Alberto Clementino de Oliveira (*in memoriam*) e Luiza Gandra de Oliveira (*in memoriam*), por sempre me incentivarem a seguir os estudos, e por enxergar em mim um bom futuro, desde a primeira infância. Sei que, onde quer que estejam, o senhor e a senhora estão felizes e orgulhosos, por essa conquista.

À minha querida e amada esposa Daniele Anastácia Santos de Oliveira, pelo companheirismo, dedicação, amor, carinho, paciência e por sempre acreditar no meu potencial. Por compartilhar e entender, os momentos de tristeza e insegurança, como também de alegria, por cada conquista alcançada, durante o mestrado. Com seu apoio incondicional, a caminhada se tornou maus suave. Agradeço profundamente por sua presença constante, mesmo nos momentos em que estive distante. Amo você!

Aos meus filhos Murilo e Marina, por serem os grandes combustíveis da minha vida. A alegria e o amor de vocês foram incentivos diários, que me deram forças durante todo o percurso.

Aos meus colegas do PPGCC da UERJ, pelo convívio harmonioso, compartilhamento de conhecimentos e pelo espírito de cooperação em todos os momentos ao longo do Mestrado.

Ao meu orientador, Prof, Dr. José Francisco Moreira Pessanha, pelos valiosos ensinamentos, pelo estímulo e pelas expressões de amizade e respeito. Sua dedicação, incentivo e orientação, durante todo o curso, foram essenciais para a consolidação desta pesquisa. Sinto-me muito honrado e agraciado por Deus, pela oportunidade de ter sido um dos seus orientandos.

Aos demais docentes do PPGCC, pelos ensinamentos compartilhados e pelas atividades acadêmicas conduzidas ao longo do mestrado, que contribuíram de forma significativa para a minha formação.

Ao Prof. Dr. Carlyle Tadeu Falcão Oliveira e à Prof. Dra. Mariana Rodrigues de Almeida, por terem me dado a honra de compor a banca examinadora, e pelas contribuições, que em muito agregaram para o enriquecimento desta pesquisa.

Agradeço a todos os membros da equipe do PPGCC, sob a liderança de Samantha, pelo constante apoio, pela prontidão e pela gentileza com que sempre atenderam às demandas em todas as ocasiões.

À Marinha do Brasil, que, por meio da Diretoria de Finanças da Marinha, me concedeu a oportunidade de aprimorar minha formação acadêmica. Ao Vice-Almirante Marco Antônio Trovão de Oliveira, ao Vice-Almirante (IM) Artur Olavo Ferreira e ao CMG (RM1-IM) Luciano Campos Frade, pela motivação constante e pelo apoio, desde o processo seletivo para ingresso no mestrado.

À Diretoria de Portos e Costas, por me conceder acesso ao Sistema de Gerenciamento de Inspeções e Vistorias Navais da Marinha do Brasil, o qual foi fundamental para a coleta de dados para o desenvolvimento desta pesquisa. Ao meu amigo CC (IM) Gustavo Jota Vaz, por ter sido o elo de ligação entre mim e a DPC, ao CC (IM) Alex Cardoso Ramos, pela amizade verdadeira, pelas orações, pelo incentivo e apoio, ao CC (IM) Luiz Sérgio Carvalho de Mello, meu orientador na MB, pela amizade, pelas trocas de experiências, pelo incentivo e por todo o direcionamento, durante o percurso, ao CF (IM) Mauro Tavares e à CC (IM) Thaís Frisso Miras, pelas demonstrações de amizade e apoio, e ao CC (IM) William Araújo da Silva, meu companheiro no PPGCC, pela amizade e parceria no desenvolvimento dos estudos, durante o mestrado.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este momento de êxito chegasse. Muito obrigado, e que Deus os abençoe abundantemente!

Não fui eu que te ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde andar.

Josué 1:9

RESUMO

SILVA, Johnny Oliveira da. *A eficiência das organizações militares do sistema de segurança do tráfego aquaviário sob a ótica de custos baseada na análise envoltória de dados*, 2024. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Administração e Finanças, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Os avanços tecnológicos e dos meios de comunicação ampliaram as distâncias entre centros de produção e consumo, tornando as vias aquaviárias essenciais ao comércio global. As hidrovias também são utilizadas para uma gama de atividades, que engloba pesca, transporte de passageiros, e esporte e lazer, intensificando tráfego aquaviário e, consequentemente, os riscos associados. O Brasil, detentor de uma extensa faixa litorânea e de diversas hidrovias interiores, enfrenta esses desafios, cabendo à Marinha do Brasil (MB) garantir a segurança da navegação, por meio de suas organizações militares do sistema de segurança do tráfego aquaviário. Essas unidades utilizam recursos públicos, que devem ser empregados de forma eficiente, gerenciando os custos, a fim de se evitar desperdícios. Entretanto, somente os relatórios fornecidos por sistemas de custos podem não ser suficientemente adequados para demonstrar a eficiência das unidades, em uma análise multivariada. Neste contexto, a análise envoltória de dados (DEA) surge como um instrumento relevante, permitindo a comparação e avaliação da eficiência das organizações, a partir de um modelo matemático, com base nos insumos utilizados e nos produtos gerados. Sendo assim, o objetivo deste estudo é propor a DEA, como uma forma de mensuração da eficiência, sob a perspectiva dos custos, das unidades responsáveis pela segurança do tráfego aquaviário nas vias marítimas e nas hidrovias interiores, sob jurisdição nacional. A pesquisa, predominantemente descritiva e de natureza quantitativa, propõe a utilização do modelo DEA baseado nas folgas (DEA-SBM), sua variação aprimorada com o algoritmo *kaizen*, e o modelo dinâmico (DSBM) orientado a insumos, para mensurar a eficiência. A análise é fundamentada em dados primários de produtos e insumos, referentes a dois conjuntos, compostos pelas Capitanias Fluviais e pelas Capitanias dos Portos, no período de 2021 a 2023. Os resultados apontaram as médias de eficiências anuais de cada conjunto, bem como a eficiência anual de cada uma das Capitanias Fluviais e Capitanias dos Portos, além das unidades que alcançaram eficiência no triênio analisado, sob três variações do modelo. Essas unidades são apontadas como *benchmarking* para as demais, dentro dos seus respectivos grupos. Adicionalmente, foram evidenciados os insumos que geraram as ineficiências em ambos os conjuntos, além dos valores ideais para que cada organização considerada ineficiente, alcance a fronteira de eficiência, mantendo o nível de produtos. Os resultados alcançados mostram-se úteis como subsídios para a tomada de decisão, quanto à alocação de recursos, ao estabelecimento de metas de redução de custos, assim como para a disseminação de melhores práticas administrativas e operativas das organizações analisadas. Portanto, mensurar e avaliar a eficiência no setor público, sob a ótica de custos, revela-se um indicador para os gestores orientarem a administração dos limitados recursos postos sob suas responsabilidades. Academicamente, a pesquisa contribui, ao adicionar à literatura um estudo sobre a eficiência de organizações militares operacionais responsáveis pela manutenção da segurança nacional, sobretudo no contexto do tráfego aquaviário. Do ponto de vista prático, o estudo pode contribuir para aprimoramento da gestão de custos na Marinha do Brasil, o qual é um objetivo estratégico naval constante no Plano Estratégico da Força.

Palavras-chave: Eficiência. Sistemas de Custos. Análise Envoltória de Dados. Segurança do Tráfego Aquaviário. Marinha do Brasil.

ABSTRACT

SILVA, Johnny Oliveira da. *The efficiency of military organizations in the waterway traffic safety system from a cost perspective based on data envelopment analysis*, 2024. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Administração e Finanças, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Technological advancements and improvements in communication have expanded the distances between production and consumption centers, making waterways essential to global trade. These waterways are also used for a range of activities, including fishing, passenger transport, sports, and leisure, which increases maritime traffic and, consequently, the associated risks. Brazil, with its extensive coastline and numerous inland waterways, faces these challenges, and it is the responsibility of the Brazilian Navy to ensure navigation safety through its military organizations that make up the maritime traffic safety system. These units operate with public resources, which must be used efficiently through effective cost management to avoid waste. However, cost system reports alone may not be sufficient to demonstrate the efficiency of these units in a multivariate analysis. In this context, Data Envelopment Analysis (DEA) emerges as a relevant tool, allowing for the comparison and evaluation of organizational efficiency through a mathematical model based on the inputs used and the outputs produced. Thus, the aim of this study is to propose DEA as a method for measuring the cost-based efficiency of the units responsible for ensuring maritime and inland waterway traffic safety under national jurisdiction. This predominantly descriptive and quantitative research applies the Slack-Based Measure DEA model (DEA-SBM), its variation enhanced with the kaizen algorithm, and the dynamic model (DSBM), all input-oriented, to assess efficiency. The analysis is based on primary data regarding inputs and outputs from two groups, consisting of River Captaincies and Port Captaincies, covering the period from 2021 to 2023. The results indicated the average annual efficiency scores for each sample group, as well as the annual efficiency of each individual River and Port Captaincy. Additionally, the study identified the units that achieved efficiency over the three-year period, under three different model variations. These efficient units are suggested as benchmarks for others within their respective groups. Furthermore, the inputs responsible for inefficiencies in both samples were identified, along with the ideal input levels required for each inefficient organization to reach the efficiency frontier while maintaining current output levels. The findings are useful as a basis for decision-making regarding resource allocation, cost-reduction target setting, and the dissemination of best administrative and operational practices among the organizations studied. Therefore, measuring and evaluating efficiency in the public sector from a cost perspective proves to be a valuable indicator for managers in guiding the administration of the limited resources under their responsibility. Academically, this research contributes to the literature by presenting a study on the efficiency of operational military organizations responsible for maintaining national security, particularly in the context of maritime traffic. From a practical standpoint, the study may support improvements in cost management within the Brazilian Navy, an ongoing strategic objective outlined in the Navy's Strategic Plan.

Keywords: Efficiency. Cost Systems. Data Envelopment Analysis. Waterway Traffic Safety. Brazilian Navy.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das CF e CP pelos DN..... 65
Tabela 2 - Valores médios dos *inputs* e *outputs* das CF 2021-2023..... 82
Tabela 3 - Matriz de correlações entre as variáveis das CF..... 84
Tabela 4 - Matriz de correlações entre as variáveis das CP..... 86
Tabela 5 - Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas das CF..... 89
Tabela 6 - Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas das CP..... 90
Tabela 7 - Estimativas de eficiência das CF DEA-SBM CRS x DEA-SBMVRS..... 93
Tabela 8 - Folgas e valores ideais das CF em 2023 DEA-SBM CRS..... 99
Tabela 9 - Estimativas de eficiência das CF DEA-SBM CRS Max..... 100
Tabela 10 - Folgas e valores ideais das CF em 2023 DEA-SBM CRS Max..... 101
Tabela 11 - Correlações entre índices de eficiência e *inputs* das CF..... 103
Tabela 12 - Estimativas de eficiência das CF – DSBM..... 105
Tabela 13 - Folgas relativas das CF – DSBM..... 108
Tabela 14 - Conjuntos de referências das CF ineficientes em 2023..... 109
Tabela 15 - Estimativas de eficiência das CP DEA-SBM CRS x DEA-SBMVRS..... 111
Tabela 16 - Folgas e valores ideais das CP em 2023 DEA-SBM CRS..... 115
Tabela 17 - Estimativas de eficiência das CP DEA-SBM CRS Max..... 117
Tabela 18 - Folgas e valores ideais das CP em 2023 DEA-SBM Max..... 118
Tabela 19 - Correlações entre índices de eficiência e *inputs* das CP..... 119
Tabela 20 - Estimativas de eficiência das CP – DSBM..... 121
Tabela 21 - Folgas relativas das CP – DSBM..... 124
Tabela 22 - Conjuntos de referências das CP ineficientes em 2023..... 125
Tabela 23 - Insumos e produtos coletados das CF 2021 – 2023..... 154
Tabela 24 - Insumos e produtos coletados das CP 2021 – 2023..... 155

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tráfego aquaviário nas águas jurisdicionais do Brasil..... 26
Figura 2 - Eficiência técnica/alocativa e eficiência social/efetividade..... 37
Quadro 1 - Legislação aplicada à gestão de custos no Brasil..... 43
Figura 3 - Integração do SCM com os sistemas estruturantes..... 46
Figura 4 - Arquitetura base do SCM..... 47
Figura 5 - Estrutura dos códigos de centros de custos do SCM..... 48
Figura 6 - Distribuição dos Distritos Navais pelo Brasil..... 65
Quadro 2 - *Inputs* e possíveis *outputs* coletados..... 69
Figura 7 - Projeções das DMU na fronteira de eficiência..... 74
Figura 8 - Estrutura DEA dinâmico..... 76
Figura 9 - *Boxplots* dos *inputs* das CF..... 94
Figura 10 - *Boxplots* dos *outputs* das CF..... 95
Figura 11 - Variação das médias anuais dos insumos das CF..... 96
Figura 12 - Variação das médias anuais de IN/VST das CF..... 97
Figura 13 - Modelo DSBM para as CF..... 105
Figura 14 - Comparativo dos índices de eficiência médios gerais das CF..... 106
Figura 15 - Comparativo das médias de eficiência das CF..... 107
Figura 16 - Variação das médias anuais dos insumos das CP 113
Figura 17 - Variação das médias anuais de IN/VST e EMB das CP 114
Figura 18 - Modelo DSBM para as CF 121
Figura 19 - Comparativo dos índices médios de eficiência geral das CP..... 122
Figura 20 - Comparativo das médias de eficiência das CP..... 123

LISTA DE ABRAVIATURAS E SILGAS

ABC	*Activity Based Costing*
ACD	Acidentes
AIL	Ativos Imobilizados Líquidos
AJ	Área Jurisdicional
AMB	Autoridade Marítima Brasileira
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CF	Capitanias Fluviais
CP	Capitanias dos Portos
CRS	*Constant Returns to Scale*
DEA	*Data Envelopment Analysis*
DFM	Diretoria de Finanças da Marinha
DMU	*Decision Making Unities*
DN	Distrito Naval
DPC	Diretoria de Portos e Costas
DRE	Demonstração do Resultado Econômico
DSBM	*Dynamic Slacks-Based Measures*
EMB	Embarcação
FFAA	Forças Armadas
LESTA	Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário
LRF	Lei de Responsabilidade Fiscal
IN	Inspeção Naval
MB	Marinha do Brasil
MD	Ministério da Defesa
NORMAM	Normas da Autoridade Marítima
NPM	*New Public Management*
OM	Organização Militar
OMPS	Organizações Militares Prestadoras de Serviços
ONU	Organização das Nações Unidas
PEM 2040	Plano Estratégico da Marinha 2040
PPL	Problema de Programação Linear
SBM	*Slacks-Based Measure*

SCM	Sistema de Custos da Marinha
SFA	*Stochastic Frontier Analysis*
SGM	Secretaria Geral da Marinha
SIAFI	Sistema de Administração Financeira do Governo Federal
SIC	Sistema de Custos do Governo Federal
SIPLAD	Sistema de Acompanhamento do Plano Diretor
SISBENS	Sistema de Controle de Bens da Marinha do Brasil
SISGEVI	Sistema de Gerenciamento de Vistorias e Inspeções da Marinha do Brasil
SISPAG	Sistema de Pagamento da Marinha do Brasil
SSTA	Sistema de Segurança do Tráfego Aquaviário
STA	Segurança do tráfego aquaviário
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
VRS	*Variable Returns to Scale*
VST	Vistorias navais

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Km	Quilômetro
Km²	Quilômetro quadrado
R$	Real
λ_k	Variáveis de peso associadas às unidades de decisão
s_j^-	Variáveis de folga associadas às entradas
s_j^+	Variáveis de folga associadas às saídas
θ	Eficiência da unidade avaliada
x_{jk}	Valores das entradas da unidade j para o fator k
x_{j0}	Entrada da unidade avaliada
y_{jk}	Valores das saídas da unidade j para o fator k
y_{j0}	Saída da unidade avaliada
m	Número total de entradas
p	Número total de saídas
n	Número total de unidades de decisão
$\sum$	Somatório utilizado para agregar contribuições das entradas e saídas
$\geq$	Restrição de não negatividade aplicada às variáveis
w_k	Variáveis de peso associadas às unidades de decisão
z_j^-	Variáveis de folga associadas às entradas
z_j^+	Variáveis de folga associadas às saídas
t	Índice do período específico
x_k^{NC}	Valor da entrada não controlável
T	Número total de períodos considerados
s_{it}^-	Variáveis de folga associadas às entradas no período t
s_{it}^+	Variáveis de folga associadas às saídas no período t
s_{it}^{bad}	Variáveis de folga associadas às saídas indesejáveis no período t
s_{it}^{good}	Variáveis de folga associadas às saídas desejáveis no período t
x_{i0t}	Entrada da unidade avaliada no período t
y_{i0t}	Saída da unidade avaliada no período t
z_{i0t}^{bad}	Saída indesejável da unidade avaliada no período ttt
$nbad$	Número total de saídas indesejáveis

$ngood$	Número total de saídas desejáveis
s	Número total de saídas desejáveis consideradas na análise
$j0$	DMU avaliada
λ_k	Pesos atribuídos às unidades na combinação convexa
n	Número de unidades avaliadas
$\forall$	Para todo
t	Fator de escala
z_{1jt}^{fixed}	Variável de carregamento fixa
α	Parâmetro da variável de carregamento

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	17
1	**REFERENCIAL TEÓRICO**	25
1.1	**Segurança do Tráfego Aquaviário**	25
1.2	**Eficiência na Administração Pública**	31
1.3	**Dimensões da Mensuração da Eficiência**	34
1.4	**Gestão de Custos no Setor Público**	41
1.5	**Análise Envoltória de Dados**	50
1.5.1	Aplicações da Análise Envoltória de Dados	57
2	**METODOLOGIA**	63
2.1	**Método da Pesquisa**	63
2.2	**Seleção da Amostra**	64
2.3	**Coleta de Dados**	66
2.4	**Tratamento de Dados**	70
2.4.1	*DEA Slacks-Based Measure* (DEA-SBM)	72
2.4.2	*Dynamic DEA Slacks-Based Measure* (DSBM)	75
2.5	**Delimitação da Pesquisa**	79
3	**ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**	81
3.1	**Análise descritiva dos dados**	81
3.2	**Seleção das Variáveis**	84
3.3	**Análise exploratória das variáveis selecionadas**	89
3.4	**Resultados dos modelos DEA-SBM**	92
3.4.1	DEA-SBM - Capitanias Fluviais	92
3.4.1.1	Análise da Eficiência das Capitanias Fluviais sob o modelo DEA-SBM	95
3.4.1.2	Análise da Eficiência das Capitanias Fluviais sob o modelo DSBM	104
3.4.2	DEA-SBM - Capitanias dos Portos	110
3.4.2.1	Análise da Eficiência das Capitanias dos Portos sob o modelo DEA-SBM	112
3.4.2.2	Análise da Eficiência das Capitanias dos Portos sob o modelo DSBM	120
3.5	**Análise da integração da DEA para mensurar a eficiência das unidades do SSTA sob a ótica do SCM**	127

CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 130
REFERÊNCIAS..... 136
APÊNDICE - Dados referentes aos insumos e produtos anuais coletados..... 154

INTRODUÇÃO

Em um ambiente altamente globalizado, os centros de produção e consumo encontram-se cada vez mais distantes entre si, o que acarreta em uma rede complexa de fluxos comerciais entre diversos países. Nesse cenário, a Organização das Nações Unidas – ONU (2023) estima que mais de 80% de toda a carga de mercadorias, em termos de volume, é transportada pelo modal aquaviário, com um volume ainda maior em países em desenvolvimento. Isso representa 70% do valor total do comércio internacional (RAZMJOOEI *et al*., 2024). Em países que abrigam rios navegáveis em seus territórios, o modal aquaviário apresenta-se com elevada relevância para o comércio doméstico e internacional, além do transporte de passageiros, atividades de pesca e recreativas. Além disso, o aumento populacional, a melhoria nos padrões de vida e os investimentos, juntamente com a redução das barreiras comerciais, a nível global, estão impulsionando uma crescente dependência das vias marítimas (FARAH *et al*., 2022). Assim, a utilização de vias marítimas figura como uma alternativa importante, para o comércio e para a sustentabilidade econômica de várias nações ao redor do mundo.

Nesse contexto, o Brasil se destaca como um país que detém grande influência hidroviária, exercendo controle sobre uma zona marítima de 5,7 milhões de quilômetros quadrados, o que corresponde a mais da metade de sua extensão continental (ANTAQ, 2024; CASTRO *et al.*, 2017). Ainda nesse aspecto, o país possui uma faixa litorânea que se estende ao longo de 9.200 km, considerando suas áreas salientes e recuadas (MORAES, 2020). Nesse ambiente, segundo dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ (2024), no ano de 2023, o Brasil recebeu importações de 134 países distintos e exportou produtos para 156 nações, resultando em um volume total de mais de 926 mil toneladas de bens movimentados, através das rotas marítimas do país. Além disso, o país conta com 21.000 km de rios navegáveis, além de lagos que são aproveitados por uma ampla gama de atividades econômicas, que incluem o turismo, a pesca, a exploração mineral, os esportes náuticos, o uso militar e o transporte aquaviário (ANTAQ, 2024; MORAES, 2020; PIMENTEL; BATISTA, 2021). Destarte, o crescimento do fluxo de embarcações intensifica a movimentação e a densidade do tráfego aquaviário, especialmente nas rotas próximas à costa, onde a atividade naval é mais frequente.

Embora o aumento no volume de tráfego aquaviário tenha o poder de impulsionar o desenvolvimento econômico, também acarreta em maiores desafios e ameaças à segurança da navegação (LIU *et al*., 2022). Essas ameaças incluem riscos de acidentes, pesca ilegal,

atividades do crime organizado, como a pirataria, além da possível interferência de outras nações na exploração dos recursos nas águas jurisdicionais das nações. Por conseguinte, a manutenção da segurança das vias hídricas, com o emprego de forças militares, é de grande importância para a garantia dos interesses dos países, que detêm esses recursos sob suas jurisdições (FENG *et al*., 2022).

Nesse diapasão, a Marinha do Brasil (MB) é a instituição responsável pela manutenção da segurança do tráfego aquaviário (STA) nos rios, lagos e mares do país. Conforme Marques, Ferraz e Silva (2023), a MB é a componente das Forças Armadas designada para garantir a capacidade militar de defesa das águas sob jurisdição brasileira, abrangendo tanto as áreas marítimas, quanto as hidrovias interiores. No bojo da STA, a MB desempenha a função de Autoridade Marítima Brasileira (AMB) e tem a responsabilidade de realizar inspeções e vistorias navais para assegurar a conformidade com a Lei nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997 – Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário (LESTA), bem como das normas, regulamentos, tratados e resoluções internacionais adotados pelo Brasil. Essas medidas visam a proteção das vidas humanas, a garantia da segurança da navegação e a prevenção da poluição ambiental, em mar aberto ou em hidrovias internas, por parte de embarcações, plataformas fixas ou suas instalações de apoio (BRASIL, 1997).

Como qualquer entidade pública da administração direta do governo federal, a MB, no desempenho de suas diversas atribuições, incluindo aquelas de AMB, utiliza recursos públicos provenientes do orçamento do Estado. De acordo com dados divulgados pelo Ministério da Defesa, a MB empenhou, em média, cerca de R$ 30 bilhões de créditos orçamentários, no período de 2021 a 2023 (BRASIL, 2024). Anualmente, parte desses recursos é destinado para manutenção da estrutura administrativa, bem como para a conservação e aquisição de embarcações e equipamentos para as Organizações Militares (OM) responsáveis pelas atividades de STA, as quais estão distribuídas por todo o território nacional (SANTOS JUNIOR, *et al*., 2023a)

Contudo, em um cenário marcado pela austeridade e por maiores anseios da sociedade, a gestão pública deve se pautar pela maior assertividade da alocação de seus limitados recursos, bem como reduzir os custos de suas atividades, de modo a se evitar desperdícios (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020; SANTOS JUNIOR *et al*., 2023b). Este é especialmente o caso das Forças Armadas, onde os gestores são confrontados com uma gama de tarefas e desafios críticos, para utilizar de forma ótima seus recursos e prestar serviços aos cidadãos (SANTHIAPILLAI; RATNAYAKE, 2022).

Nesse sentido, impulsionada pelo movimento de reforma do Estado, conhecido como *New Public Management* (NPM), o setor público começou a explorar opções de estratégias de gestão, inspiradas nos modelos predominantes da iniciativa empresarial privada, visando ao aperfeiçoamento de seus processos de gestão (PEREIRA *et al*., 2016). Primordialmente, a adoção dessas abordagens é direcionada à promoção da transparência, bem como tornar o setor público mais flexível e capaz de se ajustar às demandas e mudanças sociais, buscando a utilização mais eficiente dos recursos públicos (CAMARGO; GUIMARÃES, 2013; SOUSA, 2023).

Nesse ínterim, a administração pública brasileira tem promulgado leis e regulamentos, com o objetivo de otimizar o uso de suas receitas e aprimorar a administração de seus recursos. Dentre o arcabouço legal do país, a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) estabelece a eficiência como um dos princípios fundamentais da administração pública, e a Lei de Responsabilidade Fiscal - LRF enfatiza a necessidade de se controlar as contas estatais, por meio de uma gestão transparente, eficiente e planejada (BRASIL, 2000).

Ainda no aspecto do aperfeiçoamento da gestão, na busca pela eficiência, a contabilidade desempenha um papel central, no sentido de que pode ser utilizada para se obter informações que possam apoiar os processos de tomada de decisão e melhorar o gerenciamento dos recursos públicos (CUADRADO-BALLESTEROS; BISOGNO; VAIA, 2022). No bojo das diversas aplicabilidades da contabilidade, distinguem-se as informações de custos, as quais podem oferecer aos gestores uma visão mais precisa de sua gestão, permitindo ajustes específicos, objetivos e oportunos (FILGUEIRAS, 2019).

Nessa perspectiva, destaca-se o relatório final da Comissão Interministerial de Custos que, em 2005, sugeriu a implementação de uma Política de Custos em âmbito nacional, o qual determinou que os diferentes níveis governamentais, a nível federal, deveriam adotar gradualmente um sistema de informações de custos. Como resultado, em 2011, a Secretaria do Tesouro Nacional estabeleceu o Sistema de Custos do Governo Federal (SIC), uma plataforma de armazenamento de dados baseada na integração com os sistemas de controle orçamentário, financeiro e patrimonial, já em vigor no âmbito federal (HOLANDA; LATTMAN-WELTMAN; GUIMARÃES, 2010).

Fruto das exigências legais e da criação do SIC, assim como da busca por alternativas que pudessem subsidiar o controle e a redução de custos, a MB iniciou, em 2017, uma série de estudos para o lançamento do Sistema de Custos da Marinha (SCM) com o objetivo de realizar análises contábeis, através dos registros apurados em centros de custos, relacionados às diversas atividades desempenhadas pela Força. Os estudos contemplaram o acompanhamento das

experiências do Exército Brasileiro e da Força Aérea Brasileira, a realização de contatos preliminares com a Secretaria do Tesouro Nacional, o mapeamento das atividades, a normatização, a adaptação dos sistemas corporativos da MB, culminando na consolidação do sistema em 2021, ano em que a Força já havia mapeado 96% dos seus custos (BRASIL, 2021). Entretanto, em que pese o SCM ser capaz de fornecer relatórios estruturados sobre os custos de suas atividades, eles não se mostram totalmente adequados, por si só, para evidenciar a eficiência das unidades que empregam recursos públicos para o desenvolvimento de suas atribuições (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023b). Soma-se a isso, o fato dos serviços das Forças Armadas serem prestados exclusivamente pelo Estado, o que deixa essas instituições sem informações de um mecanismo de preços para avaliação do uso eficiente desses recursos (HANSON, 2016).

Consequentemente, os processos de tomada de decisão, relacionados à alocação de recursos fundamentais para a oferta de serviços à sociedade, frequentemente carecem de um escopo que proporcionem melhores informações aos agentes públicos (LEVINTHAL, 2017). Nesse prisma, as organizações públicas têm sido criticadas pelo uso insuficiente de processos e métodos inovadores, que incorporem dados e medições de eficiência de suas unidades (SANTHIAPILLAI; RATNAYAKE, 2022).

Dessa maneira, o desenvolvimento de abordagens e metodologias de análise de dados para avaliar a eficiência de órgãos públicos, está se tornando cada vez mais relevante, promovendo a institucionalização mais frequente de *benchmarking* entre organizações (ALENCAR; FONSECA, 2016). Nessa linha, Filgueiras (2019) salienta, que a melhoria da gestão, através de técnicas baseadas em dados reduzem a influência do viés do gestor público e emergem como uma solução plausível para diminuir os gastos governamentais, resultando em uma administração pública mais eficiente.

Entre os diferentes modelos que utilizam dados para medir a eficiência, a *Data Envelopment Analysis* ou Análise Envoltória de Dados (DEA) se destaca no setor público, devido às suas possibilidades de mensuração da eficiência, por meio de um modelo de programação matemática (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020). Essa abordagem surge como uma ferramenta de apoio à gestão, permitindo a realização de avaliações que englobam a comparação e classificação da eficiência entre organizações de um mesmo setor, com base nos recursos que utilizam e nos produtos gerados (FERREIRA; GOMES, 2020). No âmbito das organizações militares, Ibáñes, Garratón e Meca (2020) destacam, que a DEA é uma das técnicas mais utilizadas para avaliação da eficiência, apesar da concentração maior de estudos em áreas de apoio, como saúde, logística e manutenção, sendo escassas as pesquisas que se

prepõem a analisar a eficiência das atividades operacionais, sob a ótica de custos. Hanson (2016) destaca, que a exiguidade de estudos abrangendo organizações operativas de segurança e defesa, se deve à existência de poucas unidades homogêneas, assim da restrição imposta aos dados referentes aos produtos dessas organizações.

Nesse contexto, face à importância das atividades operacionais da AMB, no que se refere à segurança do tráfego aquaviário, bem como da eficiência na aplicação de recursos públicos, esta dissertação almeja responder ao seguinte problema de pesquisa: De que forma pode-se mensurar e analisar a eficiência das Organizações Militares na execução das atividades de segurança do tráfego aquaviário, ao longo dos anos, com base na análise envoltória de dados, e sob a perspectiva de custos?

Diante do problema de pesquisa apresentado, foi definido o objetivo geral, juntamente com os objetivos específicos, conforme detalhado a seguir:

OBJETIVO GERAL

- Propor a Análise Envoltória de Dados, como uma forma de mensuração e análise da eficiência, sob a perspectiva dos custos, das unidades responsáveis pela segurança do tráfego aquaviário nas vias marítimas e nas hidrovias interiores, sob jurisdição nacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar a abrangência do conceito de eficiência no contexto da Administração Pública;
- Identificar as variáveis que possibilitem a mensuração da eficiência das OM responsáveis pelo STA;
- Selecionar unidades do Sistema de Segurança do Tráfego Aquaviário (SSTA) responsáveis por executar as atividades de STA, nos ambientes marítimos e fluviais;
- Verificar, entre os modelos DEA, aquele que proporcione informações gerenciais, no que concerne à identificação de folgas nos *inputs* das unidades;
- Averiguar os principais *inputs* que impactam a eficiência ou a ineficiência das OM responsáveis pelo STA;

- Identificar as OM que podem servir como referências para seus pares, no que se refere à gestão dos custos no desempenho de suas atividades.

Esta pesquisa se propõe a realizar um estudo, a fim de propor o modelo matemático DEA, como meio de mensuração e análise da eficiência de OM responsáveis pela STA, nas vias marítimas jurisdicionais brasileiras, bem como nas vias fluviais e lacustres do território nacional. A abordagem desses diferentes grupos de OM torna a pesquisa mais abrangente, pois engloba unidades que representam a atuação da MB, no que se refere às suas atribuições como AMB, em diferentes contextos, enriquecendo o tema em estudo.

Para fortalecer e aprimorar o SSTA, é de considerável importância avaliar a eficiência das organizações do setor. A aplicação do modelo DEA nas organizações, que atuam no provimento da segurança do tráfego aquaviário nacional, pode servir como ponto de partida na busca por melhores resultados e maior desempenho. Além de impulsionar melhorias internas, essas medidas tem o potencial de fornecer informações relevantes, para que a alta administração da Força, responsável pela alocação de recursos, possa fundamentar suas decisões com base em indicadores avaliativos, elaborados de forma objetiva.

Além de avaliar a eficiência das unidades do SSTA em períodos específicos, é essencial compreender sua evolução ao longo do tempo, especialmente em um contexto governamental onde os planejamentos de investimento, de médio prazo, podem gerar impactos não imediatamente perceptíveis. Nesse sentido, torna-se igualmente relevante examinar se os investimentos realizados pela MB para o desenvolvimento das atividades de STA influenciaram a eficiência das unidades, viabilizando a aplicação de modelos DEA para uma análise intertemporal. Assim, considerando a maturidade SCM alcançada em 2021, quanto ao mapeamento dos custos das diversas atividades da Força, esta pesquisa analisará a eficiência de unidades do SSTA, no período de 2021 a 2023.

Deste modo, a pesquisa mostra-se relevante em termos práticos, à medida em que mensurar e avaliar a eficiência de organizações públicas, sob a ótica de custos, apresenta-se como um indicador significativo para os gestores dessas unidades orientarem a administração dos limitados recursos postos sob suas responsabilidades. Outro aspecto de relevância prática é que a mensuração da eficiência, sob a ótica dos custos das organizações atribuídas das atividades de STA, pode contribuir para aprimoramento da gestão de custos da MB, o qual é um objetivo estratégico naval da Força, constante no Plano Estratégico da Marinha 2040 - PEM 2040 (BRASIL, 2020a). Além disso, a partir da mensuração da eficiência de OM responsáveis pela STA, a MB pode identificar fatores que tendem a afetar negativamente a eficiência dessas

unidades e, com a indicação de *benchmarks*, propor ações institucionais, que otimizem o grau de eficiência em termos gerais, no que se refere à gestão de custos.

Sob o ponto de vista acadêmico, salienta-se exiguidade de estudos que se dedicaram a investigar a eficiência das OM das Forças Armadas, que desempenham atividades operativas (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020). Nesse ponto, Hanson (2016) destaca, que a heterogeneidade, levando a pequenas populações de unidades militares que executam as mesmas atribuições, bem como a restrição de dados, referentes aos produtos dessas unidades, são algumas das possíveis razões para a escassez de estudos. Dessa maneira, esta pesquisa poderá contribuir para a literatura, que se dedica a mensurar a eficiência, sob a ótica dos custos públicos, relacionados às atividades operacionais do setor de Defesa, por meio da utilização de um modelo matemático de análise de dados.

Ademais, conforme bem salientam Feitósa, Schull e Hein (2014), em qualquer esfera pública, a mensuração da eficiência é necessária para a avaliação da gestão, no tange ao controle social, pois possibilita aos contribuintes o acesso a informações mais consistentes sobre o emprego dos recursos públicos.

Releva mencionar, que este estudo se encontra delimitado pelos modelos DEA empregados para medir a eficiência de duas amostras compostas por unidades do SSTA que atuam nos ambientes marítimos, e fluviais e lacustres, ao longo do período de 2021 a 2023. Os resultados analisados são decorrentes dos insumos e produtos empregados nas adequações das modelagens DEA para análise de cada grupo, sob a perspectiva dos custos. Dessa forma, não se pretende analisar a eficiência das unidades sob o ponto de vista dos processos executados internamente pelas unidades, nem apontando os possíveis incrementos nos seus produtos, principalmente em decorrência do caráter estratégico das unidades operacionais da MB. Por fim, os achados desta pesquisa se restringem às OM incluídas nas amostras analisadas e, embora as contribuições do estudo possam ser relevantes para as atividades de STA, não se pretende estender suas conclusões a todo o SSTA, nem a qualquer outra OM da MB.

Para alcançar os objetivos propostos, esta dissertação está estruturada da seguinte forma: a introdução apresenta a contextualização, os objetivos e a relevância do estudo. O capítulo 1 discute o referencial teórico, sob as perspectivas da segurança do tráfego aquaviário, da eficiência na administração pública, das dimensões da mensuração da eficiência, da gestão de custos no setor público e, por fim, da Análise Envoltória de Dados. O capítulo 2 especifica a metodologia aplicada no trabalho, com o método da pesquisa, a seleção da amostra, as bases de dados utilizadas para a coleta de dados, bem como o detalhamento do tratamento dos dados e do modelo DEA empregado no estudo. Em seguida, o capítulo 3 apresenta a análise dos

resultados encontrados, após o emprego do modelo DEA para mensuração da eficiência das OM voltadas a prover a STA. Na sequência, são apresentadas as considerações finais.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o alcance dos objetivos propostos nesta dissertação, este capítulo apresenta os componentes teóricos, com os principais elementos que balizam a pesquisa, organizados em cinco seções, que são: Segurança do Tráfego Aquaviário; Eficiência na Administração Pública; Dimensões da Mensuração da Eficiência; Gestão de Custos no Setor Público; e a Análise Envoltória de Dados - DEA.

1.1 Segurança do Tráfego Aquaviário

Nos séculos XV e XVI, com o advento das Grandes Navegações e a descoberta de novos continentes, o transporte por via marítima firmou-se como o principal meio de movimentação de mercadorias do mundo (FERREIRA, 2023).

Ultimamente, em um cenário de mercados que exigem desenvolvimento sustentável, eficiência, baixo custo e operações que causem menores danos ao meio ambiente, a utilização do modal marítimo cresce ainda mais em importância (DAVRI *et al*., 2021; KOUKAKI; TEI, 2020). Deste modo, o transporte por via marítima desempenha um papel crucial na sustentabilidade econômica de diversos países do planeta (FARAH *et al*., 2022). Conforme Razmjooei *et al*. (2024), o tráfego aquaviário é um dos pilares centrais do comércio global, tendo em vista que é responsável por transportar aproximadamente 80% do volume mundial de produtos entre diversos países. Além das vias marítimas, Farah *et al*. (2022) igualmente destacam, a importância dos rios navegáveis para o transporte e para o comércio, tanto doméstico, quanto internacional.

Nessa perspectiva, como o principal canal da movimentação da economia global, as rotas marítimas e fluviais simplificam o comércio entre continentes e países vizinhos, oferecem transporte para grandes volumes de commodities, e são uma parte substancial de várias cadeias de abastecimento ao redor do mundo (KOSOWSKA-STAMIROWSKA, 2020). Além disso, o crescimento da população a nível mundial, a melhoria dos padrões de vida, bem como os investimento e a eliminação das barreiras comerciais contribuem para uma utilização, cada vez maior, dos recursos hídricos para fins recreativos e de transporte de passageiros (FARAH *et al*., 2022).

No Brasil não é diferente, e por ser uma nação que possui uma extensa fronteira oceânica de cerca de 9.200 km, além de 21.000 km de rios navegáveis, utiliza dessa importante estrutura hídrica para diversas atividades (MORARES, 2020; PIMENTEL; BATISTA, 2021). Nessa seara, Teixeira (2022) destaca, que as hidrovias são utilizadas para pesca, turismo, recreação e transporte de passageiros e de mercadorias. Esta última, segundo o autor, é essencial para o crescimento econômico nacional, e menciona que 95% do comércio exterior do país é realizado com o apoio de embarcações. Nesse contexto, a Figura 1 ilustra o trafego aquaviário e as linhas de navegação, no entorno das águas jurisdicionais do Brasil.

Figura 1 - Tráfego aquaviário nas águas jurisdicionais do Brasil

Fonte: *MARINE TRAFFIC*, 2024.

Como consequência da grande relevância, bem como do intenso e complexo fluxo de embarcações nas vias marítimas e fluviais a nível mundial, a literatura aponta alguns aspectos que merecem atenção.

Nessa perspectiva, o aumento no tráfego de embarcações para fins de transporte de carga, passageiros e recreativos eleva a possibilidade de ocorrências acidentes e infrações às legislações aplicáveis à navegação (FENG *et al*., 2022). Pimentel e Batista (2021) evidenciaram tal situação, em pesquisa realizada na bacia amazônica brasileira, a qual se destaca por ser uma das principais vias de transporte da região norte do país. Os estudos dos autores relevam que, entre 2016 e 2018, foram registradas 1.062 infrações de tráfego aquaviário na região, algumas das quais resultaram em acidentes, como abalroamentos entre embarcações. Na China, a

pesquisa de Li e Liu (2010) demonstrou que ocorreram, em média, 400 acidentes envolvendo embarcações no período de 1999 a 2008 no rio Changjiang, fruto do aumento substancial do fluxo de embarcações naquela via fluvial.

Somada às possibilidades maiores de ocorrências de acidentes, Martinez-Marquez *et al*. (2021) ressaltam, que o grande fluxo de atividades marítimas e fluviais podem causar impactos ambientais, em especial por derrames acidentais ou irregulares de substâncias nocivas ao ecossistema hídrico. De acordo com Jesus *et al*. (2018), estima-se que são derramados aproximadamente um milhão de toneladas de petróleo e substâncias derivadas no mar, ao redor do mundo. Diante desse cenário, o autor defende a intensificação das fiscalizações das embarcações nos portos, terminais e hidrovias, como forma de mitigação de incidentes dessa natureza. A segurança do tráfego aquaviário, sob esse enfoque, também foi estudada por Ferreira (2023), que corroborando Jesus *et al*. (2018), enfatizam a importância e o papel fundamental das fiscalizações para minimizar os riscos de acidentes, que acarretem em derramamentos de óleo no mar.

No que se refere à segurança e à defesa, os mares e rios representam uma fronteira nacional aberta, e o contínuo fluxo aquaviário eleva o potencial de ameaças como pirataria, contrabando e pesca ilegal (COLLYER, 2008; ONYANGO *et al*., 2022). Marques, Ferraz e Silva (2023) acrescentam, que a utilização dos recursos hídricos em áreas fronteiriças pode gerar disputas e tensões entre países. Nessa seara, Feng *et al*. (2022) defendem que o empego de forças militares para a preservação da segurança nas hidrovias é fundamental para a garantia dos interesses dos países, que detêm esses recursos sob suas jurisdições.

Considerando a importância dos recursos hídricos em diversos aspectos que permeiam a sociedade, e a complexidade das questões que podem surgir devido ao aumento constante da sua utilização, pesquisas relacionadas à eficiência do tráfego aquaviário representam um campo de investigação desafiante, porém escasso (FARAH *et al*., 2022; GUEDES; FABRIZ, 2022).

Internacionalmente, algumas pesquisas se dedicaram a explorar novas tecnologias, como meio para se obter melhores medidas de segurança, eficiência operacional e menores impactos ambientais decorrentes do considerável aumento do fluxo de embarcações. Nesse prisma, Durlik *et al*.(2023) exploraram as aplicações e impactos de técnicas de *Machine Learning*, no gerenciamento de tráfegos marítimos complexos. Os autores destacam, que essa técnica tem o potencial de proporcionar navegações mais seguras, eficientes e sustentáveis. Onyango *et al*. (2022) seguiram na mesma linha, aplicando algoritmos de aprendizado de máquina para obter rotas de navegação mais seguras e eficientes para os navios que partem e chegam ao porto Inchon, na República da Coreia.

Bye e Aalberg (2018) propuseram um modelo de regressão logística, baseados em informações extraídas dos sistemas de controle de embarcações, da Direção Marítima Norueguesa, como preditor dos riscos associados aos acidentes de navegação. Li e Liu (2010) elaboraram um projeto de desenvolvimento de uma plataforma de gerenciamento de segurança do tráfego aquaviário, a fim de contribuir para uma navegação segura e eficiente no rio Changjiang, na China. Já, Xu *et al*. (2020) propuseram a adoção de um sistema de avaliação de riscos à navegação no estreito de Qiongzhou, também na China. Os autores consideram, que o sistema poderia fornecer informações antecipadas sobre as condições de segurança de navegação no local, prevenindo os riscos de acidentes.

Reis e Weitzel (2017) seguiram a mesma linha das pesquisas internacionais, e avaliaram as principais causas e tipos de acidentes na área jurisdicional da Capitania dos Portos de Macaé, no Rio de Janeiro, valendo-se de técnicas de aprendizado de máquina. Assim como nas pesquisas realizadas no exterior, os autores consideram que a utilização de algoritmos matemáticos pode auxiliar na classificação dos tipos e causas de acidentes, normalmente ocorridos na região.

Sob outro ponto de vista, Guedes e Fabriz (2022) analisaram o dever do profissional marítimo na segurança do tráfego aquaviário, sob o viés tecnológico, e à luz das normas e legislações brasileiras que tratam do tema. Segundo os autores, os usuários dos recursos hídricos têm influência e dever fundamental no cumprimento das determinações legais, sendo os responsáveis pelas embarcações, elementos de extrema relevância para a manutenção da segurança do tráfego aquaviário.

Destacam-se ainda, os estudos direcionados a analisar a atuação subsidiária da MB, no que se refere à segurança do tráfego aquaviário. As atividades subsidiárias da MB, bem como da Força Aérea Brasileira e do Exército Brasileiro, são aquelas distintas ao caráter essencial dessas instituições, preconizado no artigo nº 142 da Constituição Federal Brasileira de 1988. As atribuições subsidiárias das Forças Armadas (FFAA) do país são disciplinadas pela Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999 (BRASIL, 1999). Entre as atribuições subsidiárias das instituições de defesa, está o provimento da segurança do tráfego aquaviário (STA). Conforme Soares (2015), esta atividade é considerada subsidiária das FFAA, pois é tipicamente atribuída a uma guarda costeira, porém no Brasil, elas são desempenhadas pela MB.

Destarte, a MB foi instituída como a Autoridade Marítima Brasileira (AMB). Nessa seara, cabe à Força, entre outras atribuições, orientar e controlar a marinha mercante, prover a segurança na navegação aquaviária, implementar e fiscalizar o cumprimento de leis e

regulamentos no mar e nas hidrovias interiores, em coordenação com outros órgãos federais e estaduais (BRASIL, 1999).

No contexto das atribuições subsidiárias da MB, como AMB, a Força deve pautar suas atividades, conforme a Lei nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997 - LESTA (BRASIL, 1997). Sob esse enfoque, Barreto (2019) aborda todas as atividades de responsabilidade da instituição, consoante a LESTA e a Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999. Sob esse enfoque, as atividades de fiscalização e inspeção nas embarcações, que navegam nos mares e rios, são consideradas como elementos fundamentais, tanto para a prevenção de acidentes, quanto para a conscientização dos cidadãos, acerca da segurança do tráfego aquaviário (BARRETO, 2019; FERREIRA, 2023). Estas atividades são exercidas primordialmente pelos agentes da autoridade marítima, que são as Capitanias e suas agências e delegacias subordinadas (LINHARES; AGUIAR, 2017). Essas OM compõem o Sistema de Segurança do Tráfego Aquaviário (SSTA) e devem aplicar medidas administrativas e penalidades, em decorrência do cometimento de infrações às leis e às normas, a fim de zelar pela segurança das águas jurisdicionais do país (GUEDES; FABRIZ, 2017; TEIXEIRA, 2022).

Essas unidades operacionais atuam tanto no espectro marítimo, sendo denominadas Capitanias dos Portos (CP), quanto nos ambientes fluviais e lacustres, chamadas Capitanias Fluviais (CF). Não obstante aos seus ambientes de operações, quais sejam, marítimos ou fluviais e lacustres, as OM do SSTA executam perícias de fiscalização, e de verificação e regularização, em suas respectivas áreas de jurisdição, visando o cumprimento da LESTA e das normas e regulamentos, dela decorrentes (BRASIL, 2023).

Consoante as Normas da Autoridade Marítima para Atividades de Inspeção Naval – NORMAM – 301 (BRASIL, 2023), as perícias de fiscalização, conhecidas como inspeções navais (IN), são atividades de caráter administrativo realizadas em embarcações nacionais e estrangeiras, que chegam aos portos ou que navegam nas águas jurisdicionais brasileiras, com foco na verificação de documentos relacionados aos tripulantes. Essa atividade, também busca verificar se os documentos das embarcações, as condições do material e equipamentos estão de acordo com o preconizado na legislação em vigor (BRASIL, 2023). Conforme Barreto (2019), as inspeções navais são ações de cunho inopinado, onde os fiscalizadores abordam embarcações inadvertidamente.

Em contrapartida, as perícias de verificação e regularização, também denominadas vistorias navais (VST), são ações de cunho técnico-administrativas, em caráter eventual ou periódica, programada pelos representantes das embarcações, com o propósito de mantê-las

cadastradas junto à AMB, bem como com a documentação legal exigida para a continuidade de suas atividades no ambiente hidroviário brasileiro (BARRETO, 2019; BRASIL, 2023).

Nessa seara, Barros e Lira (2023) apontam a relevância das OM componentes do SSTA, tendo em vista que o aumento do fluxo de embarcações de esporte e recreio, de transportes de pessoas e mercadorias, e de atividades pesqueiras tornam as hidrovias mais suscetíveis a ocorrências de acidentes e desastres. Marques, Ferraz e Silva (2023) também destacam a importância da atuação da AMB, por meio de inspeções, patrulhas e patrulhamentos navais nas vias navegáveis do rio Paraguai, de forma preservar a segurança da navegação, bem como coibir, combater e neutralizar quaisquer tipos de ameaças ao território nacional. Ferreira (2019) segue na mesma linha, considerando as atividades da AMB essenciais para a segurança das vias navegáveis da Amazônia Oriental, principalmente em decorrência o crescente fluxo de embarcações na região.

Já Ferreira e Silva (2021) investigaram a atuação da MB no controle da atividade pesqueira nos complexos rios da região do Pantanal. Os autores destacam que as atividades de fiscalização, apoio e orientação são de considerável relevância e contribuem para a garantia da navegação segura e da integridade dos pescadores da região, em um contexto de grande movimentação de embarcações de variados portes, e de intensa atividade pesqueira.

Jesus *et al*. (2018) investigaram as possíveis causas e efeitos ambientais de incidentes, envolvendo embarcações nas águas jurisdicionais brasileiras. A pesquisa revela que a maior parte dos derramamentos de petróleo e produtos químicos nos mares e rios do Brasil são decorrentes de operações nas áreas litorâneas e portuárias. Dessa forma, o autor recomenda a intensificação das atividades de fiscalizações, por parte da AMB, nas regiões portuárias, terminais de embarque e hidrovias interiores, a fim de mitigar a ocorrência desses incidentes.

Assim, essa amostra de pesquisas demonstra a importância das vias navegáveis ao redor do mundo, bem como a necessidade premente do Estado preservar a segurança desse ambiente. Releva mencionar que as atividades exercidas pela AMB, por suas características e atribuições legais, caracterizam-se como serviços públicos essenciais, necessários e imprescindíveis. Conforme Feitósa, Schull e Hein (2014), serviços públicos como os judiciais, os que envolvam a segurança interna e a defesa nacional, a preservação da saúde pública, a fiscalização, entre outros, são caracterizados como essenciais e devem ser garantidos pelo Estado.

Consequentemente, a MB como uma instituição pública, emprega os recursos provenientes da arrecadação de tributos pagos pela sociedade para exercer suas atribuições como AMB. Nesse contexto, como em qualquer ente público de qualquer esfera, esses recursos devem ser aplicados, observando-se o princípio da eficiência (GICO JUNIOR, 2020).

1.2 Eficiência na Administração Pública

Até o final da década de 1970, o modelo de gestão predominante na administração pública enfatizava uma estrutura gerencial, que seguia os princípios burocráticos estabelecidos por Max Weber, como racionalidade, hierarquia e análises de custo-benefício (CAVALCANTE, 2017). Todavia, as crises fiscais, o peso do déficit e da dívida dos Estados passaram a impactar as principais economias capitalistas do planeta, destacando a ineficácia dos modelos burocráticos de gestão, resultando no colapso desses sistemas de administração (BORGES *et al*., 2013; CAVALCANTE, 2017).

Como consequência, a partir dos anos 1980, iniciou-se um processo de reestruturação na administração pública em nível global, marcando um movimento de reforma em muitos países (CAVALCANTE, 2017). As mudanças das formas de gestão incluíram a transferência de empresas estatais para o setor privado e a flexibilização das regulamentações (ROSANO-PEÑA; GOMES, 2018). Com efeito, as reformas buscavam conferir, aos gestores públicos, maior capacidade de governança e de atuação econômica, política e social, a fim de garantir os direitos sociais e o atendimento às necessidades dos cidadãos (OLIVEIRA; PAULA, 2014).

Emergia, assim, o conceito de *New Public Management* (NPM), ou Administração Pública Gerencial, influenciado pela ideologia neoliberal e por uma série de teorias econômicas e valores normativos, notavelmente provenientes dos Estados Unidos e do Reino Unido (CAVALCANTE, 2017). Conforme Aljuhmani *et al*. (2024), uma das principais características da reforma da gestão foi a tendência global que impulsionou as organizações públicas a adotarem uma abordagem mais holística de administração. Nessa visão mais abrangente, os gestores públicos deveriam perseguir uma gestão profissional, instituir a mensuração de desempenho, incentivar competição, assim como aplicar os recursos públicos de forma racional e moderada (HOOD, 1995). Para isso, esse modelo preconizava a adaptação de conceitos, ferramentas e modelos de gestão, consagrados nas organizações privadas, para a esfera estatal (ALJUHMANI *et al*. 2024; SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a).

Nesse diapasão, os conceitos e métodos da administração pública gerencial foram amplamente difundidos ao redor do mundo e experimentado, não só em países desenvolvidos, como também naqueles em desenvolvimento, incluindo nações africanas, latino-americanas e os tigres asiáticos (CAVALCANTE, 2017). Os países em desenvolvimento foram motivados a adotar essas novas abordagens, por diversos fatores decorrentes da nova estrutura de administração a nível global. Segundo Messias *et al*. (2018), esses fatores incluíram a busca

por parcerias comerciais com grandes economias, a privatização de serviços públicos específicos e as crescentes demandas sociais por uma gestão mais eficiente. Sob esse enfoque, Oliveira e Paula (2014) destacam a busca constante pela eficiência, como um dos temas cruciais da nova gestão pública. Nesse sentido, Camargo e Guimarães (2013, p. 136) afirmam que "[...] embora haja divergências de premissas, causas e soluções para os problemas vivenciados pelas administrações públicas, a preocupação com a eficiência das políticas e dos serviços públicos é um ponto em comum, de busca constante."

No Brasil, o tema eficiência ganhou especial relevância, após ser incluído como um princípio constitucional, com a aprovação da Emenda Constitucional nº 19, de 14 de junho de 1998 (CAMARGO; GUIMARÃES, 2013; PEREIRA; SPINK, 2015). Como princípio da Carta Magna brasileira, Moraes (2016) afirma, que a eficiência requer dos agentes públicos, a busca pelo bem comum, de forma transparente e participativa, de maneira eficaz, sem burocracia, primando pela qualidade e pela utilização adequada dos recursos públicos, a fim de maximizar a rentabilidade social. Para Silveira (2011), o princípio da eficiência na administração pública inclui traços de economia de recursos, eficácia dos resultados, assim como a procura pela efetividade e do bem comum.

Analisando-se as definições de Moraes (2016) e Silveira (2011), percebe-se a abrangência conceitual dos autores, visto que abordam economia de recursos, aspectos de transparência e gestão participativa, incluindo no bojo de suas definições do princípio constitucional da eficiência, os conceitos de eficácia, além de resultados sociais. Contudo, apesar de tais conceitos serem utilizados amplamente em conjunto com o conceito de eficiência na literatura, eles não devem ser confundidos (GICO JUNIOR, 2020).

De forma geral, a eficácia é definida como a habilidade de se atingir ou superar um objetivo definido, representando a relação entre o produto desejado ou planejado e o produto realmente alcançado ou observado (ROSANO-PENÃ; GOMES, 2018). Por outro lado, os resultados sociais se alinham ao conceito de efetividade, o qual representa as mudanças ou benefícios resultantes da implementação de uma política, programa ou atividade pública (MITU; STANCIU, 2023). Já o conceito de eficiência mais tradicional está ligado à busca pela melhor combinação entre recursos e produtos, de modo que está associada aos meios empregados para o alcance dos objetivos propostos (SILVA; CRISÓSTOMO, 2019).

Além dos aspectos relacionados à eficácia e à efetividade, na gestão pública, o tema eficiência costuma ser abordado de maneira ainda mais abrangente, e contempla diversificadas nuances. Nesse prisma, Camargo e Guimarães (2013) argumentam, que uma gestão pública eficiente deve se concentrar em melhorar seus processos administrativos, capacitar seus agentes

e estar disposta a adotar as práticas de referência no seu campo de atuação. Para Gomes (2009), a eficiência na gestão pública está relacionada ao cumprimento de normas e à redução de custos, e sua finalidade é verificar se um serviço público foi prestado da maneira mais competente. Ferradaes (2019) segue a mesma linha, ao afirmar que a eficiência pressupõe que os recursos públicos devem ser criteriosamente aplicados, de forma que o custo da atividade pública seja o realmente necessário para sua realização, evitando desperdícios e desvios de finalidade. Nessa seara, Stastná e Gregor (2011) sugerem, que a otimização da relação entre recursos e produtos podem melhorar a qualidade dos bens e serviços públicos disponibilizados à sociedade. Sauerbronn e Martins (2015) e Varela, Martins e Fávero (2012) corroboram, ao mencionarem que é possível oferecer melhores serviços aos cidadãos, sem a necessidade de incorrer em custos adicionais. Na mesma corrente, Varela (2008) considera que é possível melhorar os serviços públicos, utilizando-se racionalmente os recursos, de modo que gastos excedentes podem gerar ineficiência da gestão.

Sob essa perspectiva, Silva e Crisóstomo (2019) investigaram se a eficiência na aplicação de recursos da administração pública impacta o desenvolvimento econômico local. Como resultado, os autores verificaram que os municípios cearenses, que possuíam uma gestão transparente e com controle mais aprimorado dos seus recursos, obtinham melhores indicadores de desenvolvimento econômico. Além disso, Ibáñez, Garratón e Meca (2020) consideram que uma gestão eficiente dos recursos públicos gera impacto econômico, assim como afeta a reputação dessas organizações, proporcionando uma externalidade positiva na imagem dessas instituições frente à sociedade.

Não obstante à avaliação dos processos internos, cumprimento da legislação e otimização de recursos, a eficiência é considerada uma medida de desempenho e deve se voltar para a globalidade das organizações, servindo como parâmetro para comparação e promoção da competitividade entre elas (ROSANO-PEÑA; GOMES, 2018). Nesse sentido, Mitu e Stanciu (2023) consideram, que a análise comparativa de índices de eficiência é de substancial relevância no contexto público, orientando os gestores no processo decisório, a fim de proporcionar melhores resultados para a sociedade.

No entanto, Garengo e Sardi (2020) ressaltam que a mensuração e o gerenciamento da eficiência não são tarefas simples, especialmente quando se aplicam aos órgãos e instituições públicas de defesa nacional e segurança, onde os obstáculos se tornam mais complexos. Esses serviços são gratuitos e não é possível excluir consumidores, o que dificulta a avaliação de seu valor no mercado, além do caráter monopolista, que os libera de pressões de concorrência e falências, como ocorre no setor privado (ROSANO-PEÑA e GOMES, 2018). Acrescenta-se a

esses obstáculos, as características desses setores, onde a transparência é baixa e o conhecimento dos resultados gerados pelas ações é altamente complexo (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020). A despeito dessas dificuldades, as Forças Armadas, como parte integrante da Administração Pública, devem pautar sua gestão sob um olhar acurado para as melhores práticas, compreendendo bem suas atribuições e buscando a eficiência na aplicação dos escassos recursos para o preparo e desenvolvimento de suas atribuições (OLIVEIRA, 2023).

Portanto, resta claro a importância de uma gestão pública eficiente, visto a amplitude conceitual abordada pelos diversos autores citados, que contemplam a prestação de serviços públicos com qualidade, redução de custos e impacto no bem-estar da sociedade, bem como os benefícios proporcionados para a gestão, no que concerne à reputação e à imagem das instituições.

No tocante aos serviços de segurança do tráfego aquaviário, que fazem parte do conjunto de atividades da MB, como uma das instituições de defesa do país, é necessário que se entenda dentro dessa abrangente estrutura conceitual, a dimensão mais apropriada à avaliação da eficiência das organizações integrantes do SSTA, bem como as variáveis empregadas nesse processo, de acordo com a literatura, em organizações de naturezas semelhantes.

1.3 Dimensões da Mensuração da Eficiência

Os gestores públicos tem enfrentado desafios complexos no desempenho de suas atribuições, como a limitação cada vez maior de recursos de toda ordem, frente às grandes demandas dos cidadãos por serviços que atendam aos seus anseios (NEGRI e DINCÃ, 2023). Dessa forma, a administração pública tem sido cada vez mais pressionada a implementar medidas de acompanhamento da eficiência na prestação de seus serviços à coletividade, cujo objetivo é, principalmente, controlar o que as organizações públicas fazem, como fazem, quanto fazem, e a qual custo (GARENGO; SARDI, 2020).

Conforme salientam Rezende, Cunha e Cardoso (2010), na esteira das pressões dos cidadãos por eficiência no emprego dos recursos provenientes da arrecadação de impostos, o desenvolvimento de métodos de mensuração de desempenho ganha cada vez mais relevância. Mergoni e Witte (2022) corroboram, ao afirmarem que mensurar a eficiência é de suma importância para os decisores responsáveis por serviços públicos, uma vez que as organizações

dessa natureza operam frequentemente com orçamentos limitados e pautados por diretrizes voltadas à redução de custos e de desperdícios de recursos.

Contudo, Lima Filho e Peixe (2020) mencionam que, no contexto institucional, a avaliação da eficiência de uma organização não se limita à sua habilidade de servir a uma grande parte da sociedade ou de manter indicadores financeiros favoráveis. De maneira holística, a mensuração da eficiência engloba elementos relacionados às dimensões social, alocativa e técnica (MATTOS; TERRA, 2015), o que remete às considerações de Moraes (2016) e Silveira (2011), sobre o princípio da eficiência na administração pública.

A abordagem alocativa refere-se ao sistema orçamentário como uma ferramenta política, pois demonstra o planejamento, programação e gestão financeira, assim como o controle e avaliação associados (SCARPIN; SLOMSKI, 2005). Também abarca os custos dos insumos em relação aos produtos, demonstrando a capacidade da entidade em definir a combinação ideal de recursos e produtos, buscando reduzir os custos e aumentar a produção (ROSANO-PENÃ; GOMES, 2018). Refere-se, ainda, à compreensão de que a administração pública e o orçamento governamental são importantes ao contribuir para a economia de recursos e para a eficiência, reconhecendo a necessidade de utilizar ferramentas de gestão ao implementar o orçamento (LIMA FILHO; PEIXE, 2020).

Já a perspectiva técnica alude ao conceito mais tradicional da literatura sobre eficiência, e refere-se à competência de uma organização em maximizar a relação entre produto e insumo (ROSANO-PENÃ; GOMES, 2018). Sob esse enfoque, Sales e Peixe (2022) alertam, que antes de se discutir a mensuração da eficiência, faz-se necessário distinguir eficiência e produtividade, pois são conceitos muito associados, porém traduzem abordagens distintas.

A produtividade pode ser definida como a relação entre os recursos consumidos e produtos gerados, e representa o nível de aproveitamento dos insumos no processo produtivo, de tal forma que quanto maior for essa relação, maior será a produtividade (SALES; PEIXE, 2022). Normalmente, a mensuração da produtividade é adequada quando se tem apenas um insumo empregado no processo de produção, ao passo que, quando se trata de várias entradas e saídas, é preciso ponderá-las, substituindo-as por um valor agregado, de conceito mais abrangente, denominado produtividade total de fatores (ROSANO-PEÑA; GOMES, 2018). Já a eficiência, sob o viés técnico, pode ser descrita como a habilidade de um sistema em utilizar de maneira otimizada os recursos à disposição e tirar o máximo proveito das condições ambientais presentes, para alcançar o resultado ideal em uma determinada medida (SOUZA *et al*., 2015). Conforme Tayebi *et al*. (2024), significa uma comparação entre os valores observados e ótimos de sua produção e insumo. Sales e Peixe (2022) acrescentam a essa

definição, a ideia de fronteira de custos, ao considerarem que a eficiência técnica é obtida, pela diferença entre a quantidade de insumos observada e a mínima quantidade desses insumos, necessária para produzir o mesmo nível de determinado produto. Com base nessas definições, alude-se a conclusão de Leão (2018, p. 25), o qual menciona que, "[...] se a produtividade é o quanto se produz em relação a cada um dos recursos empregados, a eficiência é o quanto se produz em relação ao quanto se poderia produzir."

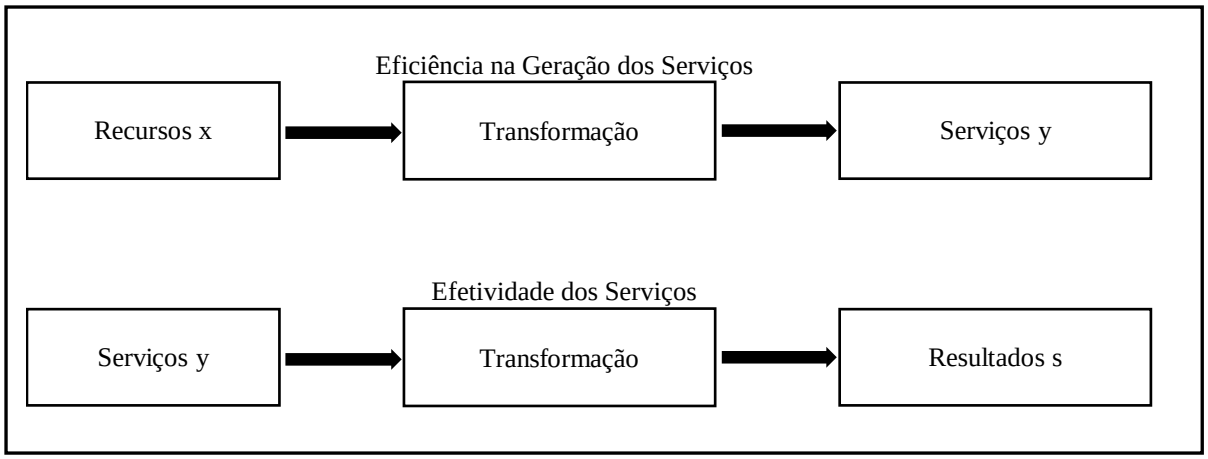
Ainda no que se refere à eficiência técnica, nota-se que as definições propostas por Souza *et al*. (2015) e Tayebi *et al*. (2024) são em termos absolutos e independentes dos resultados dos concorrentes, ou seja, se aproximam mais do conceito de produtividade total de fatores. Nesse aspecto, Rosano-Peña e Gomes (2018) consideram, que a eficiência técnica de determinada unidade é relativa, visto que é alcançada quando se maximiza a produção, minimizando os custos, sem que haja outra unidade, ou conjunto de unidades, capazes de melhorar, tanto a produção quanto o uso dos insumos. Sob essa perspectiva, a eficiência deriva da natureza da atividade principal ou dos objetivos das instituições, o que favorece a comparação entre diferentes organizações de determinado setor (MATTOS; TERRA, 2015). Deste modo, não se pode considerar a eficiência técnica como um conceito absoluto de uma organização, devendo ser tratada como uma noção relativa, em relação a um conjunto de unidades avaliadas, conforme aludido por Rosano-Peña e Gomes (2018) e Taj *et al*. (2012).

A combinação da eficiência técnica com a eficiência alocativa é definida como eficiência econômica ou global, tendo em vista que nestas dimensões procura-se avaliar a eficiência de uma unidade, em relação aos recursos necessários para produzir determinado produto (ROSANO-PEÑA; GOMES, 2018). Sob o viés técnico, a eficiência demonstra a capacidade das unidades de obter máxima produção com os insumos que dispõe. Sob prisma alocativo a eficiência representa a habilidade das organizações de utilizar os insumos em proporções ótimas para executar suas atribuições ou prestar serviços, no sentido de Pareto (SILVA *et al*., 2011). Alinhando os dois conceitos, Shaw (2009) sugere, que a eficiência econômica está atrelada à manutenção dos níveis de custos, com o aumento da produção, ou ao contrário, reduzir os custos, mantendo os padrões de produção.

Em contrapartida, a dimensão social é manifestada pela habilidade da instituição em servir uma parte significativa da sociedade, aumentando assim a utilidade da organização dentro do seu ambiente (MATTOS; TERRA, 2015). Sano e Montenegro Filho (2013) ressaltam, que a eficiência nessa perspectiva procura relacionar os impactos produzidos sobre uma população atendida por um serviço público. No mesmo sentido, para Pacheco (2009), a mensuração da eficiência sob o prisma dos impactos está relacionada à efetividade das ações públicas.

Nesse sentido, a eficiência social ou efetividade pode ser mensurada, empregando-se os serviços gerados, a partir do emprego dos recursos disponíveis, como insumos, que contribuirão para a efetivação dos impactos ou resultados dessas ações públicas (HANSON, 2016). Para melhor entendimento, a Figura 2 ilustra o processo de averiguação da eficiência sob os prismas econômico (técnica e alocativa) e social.

Figura 2 - Eficiência técnica/alocativa e eficiência social/efetividade



Fonte: Adaptado de HANSON, 2016.

A ilustração permite esclarecer, que a mensuração da eficiência técnica ou alocativa (econômica) é aquela desenvolvida no primeiro fluxograma demonstrado na Figura 2, isto é, na eficiência na geração de serviços. Isso, porque nesse aspecto, a eficiência de uma organização é demonstrada pelo processo de transformação dos recursos (x), que podem ser financeiros, materiais, humanos, entre outros, para a disponibilização dos serviços (y) à coletividade (HANSON, 2016). Assim, os serviços oferecidos à sociedade são produtos da aplicação de recursos.

Já no segundo ponto da ilustração, qual seja, a efetividade dos serviços, Hanson (2016) sugere que os fatores de entrada são os serviços (y), gerados a partir da aplicação dos recursos, conforme visto na eficiência na geração dos serviços, e os produtos são os resultados (s) percebidos, pelo empreendimento das ações públicas.

Diante dessas especificidades, Pacheco (2009) julga, que a mensuração da eficiência, sob as dimensões técnica e alocativa, possibilita o estabelecimento de metas claras a serem perseguidas, permitindo aos gestores públicos conhecer o que efetivamente é produzido, com os recursos públicos, além de ser um importante instrumento de motivação dos gestores.

Já a avaliação da eficiência social permite ao gestor, a indagação sobre a efetividade ou o impacto social do que é produzido (MATTOS; TERRA, 2015). No entanto, nesta dimensão,

surge a complexidade em se estabelecer conexões causais entre as ações públicas e os resultados observados nos indicadores sociais, pois os efeitos desejados estão muitas vezes sujeitos a mudanças nos desejos e comportamentos dos cidadãos (SANO; MONTENEGRO FILHO, 2013). Essas considerações reforçam o mencionado por Guedes e Fabriz (2022), quando salientam a importância dos usuários dos recursos hídricos, no que se refere à preservação da segurança do tráfego aquaviário.

Nesse contexto, Pacheco (2009) menciona, que a mensuração da eficiência na dimensão social tem provocado reações adversas na literatura, pela dificuldade em se estabelecer essa relação de causalidade entre os insumos aplicados para a promoção das ações públicas, e a efetividade esperada pela sociedade. Mattos e Terra (2015) acrescentam, que apesar do objetivo das organizações ser a geração de resultados, a avaliação da eficiência, com base nos impactos das atividades públicas, torna-se mais complexa, porque podem existir uma variedade de fatores externos que podem afetar os resultados das diversas unidades.

No âmbito das Forças Armadas, devido à natureza de suas atribuições, a avaliação da eficiência, por meio da dimensão social, mostra-se ainda mais problemática, frente às dificuldades em se estabelecer indicadores sociais, que revelem o grau em que elas mantêm segurança, proteção, paz e estabilidade nacional (HARTLEY, 2012). Considerando as dificuldades de se mensurar resultados de alto nível, como paz e segurança, Anagboso e Spense (2009), sugerem que, nesses casos, a eficiência das entidades de segurança e defesa pode ser mensurada, baseando-se na aplicação dos recursos para a disponibilização de serviços, em conformidade com o processo de eficiência na geração dos serviços, ilustrado na Figura 2. Dessa forma, o emprego das perspectivas técnica ou alocativa se mostram mais adequadas na mensuração da eficiência no âmbito das instituições de segurança e defesa, dadas as peculiaridades de suas atividades-fim e as dificuldades em se estabelecer indicadores de efetividade da prestação de seus serviços (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020).

Assim, a mensuração da eficiência, sob as dimensões técnica e alocativa, é vista como um valioso instrumento para múltiplas utilidades. Rosano-Peña e Gomes (2018, p. 190) elencam algumas delas, conforme a seguir:

> a) como uma forma de introduzir pressões competitivas e motivação comportamental para encontrar a direção certa no empreendimento público;
> b) como ferramenta gerencial para identificar as melhores práticas de produção, que podem servir de referências para estabelecer metas de melhorias para as unidades de baixo desempenho;
> c) como técnica para identificar as folgas, as ociosidades, que permitam a liberação de recursos para aumentar a cobertura e criar novos serviços;
> d) [...]

> e) como meio para definir orçamentos, pagamento de prêmios e gratificações e prever necessidades futuras de recursos para o desenvolvimento sustentável do setor;
> f) [...]

Gao (2015) resume as utilidades advindas da mensuração da eficiência técnica, ao afirmar que esse processo leva a gestão pública a utilizar as informações obtidas para a tomada de decisão, o que gera um ciclo contínuo de melhoria do desempenho das organizações. No entanto, para se obter essas vantagens na gestão pública, é necessário utilizar variáveis de insumos e produtos que possam refletir com a maior fidedignidade possível o quão eficiente são as organizações (PACHECO, 2009).

Nesse âmbito, Narbón-Perpiñá e Witte (2018), em uma revisão sistemática da literatura, elencam as variáveis de insumos e produtos mais utilizadas nas pesquisas, que tem como objetivo mensurar a eficiência das instituições públicas a nível global. Segundo os autores, entre 1990 e 2016, as variáveis de saída incluídas nos diferentes estudos são diversas e se adequam à relevância e às particularidades dos serviços e unidades, que se propõe a avaliar. Nesse sentido, a pesquisa revela que muitos estudos empregam, como proxy de saída, a extensão territorial, a população total atendida, a quantidade de instalações disponibilizadas para o oferecimento de determinados serviços públicos, como educação, saúde e segurança pública, bem como o número de ações específicas realizadas pelas unidades em avaliação.

Nesse diapasão, Pacheco, Sánchez e Villena (2014), partindo da hipótese de que, quanto maior a unidade, maiores os custos com a disponibilidade de serviços públicos, utilizaram a extensão territorial, o número de unidades de ensino, e o número de instalações de atendimento hospitalar como produtos ou *outputs*, para avaliar a eficiência de municípios chilenos. Souza *et al*. (2018) ao analisarem a eficiência de 31 hospitais brasileiros utilizaram a quantidade de leitos providos, como variável representativa dos produtos gerados pelas unidades.

Stastná e Gregor (2015) enfatizaram a dificuldade de se encontrar variáveis de saída orientados para a efetividade das ações públicas e, assim, utilizaram a população total, o número de instalações culturais e a área útil construída para mensurar a eficiência de diversos serviços públicos, como a promoção da cultura, educação e segurança pública em municípios da República Tcheca.

Carmo Junior e Rosano-Peña (2019) avaliaram a eficiência de contratos firmados pela administração pública para a prestação serviços de georreferenciamento. Para isso, utilizaram como variável de saída, a extensão territorial georreferenciada em km². Pereira *et al*. (2022) avaliaram a eficiência dos serviços de água e esgoto em instituições públicas e privadas, utilizando em sua pesquisa o volume de água faturada como o produto de seu modelo.

Na área de segurança pública e defesa nacional, Fulton, Lasdon e McDaniel (2007) em suas análises, acerca da eficiência dos hospitais do exército do Estados Unidos, empregam como variáveis de saída, o tempo de disponibilidade para o trabalho, do pessoal voltado às atividades finalísticas das unidades. Lu (2011) utilizou como variáveis de saída, na avaliação da eficiência dos serviços de transporte do Ministério da Defesa de Taiwan, o número de pessoas atendidas e a área coberta por cada linha de transporte. Hanson (2016) analisou a eficiência de unidades operacionais das Forças Armadas da Noruega e, para tal, empregou como produtos, a quantidade de pessoas capacitadas para realizar operações. Anagboso e Spense (2009) sugerem, que a eficiência de unidades militares pode ser obtida, utilizando-se, como *output*, as atividades específicas que as elas executam, bem como suas capacidades de em empreender um curso de ação.

No Brasil, Santos (2017) analisou a eficiência de unidades do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Pará, considerando como produtos, o total de ocorrências de incêndios, o total de atendimentos pré-hospitalares e o total de salvamentos por unidade. Freitas (2020) mensurou a eficiência de entidades segurança pública, que atuam nas regiões de fronteira do país, utilizando como produtos, o número de operações realizadas e a quantidade apreensão de drogas em portos e aeroportos nacionais. Mais recentemente, Santos Junior *et al*. (2023b) mensuraram a eficiência de dez unidades de saúde da MB, valendo-se da quantidade de exames e consultas realizados pelas organizações durante o ano de 2021.

No que se refere à mensuração da eficiência de unidades voltadas à segurança do tráfego aquaviário brasileiro, Santos Junior *et al*. (2023a) mensuraram a eficiência da MB em realizar inspeções e vistorias navais nas diversas regiões brasileiras, em 2021. Para isso, os autores empregaram como variável representativa do produto, o total de operações realizadas pela MB, caracterizada pelas quantidades de vistorias e inspeções navais realizadas em cada região geográfica do país, sob responsabilidade da Força.

Entre as variáveis de insumos, Narbón-Perpiñá e Witte (2018) observaram que 83% dos estudos, que se propuseram a analisar a eficiência na gestão pública utilizaram variáveis de entrada em termos financeiros. Nesse sentido, cabe destacar que os estudos de Pacheco, Sánchez e Villena (2014), Souza *et al*. (2018), Statná and Gregor (2015), Carmo Junior e Peña (2019), Pereira *et al*. (2022), Fulton, Lasdon e McDaniel (2007), Lu (2011), Hanson (2016), Freitas (2020), Santos Junior *et al*. (2023a) e Santos Junior *et al*. (2023b) mencionados anteriormente, utilizaram entre os insumos, variáveis que representavam dispêndios de recursos públicos, como despesas, custos e investimentos para se efetivar as ações públicas.

Dessa forma, ao analisar as definições de eficiência, especialmente nas perspectivas alocativa e técnica, juntamente ao o uso expressivo de variáveis relacionadas a dispêndios de recursos em pesquisas recentes, evidencia-se que, do ponto de vista do Estado, a avaliação da eficiência pode ser conduzida por meio do emprego informações provenientes de sistemas gerenciais contábeis. Nesse contexto, Doumpos e Cohen (2014) afirmam que o emprego de sistemas de contabilidade, que forneçam informações sobre o valor dos ativos e da estrutura de custos da administração pública, pode oferecer dados relevantes sobre o uso eficiente dos recursos, no que se refere à prestação de serviços aos cidadãos.

No bojo dos sistemas gerenciais de contabilidade, Machado e Holanda (2010) mencionam, que os administradores do setor público necessitam de um sistema de informações de custos, por meio do qual seja possível comparar os custos de serviços semelhantes, prestados por unidades diferentes, bem como sirvam de base para a elaboração do orçamento. Nessa seara, Alonso (2022) descreve bem a relevância dos custos em relação à mensuração da eficiência na gestão pública, ao afirmar que sem medição de custos não há medida de eficiência.

Destarte, reconhecimento da relação entre custos e eficiência motivou vários órgãos da administração pública, incluindo a MB, a desenvolverem sistemas gerenciais de informações de custos, com propósito de fornecer suporte aos gestores dos recursos proveniente dos contribuintes, conforme será apresentado na próxima seção.

1.4 Gestão de Custos no Setor Público

De forma diferente do que ocorre no setor privado, no setor público, as preocupações sobre gestão de custos não se concentram na avaliação de estoques ou na obtenção de lucros, mas sim na eficiência dos serviços públicos prestados (ALONSO, 2022). Deste modo, quando o Estado planeja suas ações, com o fim de atender às necessidades da sociedade, é importante que se utilize ferramentas avançadas de gestão e controle, visando a melhor utilização dos recursos disponibilizados pelos contribuintes, em forma de tributos (MESSIAS; FERREIRA; SOUTES, 2018).

Nessa linha, Cardoso, Aquino e Bitti (2011) afirmam que, à medida em que novas tecnologias facilitam o acesso a informações e permitem comparar o grau de eficiência entre diferentes órgãos, crescem as pressões dos cidadãos por eficiência no emprego dos recursos disponibilizados aos entes estatais. Assim, uma das principais responsabilidades do Estado é

utilizar de forma apropriada os recursos públicos, em prol da coletividade (LOVATO *et al*., 2016).

Essa responsabilidade fica mais evidente, quando a limitação de recursos, face às grandes demandas da sociedade por serviços públicos, é uma realidade comum, tanto em países desenvolvidos, quanto em nações em desenvolvimento. Nesse contexto, abordagens e instrumentos direcionados ao melhor emprego do erário, como a gestão de custos, ganharam maior destaque dentro das premissas da NPM (MESSIAS; FERREIRA; SOUTES, 2018). Alqudah, Mansor e Salleh (2022) reforçam essa ideia, ao afirmarem que a implementação de um sistema de gerenciamento de custos tem o potencial de fornecer atualizações contínuas sobre o comportamento e a estrutura das despesas públicas, e a eficiência da prestação de serviços. Para isso, um bom sistema de informações de custos deve enfatizar a relação entre captação de recursos, a definição de centros de custos e as categorias de programas utilizadas no processo orçamentário (ALQUDAH; MANSOR; SALLEH, 2022).

Ao contrário da visão puramente orçamentária, a informação de custos destaca-se por considerar os impactos patrimoniais das atividades, como consumo de estoques e depreciação, e por identificar a aplicação efetiva dos dispêndios financeiros (MACHADO; HOLANDA, 2010; FILGUEIRAS, 2019). Por conseguinte, as informações de custos podem complementar e reforçar os critérios de revisão das dotações de despesas das categorias de programas estabelecidos, quando os orçamentos são elaborados (HOKKINEN, 2021). Na mesma linha, Luque *et al*. (2008) mencionam, que um sistema de análise e apuração de custos é fundamental para possibilitar uma gestão eficiente, tanto das ações públicas, quanto por ocasião da alocação de recursos no processo orçamentário. Face às suas características, a utilidade gerencial em se evidenciar e controlar os custos na administração pública é reconhecida internacionalmente, em pesquisas que abordam a eficiência na gestão pública.

Nesse contexto, Kosmas e Dimitropoulos (2014) realizaram um estudo de caso, acerca da adoção da gestão de custos em uma organização pública ligada aos esportes, na Grécia. Segundo os autores, os gestores da unidade alegaram estar melhor capacitados para planejar a alocação de recursos do período seguinte, bem como puderam analisar a pertinência da manutenção de alguns serviços. Mättö e Sippola (2016) encontraram resultados semelhantes, ao observarem que a introdução da gestão de custos, nas administrações municipais da Finlândia, resultou na melhoria da eficiência dos gastos públicos, ao mesmo tempo em que aumentou a qualidade das informações disponíveis para os responsáveis pela tomada de decisões dos entes municipais do país.

Melo *et al*. (2016) identificaram, que a implementação de um sistema de informações de custos no Hospital da Universidade da Califórnia, Estados Unidos, resultou em redução de custos e otimização dos projetos, uma vez que os gestores exploraram alternativas de gestão mais eficientes para cumprir o orçamento estabelecido. Além disso, a definição de metas e objetivos serviu como um estímulo adicional para os gestores buscarem melhores resultados em suas organizações.

Em Quebec, no Canadá, a adoção de um sistema de custos tem beneficiado significativamente a gestão local, fornecendo informações valiosas para a definição de taxas, para a avaliação de possibilidades de terceirização, para o fortalecimento da responsabilidade dos gestores e, consequentemente, para o aprimoramento dos processos de gestão, conforme a pesquisa de Gosselin e Journeault (2022).

Cuadrado-Ballesteros; Bisogno e Vaia (2022) em uma pesquisa envolvendo 22 países europeus, demonstraram que as nações que empregam sistemas de informações contábeis de gerenciamento de custos possuem mais subsídios para os processos de tomada de decisões, além de serem mais eficientes em relação aos seus gastos.

No Brasil, a despeito da administração pública gerencial ter começado a ser discutida a partir da década de 1980, e sua implementação ter sido iniciada a partir de meados da década seguinte, a apuração de custos no setor público, como atividade compulsória, não é tema recente (CARDOSO; AQUINO; BITTI, 2011), e abarca uma série de dispositivos legais, conforme demonstra o Quadro 1:

Quadro 1 - Legislação aplicada à gestão de custos no Brasil (continua)

Legislação	**Disposição**
Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964	Estabelece no artigo 99, que os serviços públicos industriais devem manter um sistema contábil para determinação dos custos.
Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967	Preconiza em seu artigo 79 que a contabilidade do setor público deveria apurar os custos dos serviços prestados, de modo a evidenciar os resultados da gestão.
Constituição da República Federativa do Brasil de 1988	Exige o uso da informação de custos para controle, em seu artigo 74.
Lei 9.724, de 1º de dezembro de 1998	Relaciona a apuração de custos às medidas de desempenho das organizações militares prestadoras de serviços, em seu artigo 1º

Quadro 1 - Legislação aplicada à gestão de custos no Brasil (conclusão)

Legislação	Disposição
Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000	Em seu artigo 99, impõe à administração pública a manutenção de sistema de custos, de forma a permitir a avaliação e o acompanhamento da gestão.
Lei nº 10.180, de 6 de fevereiro de 2001	Exige análise dos custos envolvidos nas transferências de recursos entre órgãos e entidades da Administração Pública, no § 1º do seu artigo 35.
Lei nº 10.524, de 25 de julho de 2002	Em seu artigo 21, impõe o controle dos custos das ações estatais, a avaliação dos resultados de tais ações e os custos envolvidos, e estabelece a responsabilidade pelo desenvolvimento do sistema de informações de custos, no § 2º do mesmo artigo.
Acórdão nº 1.078/2004 do Tribunal de Contas da União	Determina a adoção medidas para que o setor público federal possa contar o mais rapidamente possível com sistemas de custos, os quais viabilizem, dentre outras funcionalidades, a análise e o acompanhamento da gestão orçamentária e financeira.
Decreto nº 6.976, de 7 de outubro de 2009	Estabelece as finalidades do SIC, entre as quais os custos dos programas e das unidades da administração pública federal e a obrigatoriedade de manutenção de um sistema de custos que permita a avaliação e o acompanhamento da gestão orçamentária, financeira e patrimonial

Fonte: Adaptado de CARDOSO, BITTI e AQUINO, 2011.

Conforme pode ser observado, a contabilidade aplicada ao setor púbico teve como elemento balizador a Lei nº 4.320 de 17 de março de 1964, que determinava a apuração de custos de entidades públicas que executavam serviços industriais (BRASIL, 1964). O Decreto Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967 ampliou essa obrigatoriedade, de forma que a contabilidade de custos pudesse ser utilizada para evidenciar os resultados da gestão de recursos em todas as organizações e entidades públicas (ELIAS, 2017). Já a imposição da adoção de sistema de custos pelos órgãos federais emergiu com implementação da NPM e teve como marco, a promulgação da Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 200, conhecida como Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF), principal dispositivo que disciplina as contas públicas brasileiras (SOUZA; SILVA, 2019).

Contudo, a despeito do arcabouço legal, que impõe à administração pública a necessidade de adoção de sistemas de apuração de custos remontar da década de 1960, essa temática foi negligenciada até a emissão do acórdão nº 1.078/2004 do Tribunal de Contas da União. Conforme Cardoso, Aquino e Bitti (2011), esse foi o ponto de partida para que emergisse

um novo quadro institucional no país, que desencadeou na constituição da Comissão Interministerial de Custos, com a finalidade de estabelecer orientações, técnicas e protocolos para auxiliar na implementação de sistemas de custos, no âmbito da administração pública federal. Como consequência, em 2011 a Secretaria do Tesouro Nacional criou o Sistema de Custos do Governo Federal (SIC), um *data warehouse* pautado na premissa de integração com os sistemas de controle orçamentário, financeiro e patrimonial já existentes na esfera federal (HOLANDA; LATTMAN-WELTMAN; GUIMARÃES, 2010).

Apesar da morosidade de muitos órgãos públicos brasileiros, em adotar sistemas de gerenciamento de custos, Mauss, Diehl e Bleil (2015) apontam alguns considerados pioneiros na gestão de custos, entre os quais está a MB. Na Força Naval, a gestão de custos teve início em 1994, com a criação da sistemática das Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS) nas áreas industrial, hospitalar e de ciência e tecnologia (PEREIRA *et al*., 2016). Essa sistemática, como ferramenta de controle gerencial, integrava o Sistema de Administração Financeira do Governo Federal (SIAFI) e o sistema de gestão orçamentária da Força, o Sistema de Acompanhamento do Plano Diretor (SIPLAD), de modo evidenciar seus custos e desempenhos, por meio de demonstrações contábeis (FONSECA; SARDINHA, 2010).

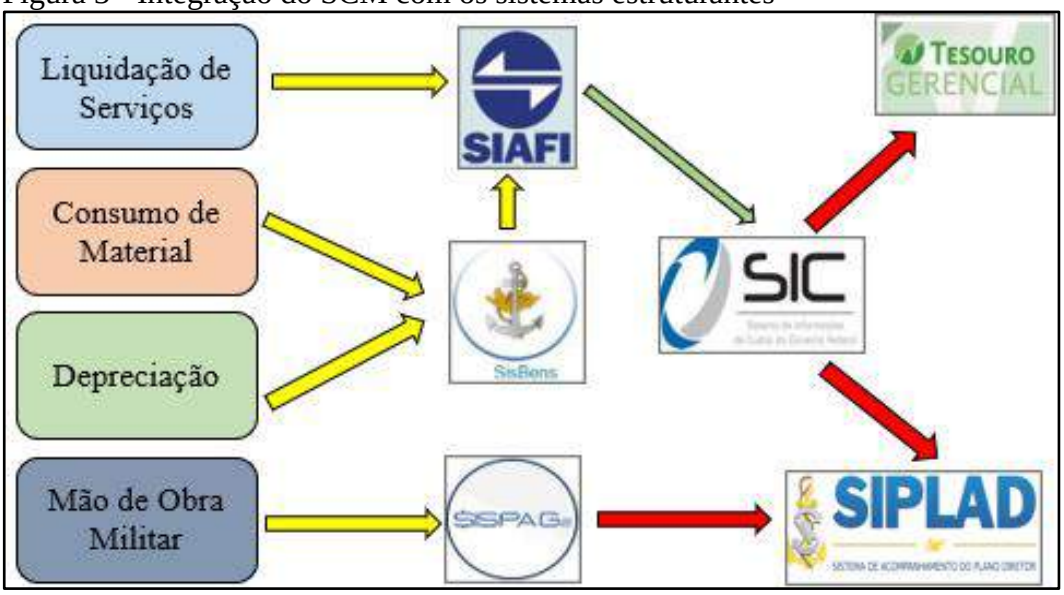
Segundo Silva, Graciliano e Siqueira (2010), o emprego dessa metodologia de apuração de custos permitiu o conhecimento dos custos das OMPS, resultando melhoras nos índices de perdas das organizações desta natureza, no período de 2000 a 2008. Outro aspecto importante do emprego da sistemática OMPS, foi a decisão da MB em extinguir a Imprensa Naval que, após a avaliação de seus custos, foi considerada deficitária, além de não ter caráter estratégico para a Força (SANTANA; CORRÊA, 2015).

Entretanto, conforme Pereira *et al*. (2016), o controle gerencial proporcionado pela sistemática OMPS não era aplicado em todas as unidades da instituição. Dessa forma, impulsionada pela legislação, e com o objetivo de ampliar a cultura da gestão de custos para toda a Força, a Alta Administração Naval autorizou, em 2017, implementação do Sistema de Custos da Marinha (SCM), baseado nas funcionalidades do SIC (ALBUQUERQUE; OLIVEIRA, 2017; SANTOS JUNIOR *et al*. 2023a). A introdução do SCM possibilitou à MB ampliar a avaliação dos custos para abranger todas as suas atividades, fornecendo uma visão mais detalhada da distribuição dos custos da entidade (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023b). Além do conhecimento dos custos de suas atividades, a adoção do SCM tem como objetivo prestar informações à Alta Administração da MB, a fim de promover uma alocação mais eficientes de seus recursos e contribuir com informações gerenciais, que possam subsidiar o processo decisório (BRASIL, 2020b). As atenções da Força com a gestão de custos de suas unidades são

tão relevantes, que o aprimoramento do SCM está incluído como uma ação estratégica naval no Plano Estratégico da Marinha 2040 - PEM 2040 (BRASIL, 2020a).

Em relação à sua estrutura, Santos Junior *et al*. (2023a) definem, que o SCM consiste em um conjunto de princípios e métodos destinados a registrar, calcular e estruturar os custos apurados das diferentes OM da MB, durante a realização de suas atividades. Os autores ainda destacam que ao contrário de outros sistemas corporativos da Força, o SCM não é um sistema transacional, que demande o emprego de um usuário lançando diretamente os custos em uma plataforma informatizada. A exemplo do SIC, o SCM funciona como um *data werehouse*, que reúne e processa uma gama de dados originados de outros sistemas estruturantes do governo federal e sistemas corporativos da MB, o que reduz a carga administrativa requerida à geração de informações (MELLO; SANTOS JUNIOR; PESSANHA, 2021). Para melhor compreensão, a Figura 3 ilustra a estrutura de integração do SCM com os outros sistemas utilizados pela MB.

Figura 3 - Integração do SCM com os sistemas estruturantes



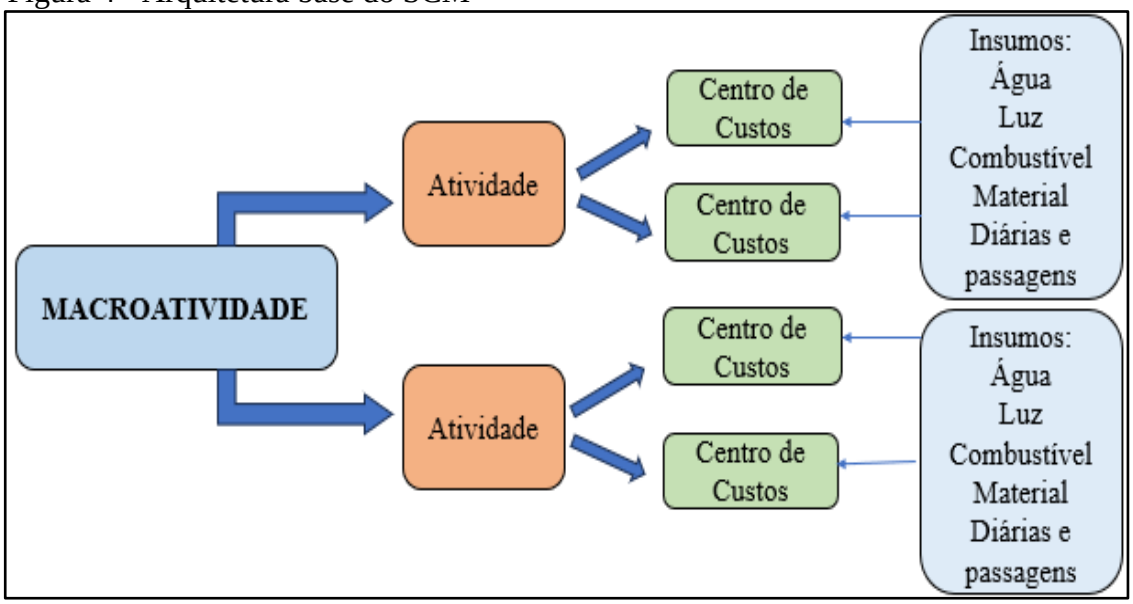
Fonte: Adaptado de SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a.

Conforme pode ser observado na ilustração, as principais fontes de dados do SCM incluem o SIAFI, para custos de serviços terceirizados e materiais de consumo imediato, o Sistema de Controle de Bens da MB (SISBENS), para custos de materiais para estoque e depreciação dos ativos, e o Sistema de Pagamento da MB (SISPAG), para custos de mão de obra militar (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a). Esses dados consolidados pelo SIC são acessados via o sistema Tesouro Gerencial ou pelo Painel de Custos do SIPLAD. Deste modo, a abordagem operacional do SCM possibilita, ao responsável pelas decisões, observar todos os

custos envolvidos em uma atividade específica, sem a necessidade de consultar cada sistema individualmente (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023b).

Além disso, o modelo adotado pelo SCM é baseado no método de custeio por atividades ou *Activity Based Costing* (ABC), o qual considera que são as atividades que consomem recursos da organização (FILGUEIRAS, 2019). Assim, a estrutura do SCM é fundamentada no agrupamento de atividades afins, denominadas macroatividades, as quais se classificam em dois grupos, um relacionado às atividades finalísticas, e outro às atividades de apoio, conforme sua contribuição para o alcance dos objetivos da MB (FILGUEIRAS, 2019; SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a). As macroatividades são compostas pelas atividades, e estas, por centros de custos de mesma natureza, que são as unidades mínimas de acumulação de custos (MARTINS, 2003). Assim, na arquitetura do SCM, os centros de custos correspondem a uma atividade ou produto elaborado pela instituição militar, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Arquitetura base do SCM



Fonte: Adaptado de SANTOS JUNIOR *et al*., 2023b.

Com o propósito de organizar e simplificar a identificação dos centros de custos a serem empregados por todas as Unidades Gestoras, a MB padronizou uma codificação composta por seis números, que indica a macroatividade, a atividade e o produto/atividade associadas (SANTANA; CORRÊA, 2015). Na Figura 5 é ilustrada a estrutura dos campos de um Centro de Custos do SCM.

Figura 5 - Estrutura dos códigos de centros de custos do SCM

Fonte: BRASIL. Marinha, 2020b.

Para apurar os custos dos serviços relacionados às atividades finalísticas de segurança do tráfego aquaviário (STA), a MB criou a macroatividade 04.00 – Serviço de Portos e Costas (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a). Essa macroatividade engloba os centros de custos relacionados às atividades das OM componentes do SSTA, quanto cumprimento da legislação marítima, prevenção à poluição no mar, segurança do tráfego aquaviário, e habilitação e qualificação do pessoal da Marinha Mercante (BRASIL, 2020b). Esses custos podem ser classificados como diretos e variáveis, pois estão diretamente relacionados às atividades de STA e tendem a variar, à medida que vão sendo alocados ao volume dessas atividades. Conforme Martins (2003), os custos diretos são relacionados intimamente aos produtos, e os variáveis aumentam ou reduzem conforme o volume produtivo.

Entre as macroatividades de apoio, destaca-se a 59.00 – Atividades Administrativas, que segundo as Normas sobre os Sistema de Custos da Marina - SGM- 307 (BRASIL, 2020b) são formadas por todos os centros de custos destinados a apropriar os custos administrativos de todas as OM da Força, no decorrer de suas atividades. Devido às suas características, esta macroatividade engloba os custos fixos, já que independente do volume de atividades de STA, por exemplo, a MB efetua dispêndios para garantir o funcionamento e a manutenção das instalações físicas dessas OM. Segundo Martins (2003), os custos fixos são aqueles que independem do volume de produção, que ocorrem em vários períodos, podendo ser repetitivos, quando se observa o mesmo valor em vários períodos, ou não repetitivos, cujo valor varia ao longo dos períodos, como por exemplo os custos com energia elétrica, fornecimento de água, telefonia, entre outros.

Nesse prisma, Santana e Corrêa (2015) utilizaram informações extraídas do SCM para mensurar a eficiência de quatro unidades de ensino da MB, sob a ótica dos seus custos de funcionamento e manutenção, caracterizados pela macroatividade 59.00. Os resultados do estudo permitiram aos autores constatar o custo anual, de cada OM, para formação de alunos, de modo que se pudesse comparar e implementar soluções para melhorar as alocações de recursos para estas unidades.

Os dados extraídos do SCM, também foram utilizados para a avaliação da eficiência no fornecimento de alimentos de quinze navios da Força (MELLO; CARDOSO; PESSANHA; 2021), nos atendimentos médicos e hospitalares das OM de saúde da MB (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023b), na verificação da correlação entre os níveis de eficiência e a terceirização dos serviços de alimentação de dez OM da Instituição (SILVA; COSTA; 2023), e na análise da eficiência das atividades de vistorias e inspeções navais realizadas pela MB, a nível distrital, isto é, das regiões geográficas sob jurisdição dos Comandos de Distritos Navais (SANTOS, JUNIOR *et al*. 2023a).

Deste modo, observa-se o avanço dos entes públicos, entre eles a MB, na apuração dos custos de suas atividades, como a de STA, permitindo à administração da Força ter uma visão abrangente e detalhada dos custos associados a cada atividade, bem como daqueles que compõem individualmente as suas diversas unidades

No entanto, apesar dos avanços no apoio à gestão, Hokkinen (2021) menciona, que apenas os relatórios de informações de custos podem não ser suficientes como subsídios para decisões estratégicas que envolvam a mensuração da eficiência. Luque *et al*. (2008) complementam, ao afirmarem que, a despeito da obrigação legal dos entes públicos apurarem os custos de suas atividades, essa apuração muitas vezes é genérica e não suficiente, por si só, para indicar a eficiência das entidades na utilização dos diversos recursos sob suas responsabilidades.

Com o SCM não é diferente, e nessa linha Santos Junior *et al*. (2023a) apontam, que o sistema fornece apenas informações sobre os custos de suas atividades de forma estruturada, não sendo suficiente para fornecer aos agentes tomadores de decisão informações para a avaliação da eficiência, se analisados isoladamente. Complementando essa visão, Oliveira Junior (2020) destaca, que as informações geradas pelo SCM, sem um tratamento analítico, não se mostram suficientemente adequadas para orientar a alocação de recursos e as análises subsequentes. Isso pode ser consequência, de que os relatórios de custos das atividades públicas são normalmente utilizados para o controle e para o cumprimento de procedimentos formais,

quando deveriam ser empregadas como elementos de mensuração de resultados, desempenho e eficiência, conforme mencionam Luque *et al*. (2008) e Alonso (2022).

Portanto, a implementação de ferramentas, que auxiliem a mensuração e análise da eficiência, relacionada aos custos das unidades no setor público, despontam como uma solução interessante para melhor utilização dos sistemas de informações contábeis já existentes (PEREIRA; VIEIRA; MADKUR, 2018). De fato, todos os estudos citados nesta seção que empregaram informações extraídas do SCM, fizeram uso de diferentes técnicas de análise de dados, com o objetivo de relacionar os custos incorridos com os produtos gerados pelas organizações, para mensurar a eficiência.

Diante dessas considerações, fica evidente a necessidade de se processar os dados gerados pelos sistemas de gestão de custos de forma adequada, especialmente por meio de técnicas que possibilitem a obtenção dos graus de eficiência das organizações no desenvolvimento de suas atribuições. Nesse sentido, a utilização de modelos de análises quantitativas na avaliação da eficiência, que possibilitem agregar as informações geradas pelos sistemas contábeis, com os dados das atividades exercidas pelo ente público, emerge como uma estratégia interessante. Entre esses modelos, destaca-se a Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment analysis* (DEA), conforme será abordado na próxima seção.

1.5 Análise Envoltória de Dados

Diante de crises econômicas e das consequentes medidas de austeridade e cortes orçamentários, conhecer e analisar a eficiência de entidades públicas se tornou um desafio para os pesquisadores. Nesse contexto, o setor público tem atraído considerável atenção no âmbito das ciências sociais nas últimas décadas, quando se trata de pesquisas na área de eficiência e análise de produtividade (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020).

No que concerne às atividades operacionais das Forças Armadas, que prestam serviços não ofertados diretamente pelos mercados, a avaliação da eficiência é ainda mais desafiadora, pela ausência de mecanismos de precificação, em comparação com o mercado (HANSON, 2016). Luque *et al*. (2008) enfatizam que, nesses casos, a eficiência dessas atividades não pode ser mensurada com base no custo de oportunidade, ou seja, no critério que identifica um serviço público como a melhor alternativa disponível para sua obtenção. A utilização desse mecanismo é comum, quando um serviço da mesma natureza é disponibilizado igualmente pelo setor

privado, afirmam Slomski *et al*. (2010). Nesses casos, os autores sugerem empregar a demonstração do resultado econômico (DRE) de determinada atividade, de modo a evidenciar que é eficiente, a prestação de um serviço público que observa menores custos, do que o mesmo serviço ofertado por entes privados.

Face a esse cenário, uma crescente literatura segue focada em utilizar técnicas de análises quantitativas de dados para medir a eficiência das organizações públicas (ROSANO-PEÑA; GOMES, 2018). Essas técnicas costumam ser divididas de diferentes maneiras, sendo uma delas a que as distingue entre abordagens paramétricas e não-paramétricas (CICHOWICZ *et al*., 2021).

Na abordagem paramétrica, uma forma funcional para fronteira de eficiência é assumida a priori, sendo essencial defini-la adequadamente (CESARO *et al*., 2009; BOUERI, 2015). Conforme Lampe e Hilgers (2015), o mais conhecido entre os métodos paramétricos é a análise da fronteira estocástica ou *Stochastic Frontier Analysis* (SFA). Esta ferramenta trata-se de uma regressão, que utiliza modelos de funções de produção, que incorporam um componente para representar a ineficiência, juntamente com uma variável aleatória não controlada pelo gestor (ROSANO-PEÑA; GOMES, 2018).

Entretanto, Boueri (2015) considera, que por ser um modelo de regressão, a SFA exige interpretação e testes de significância, o que pode comprometer os resultados gerados. Somado à exigência do atendimento desses pressupostos, a SFA apresenta dificuldades quanto ao seu uso em um contexto de múltiplas entradas e saídas, além de demandar muitas unidades para análise, o que é um fator restritivo em setores específicos, como público, em especial as Forças Armadas (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020). Devido a essas características, Rosano e Penã (2018) consideram que a aplicação de abordagens paramétricas, na análise da eficiência do setor público, não empresarial, é limitada.

Ao contrário dos modelos paramétricos, os modelos não paramétricos dependem exclusivamente dos dados, tornando-os particularmente atraentes em situações em que o processo de produção, ou os preços, não têm parâmetros bem definidos, como é frequentemente o caso no setor público (MERGONI; EMROUZNEJAD; WITTE, 2024). Na abordagem não paramétrica, diferente da SFA, a fronteira de eficiência é calculada com base nas observações da amostra (CESARO *et al*., 2009). Nessa linha, a eficiência é atribuída a qualquer desvio da fronteira, não levando em consideração a existência de fatores exógenos, fora do controle das organizações (IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020). Entre os métodos não-paramétricos, destaca-se a Análise Envoltória de Dados ou *Data Envelopment analysis* (DEA) (LAMPE; HILGERS, 2015).

A DEA é um modelo matemático que permite avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Unities* - DMU), considerando múltiplos fatores de entrada e saída comuns, através de um problema de programação linear, obtendo-se a superfície de fronteira que define as melhores práticas (NEUENFELDT JÚNIOR *et al*., 2015; TAYEBI *et al*., 2024). A ideia central desta ferramenta é analisar as interações entre insumos e produtos das DMUs, pois são esses fatores que possibilitam a avaliação do desempenho operacional e ajudam as organizações a melhorar sua produtividade e eficiência (PINTO; CORONEL, 2017). No processo de conversão dos *inputs* em *outputs*, os resultados apresentam indicadores de eficiência que variam entre 0 e 1, isto é, de 0 a 100%, cuja a DMU que atinge o valor unitário é considerada eficiente (PEREIRA; TAVARES, 2020). Nesse contexto, o índice de eficiência 1,000 indica a relação ótima entre *inputs* e *outputs*, de modo que se torna inviável a redução de insumos, sem reduzir a produção, ou de se aumentar a produção, sem aumentar a quantidade de insumos (FERREIRA; GOMES, 2020).

Dessa forma, o propósito da DEA é criar um conjunto de referência, de modo que as DMUs possam ser categorizadas como unidades eficientes ou ineficientes, com base nessa superfície, a qual poderá indicar diretrizes para que uma DMU ineficiente se projete na fronteira de eficiência (ALMEIDA; MARIANO; REBELLATO, 2006). Portanto, a abordagem DEA oferece uma estrutura interessante para estratégias de comparação de resultados, pois, além de mensurar a eficiência de diversas unidades, permite comparar os padrões de desempenho, apontando *benchmarks* (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a).

Entre as vantagens da DEA, está a possibilidade de se medir a eficiência com o emprego de informações físicas sobre insumos e produtos disponíveis, não dependendo de qualquer informação sobre preços de mercado (MERGONI; EMROUZNEJAD; WITTE, 2024; HANSON, 2016; IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020), ao contrário da DRE proposta por Slomski *et al*. (2010). Além disso, esse modelo não exige o estabelecimento de pesos para as variáveis de forma arbitrária, já que o modelo matemático, construído a partir de um modelo de programação linear, escolhe os pesos dessas variáveis, baseados na estrutura dos dados da amostra (BOUERI, 2015). Dessa forma, a ponderação endógena das variáveis garante que cada unidade seja avaliada da melhor forma possível, garantindo justiça e objetividade (MERGONI; WITTE, 2022). Como consequência, diferente de métodos de avaliação subjetiva, como as análises hierárquicas e de peso, a DEA é reconhecida como uma ferramenta objetiva de avaliação de eficiência de unidades que possuem as mesmas atribuições (GUO *et al*., 2023).

Para implementação da DEA, Lins e Meza (2000) indicam três fases importantes. Segundo os autores, incialmente, deve-se definir e selecionar as DMUs a serem analisadas. Em

seguida, devem ser selecionadas, dentre as variáveis coletadas consideradas relevantes, aquelas mais apropriadas para mensurar a eficiência das unidades, e finalmente, deve-se definir o modelo, de acordo com os objetivos da análise.

No processo de definição das DMUs e da seleção das variáveis, Corrêa *et al*. (2019) mencionam que uma grande quantidade de insumos e produtos, em relação ao número de unidades avaliadas, pode reduzir a capacidade discriminatória de unidades eficientes e ineficientes. Nessa linha, a literatura sugere diferentes regras para lidar com esse problema de dimensionalidade. Uma delas, é que a quantidade de unidades a serem avaliadas seja pelo menos três vezes maior do que a soma das variáveis de saída e entrada empregadas no modelo, conforme mencionado por Hanson (2016). Para seleção de variáveis, Campos (2014) menciona que podem ser utilizados o método *stepwise*, a análise de correlação, e a regressão. No método *stepwise*, as variáveis coletadas são inseridas gradualmente no modelo, enquanto o *ranking* de eficiência é analisado a cada inclusão, visando identificar o conjunto ideal sem alterar a eficiência relativa. Já a análise de correlação e regressão alude ao conceito de isotonicidade. Nesse sentido, Lorenzett, Lopes e Lima (2010) e Lu (2011) salientam, que nos modelos DEA as variáveis representativas de insumos e produtos devem refletir o processo avaliado, sendo desejável que atendam ao pressuposto de isotonicidade entre elas, isto é, um incremento nos insumos deve provocar um aumento nos produtos desejados, ou um decréscimo, no caso de produtos indesejados. No que se refere à definição do modelo, segundo Cooper, Seiford e Zhu (2011) existem os modelos radiais e os não-radiais.

Os modelos radiais foram desenvolvidos por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), *constant returns to scale* (CRS), e por Banker, Charnes e Cooper (1984), *variable returns to scale* (VRS). O modelo CRS, pressupõe que as DMUs em estudo são homogêneas, ou seja, na comparação entre as unidades, não se leva em consideração critérios de escala e dimensão, considerando que as unidades estão operando em sua capacidade ótima (FERREIRA; GOMES, 2020). Deste modo, o modelo CRS compara cada DMU com todas as outras unidades da amostra (SOUZA; SCATENA; KEHRIG, 2016). A estimativa de eficiência calculada pelo modelo CRS é conhecida como eficiência total, pois pode ser dividida em dois elementos: eficiência de escala e eficiência técnica interna, também chamada de eficiência pura, que é avaliada pelo modelo VRS (HASAN *et al*., 2020).

O pressuposto VRS considera que a escala de produção das unidades não está sob o controle dos gestores (ROSANO-PEÑA; GOMES, 2018). Além disso, permite que uma unidade ineficiente seja comparada com outras unidades eficientes de portes semelhantes ou que operam em escalas similares, sendo indicada para análise de DMU com tamanhos diversos,

isto é, que são heterogêneas em suas estruturas de dados (LOBO; LINS; MENEGOLLA, 2014). Neste contexto, a eficiência de uma DMU é calculada, ao se dividir sua produtividade pela maior produtividade entre as DMUs, que possuem o mesmo tipo de retornos de escala (SOUZA; SCATENA; KEHRIG, 2016).

Ferreira e Gomes (2020) salientam, que os valores obtidos para a eficiência com o VRS são maiores do que os observados com o CRS, e que se uma DMU é eficiente no modelo CRS, ela também será no modelo VRS. A razão dos índices de eficiência, obtidas nas duas abordagens igual 1,00, indica que não há diferenças de eficiências de escala entre as DMUs, ao passo que se houver distinções entre as duas abordagens para qualquer DMU, implica que esta unidade possui ineficiência de escala (FERREIRA; GOMES, 2020). Marjanović, Stanković e Popović (2018) vão mais além, e ponderam que a maior discrepância entre as classificações de eficiência da abordagem CRS e VRS levam ao menor valor de eficiência de escala, o que indica o grau de influência do tamanho da escala sobre a produtividade de determinada DMU.

Nesse sentido, Hasan *et al*. (2020) empregaram os dois modelos para analisar a eficiência de organizações financeiras, e verificaram não haver grandes diferenças entre os resultados encontrados, o que sugere que as unidades não apresentavam ineficiências de escala relevantes. Por outro lado, Souza, Scatena e Kehrig (2016) empregaram os dois modelos para a análise da eficiência em dez hospitais e encontraram ineficiências de escala em 40% das unidades. Entretanto, tanto Hasan *et al*. (2020), quanto Souza, Scatena e Kehrig (2016) optaram por analisar a eficiência das unidades pelo pressuposto CRS, pois consideraram que esta abordagem apresentou melhor discriminação dos índices de eficiência das DMUs, devido à essa abordagem ser mais ampla e possibilita a comparação de todas as unidades da amostra.

No que concerne à orientação, em ambas as abordagens são admitidas duas, uma para a redução dos insumos, mantendo a quantidade de produtos, e outra e para a maximização dos produtos, mantendo o nível de insumos (CARVALHO JUNIOR; RODRIGUES, 2017). Nessa seara, Mergoni, Emrouznejad e Witte (2024) também incluem a escolha da orientação do modelo, como uma das fases importantes do emprego de modelos DEA. Os modelos orientados para a entrada priorizam a minimização de entrada, concentrando-se assim na redução de recursos excessivos, enquanto os modelos orientados à saída maximizam a produção. A escolha da orientação deve considerar o objetivo da pesquisa e as considerações da literatura anterior (MERGONI; EMROUZNEJAD; WITTE, 2024).

Uma propriedade importante a ser considerada, é que nos modelos radiais, a projeção de uma DMU na fronteira de eficiência se dá pela mudança proporcional nos *inputs* e *outputs*, em relação a outras entidades do grupo em estudo, não sendo consideradas as folgas restantes

em cada insumo ou produto (TAYEBI *et al*., 2024). Contudo, na prática organizacional, diferentes insumos ou resultados, nem sempre afetam o nível de eficiência de uma entidade na mesma medida (EMROUZNEJAD; BRZEZICKI; LU; 2025). Além disso, a fronteira poliangular estimada permite que as projeções das DMUs na fronteira de eficiência tenham folgas nos insumos ou produtos (PROFETA *et al*., 2021). Consequentemente, a eficiência avaliada por modelos radiais é chamada de "eficiência fraca", na literatura sobre DEA (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011).

Assim, devido às limitações, quanto à mensuração da eficiência nos modelos radiais, Färe e Lovell (1978) apresentaram eficiência não-radial, na qual se assumem entradas e saídas individuais, que têm efeitos diferenciais em seu nível (EMROUZNEJAD; BRZEZICKI; LU; 2025). Entre os modelos não-radiais, destaca-se o modelo DEA baseado nas folgas ou *DEA Slacks-Based Measure* (DEA-SBM), proposto por Tone (2001).

Diferente dos modelos radiais, o DEA-SBM é uma abordagem que supera as limitações dos modelos tradicionais, ao levar em consideração que qualquer excesso nas entradas ou saídas, isto é, folgas diferentes de zero, impactam nos resultados de eficiência das DMU (TONE; TOLOO; IZADIKHAH, 2020). Outra característica importante do modelo é que, ao contrário dos modelos clássicos, o SBM comporta variáveis não discricionárias e não controláveis, que não são facilmente manipuláveis pela organização (ESMAEILI, 2009). Exemplos, incluem regulamentos legais ou a extensão da área da região, onde uma organização opera (EMROUZNEJAD; BRZEZICKI; LU; 2025).

Mergoni, Emrouznejad e Witte (2024) acrescentam, que o modelo SBM permite a incorporação de entradas e saídas indesejáveis, o que proporciona uma compreensão mais abrangente da eficiência. Ademais, o DEA-SBM permite a mensuração da eficiência não orientada, além da orientada somente aos insumos ou aos produtos, o que proporciona aos gestores mais opções para uma avaliação mais abrangente, além de ser invariante a unidade de medida (TAYEBI *et al*., 2024).

Desta forma, o modelo não-radial SBM é considerado mais robusto do que os modelos radiais, pois oferece maior capacidade de discriminação entre os índices de eficiências das DMUs, além de indicar de forma específica as folgas nos insumos ou produtos, gerando informações gerenciais mais precisas à gestão (PROFETA *et al*., 2021).

Em que pese as possibilidades de geração de melhores resultados em caráter gerencial, Tone (2016) aponta que o modelo DEA-SBM tende a atribuir um indicador de eficiência menos favorável às DMUs ineficientes, pois a projeção do ponto de eficiência pode situar-se distante da curva eficiente mais próxima. Buscando suavizar esta possibilidade, Tone (2016) propôs a

inclusão do algoritmo *kaizen*, ou seja, de um número limitado de soluções de programas lineares adicionais para cada DMU ineficiente, de modo se obter o ponto mais próximo nas fronteiras eficientes da possibilidade de produção. Assim, com a introdução do algoritmo *kaizen*, as DMUs ineficientes podem obter um nível mais alto de eficiência ou, em alguns casos, obter o status de uma unidade eficiente (EMROUZNEJAD; BRZEZICKI; LU; 2025). Dadas essas diferenças de modelagens que permite diferentes resultados, Tone (2016) denomina o primeiro modelo como DEA-SBM Min, e o segundo como DEA-SBM Max.

Releva mencionar que, tanto os modelos DEA radiais, quanto os não-radiais tradicionais, até agora apresentados, são aplicáveis em dados em corte transversal, isto é, dados consolidados para um período de tempo específico (COSTA; RAMOS; SOUZA, 2014), em geral, períodos anuais, por exemplo, dados de balanços contábeis, o que dificulta a mensuração quando há mais de um período de tempo a ser estudado. No sentido de superar essas dificuldades, Tone e Tsuitsui (2010) destacam que há alguns métodos para medir a eficiência ao longo do tempo, como a análise em janelas, o índice Malmquist e o DEA dinâmico.

Contudo, Costa, Ramos e Souza (2014), bem como Tone e Tsuitsui (2010) consideram que os modelos de análise em janelas, assim como o índice Malmquist, tendem a negligenciar as variáveis de transição entre períodos consecutivos, as quais chamam de *links*. Essas variáveis podem ser mão de obra, valores dos ativos, entre outros, que são transportados para o período seguinte (TONE; TSUITSUI, 2010). Dessa forma, assim como as abordagens tradicionais, os modelos de janelas e o índice Malmquist possuem entradas e saídas para cada período, mas as variáveis de transição não são computadas explicitamente.

Por outro lado, o modelo DEA dinâmico, proposto por Fére e Grosskopf (1996), incorpora variáveis de transição ao modelo, e permite obter a eficiência específica do período, com base na otimização de longo prazo, durante todo o tempo em estudo (COSTA; RAMOS; SOUZA, 2014). Tone e Tsuitsui (2010) ampliaram o DEA dinâmico, incluindo a abordagem no DEA-SBM, de modo a possibilitar as análises temporais com as características do modelo não-radial. Nesse sentido, os autores adicionam variáveis de transição, que conectam os diferentes períodos de tempo, podendo essas variáveis ser desejáveis, indesejáveis, discricionárias e não discricionárias, de acordo com os objetivos da pesquisa (EMROUZNEJAD; BRZEZICKI; LU; 2025).

No que se refere às diferenças entre as modelagens, Costa, Ramos e Souza (2014) verificaram que as fronteiras estáticas obtidas pelo DEA-SBM Min podem subestimar a eficiência das DMUs ao longo do tempo, e sugerem que as fronteiras apresentadas pelo modelo DEA-SBM dinâmico (DSBM) podem ser mais precisas para calcular a eficiência, por

considerarem a característica das variáveis intertemporais. Nessa linha, Campos (2014) considerou que a abordagem dinâmica apresentou resultados com maior poder discriminatório dos graus de eficiência, comparados ao modelo clássico, ao mensurar a eficiência de 39 hospitais do Rio Grande do Norte, no período de 2011 a 2013.

Não obstante às diferenças das abordagens radiais e não-radiais, os modelos DEA permitem aos gestores uma variedade de observações, que podem ser de grande valia no controle gerencial, conforme será apresentado na próxima seção.

1.5.1 Aplicações da Análise Envoltória de Dados

A DEA é amplamente reconhecida na literatura por sua capacidade de fornecer avaliações abrangentes de desempenho, com base em um número limitado de pressupostos, incorporando múltiplas entradas e dimensões de saída (EMROUZNEJAD; BRZEZICKI; LU; 2025). Desde o trabalho seminal de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a modelagem DEA tem sido usada para avaliar o desempenho de DMUs em uma variedade de setores, incluindo instituições financeiras, hospitais, unidades de ensino, portos e organizações militares. Assim, devido às suas potencialidades, o DEA tornou-se popular, na literatura que busca analisar a eficiência de unidades do setor público. *(*CICHOWICZ *et al., 2021;* LIANG *et al*., 2017; IBÁÑEZ; GARRATÓN; MECA, 2020). Entre os resultados gerados pelos modelos DEA, destacam-se a identificação de unidades do conjunto avaliado, que disponibilizam produtos ou serviços, utilizando o mínimo de recursos, e a projeção dos volumes de entradas e saídas ideais, para cada DMU se tornar eficiente (NEUENFELDT JÚNIOR *et al*., 2015; TAYEBI *et al*., 2024; TONE, 2001; TONE, 2016).

Alguns estudos empregaram a DEA para mensurar a eficiência de diferentes unidades da administração pública, que se encontravam sob controle direto de uma administração central. Nesse enfoque, Cesaroni (2020), e Contreras e Lozano (2022) exploraram as complexidades da alocação centralizada de recursos, enfatizando a importância de alcançar a eficiência técnica e de custos, dentro das estruturas organizacionais. Sob esse enfoque, e baseados nos pressupostos do orçamento base-zero, Leta *et al*. (2003), Gomes, Mello e Lins (2004), Mello *et al*. (2006) e Gomes e Souza (2010) sugerem que os resultados obtidos com o modelo matemático podem ser de grande utilidade, para aprimorar a alocação dos limitados recursos públicos destinados

anualmente a uma unidade centralizadora, o que proporciona melhores resultados para toda a instituição.

Ainda sobre a alocação de recursos por uma unidade centralizadora, a DEA mostra sua aplicabilidade na competição administrada (DAVTALAB-OLVAIE; MAHMUD-BARAM; ASGHARIAN, 2022). Nesse prisma, os resultados proporcionados pela DEA podem subsidiar a administração central, no processo de alocação de recursos adicionais ou redução de custos excedentes, bem como critério para incentivar os gestores a agir de forma otimizada para melhorar a eficiência do órgão central de forma abrangente (AFSHARIAN, 2020).

Sob essa ótica Afsharian (2020) propõe o emprego do modelo DEA, a fim de promover a competição administrada ou *yardstick competition*. O autor utiliza os escores de eficiência das DMU para que uma unidade central, que controla diversas organizações, possa promover incentivos àquelas que foram consideradas eficientes, ao mesmo tempo em que estabelece metas de redução de custos operacionais, visando a eficiência global do sistema.

Pesquisa semelhante foi realizada por Davtalab-Olyaie, Mahmud-Baram e Asgharian (2022), na qual os autores propõe um modelo para mensuração de eficiência, baseado nas folgas dos insumos e produtos, para promover uma competição administrada entre entidades públicas. Nessa seara, os autores utilizam os escores de eficiência das DMU para verificar a contribuição de cada uma delas pela eficiência da organização central e, assim, promover incentivos para que as unidades aumentem seus produtos ou reduzam seus custos.

Já Contreras e Lozano (2022) propuseram a fusão de algumas universidades espanholas, com base nos resultados dos escores de eficiência obtidos pela DEA, possibilitando que a instituição central realocasse os recursos remanescentes transferíveis. Segundo os autores, esse procedimento poderia provocar uma reestruturação do setor, levando a uma melhoria significativa na eficiência do sistema de educação superior espanhol. Outras pesquisas, como a de Fang (2020), Korhonen e Syrjänen (2004), Sadeghi e Dehnokhalaji (2019), Tao, Xiong e An (2021), Yang, Wang e Li (2018) também empregaram a DEA neste contexto, explicitando a importância da mensuração da eficiência de organizações, que se encontram sob uma administração central, principalmente no que se refere a gestão dos insumos.

No contexto aquaviário, Santos, Cardoso e Moita (2012) aplicaram o DEA para mensurar a eficiência do Programa de Manutenção de Hidrovias, no Brasil. Os resultados evidenciaram que 71% das administrações hidroviárias apresentam ineficiência na aplicação de recursos para essa finalidade, fornecendo indicadores para controle e melhoria da gestão dessas atividades. Barros e Almeida (2019) mensuraram a eficiência dos portos da região norte do Brasil, comparada a portos das diversas regiões do país. Por meio da DEA, os autores puderam

observar que o porto de Manaus possuía capacidade ociosa, com maquinários em excesso e superdimensionamento da área do pátio de operações, apresentando índice de eficiência baixo, quando comparado aos outros portos da região norte, assim como das outras regiões geográficas do país. Carvalho, Ferreira e Sugahara (2021) estudaram a relação entre o índice de desempenho ambiental e o de eficiência de portos das regiões nordeste e sudeste brasileiras. A DEA proporcionou a pontuação de eficiência dos portos analisados, apontando dois portos da região nordeste com os menores índices de eficiência.

No âmbito das atividades das Forças Armadas, Hanson (2016) considera a DEA a melhor ferramenta encontrada na literatura para mensuração de eficiência de unidades militares operacionais. Ibáñez, Garratón e Meca (2020) endossam, ao destacarem que a utilização dessa abordagem metodológica se deve à especial complexidade de mensuração dos resultados das ações promovidas pelas instituições militares. Nesse contexto, algumas pesquisas foram realizadas em diversos países ao redor do mundo, empregando o DEA, a fim de avaliar a eficiência de diferentes organizações no âmbito da Defesa Nacional, com enfoque diversificado, de acordo com a natureza de suas atividades, finalísticas ou de apoio.

Clark (1983) aplicou o modelo DEA na Força Aérea dos Estados unidos e concluiu, que essa metodologia proporcionou, aos gestores da instituição, recursos analíticos mais adequados, do que medidas parciais de produtividade e custos, permitindo, assim, melhor interpretação da eficiência, o que resultou em um melhor planejamento da aplicação dos recursos da Força.

Sun (2004) analisou o processo de manutenção em oito oficinas do Exército de Taiwan ao longo de um ano. Durante os primeiros seis meses, os dados foram submetidos à análise DEA. A partir dos critérios de eficiência estabelecidos nessa análise e identificação das unidades *benchmarks*, foram realizadas alterações nos procedimentos de cinco oficinas, previamente consideradas ineficientes, resultando em um aumento dos escores obtidos no período anterior, assim como uma redução de custos em todas as unidades avaliadas. Consequentemente, o Exército de Taiwan começou a adotar oficialmente o DEA como uma ferramenta de avaliação de desempenho.

Fulton, Lasdon e McDaniel (2007) verificaram a viabilidade de incorporação da eficiência técnica na aplicação de recursos em 24 hospitais no Exército Norte-Americano, no período de 2001 a 2003. Dada a limitada quantidade de unidades avaliadas, os autores adotaram uma abordagem de dados em corte transversal, para mitigar possíveis limitações na interpretação dos resultados, ocasionada pelo problema de dimensionalidade. Este procedimento expandiu o escopo da análise de 24 para 72 observações, já que cada uma foi examinada separadamente em cada ano do estudo. Utilizando-se do modelo DEA radial, como

base, os autores constataram que os custos dos hospitais tinham forte correlação com as pontuações de eficiência de cada unidade, o que proporcionou a identificação de folgas na ordem de 120 milhões de dólares que poderiam ser realocados para melhorar o desempenho do sistema de saúde da instituição.

Também adotando uma modelagem DEA, com dados em corte transversal, Hanson (2016) avaliou a eficiência, relacionada aos custos de prontidão das tropa de onze unidades da Guarda Nacional Norueguesa, durante o período de 2008 a 2011. A pesquisa revelou que sete unidades melhoraram sua eficiência ao longo dos quatro anos. Face a esses resultados, o autor destacou essas unidades como *benchmarks* para outras unidades buscarem práticas superiores e aprimorarem seu desempenho em termos de custos.

Kiymaz, Johnson e Cunningham (2015) analisaram a eficiência dos custos de combustíveis de aeronaves militares do *United States Air Mobility Command*. Assumindo cada missão da aeronave como uma DMU, os autores utilizaram o DEA para mensurar a eficiência das operações, em termos de consumo de combustível. Os resultados obtidos foram comparados com os indicadores de eficiência utilizados pelos gestores *United States Air Mobility Command*, que se valiam de pesos atribuídos por especialistas. Nesse contexto, os autores concluíram que a mensuração da eficiência por meio do DEA provou ser superior na diferenciação das ineficiências, comparado ao método subjetivo utilizado pelos gestores da organização.

Bastian *et al*. (2016) analisaram a eficiência técnica de 128 unidades hospitalares das três forças armadas dos Estados Unidos no período de 2011 a 2013. Por meio da Análise Envoltória dos Dados referentes aos custos e aos números de serviços realizados pelos hospitais no período, os autores verificaram que as unidades do Exército exerciam melhores práticas, comparadas às unidades da Marinha e da Força Aérea, apontando aquelas como referências. O estudo também revelou que a maioria das unidades analisadas poderia aumentar sua eficiência, gerenciando melhor a alocação de seus recursos.

Boehmke *et al*. (2017) utilizaram o DEA para medir a eficiência de unidades de suporte e instalação de equipamentos de aviação da Força Aérea dos Estados Unidos. Segundo os autores, a gestão e a alocação de recursos da instituição, baseada somente nos custos incorridos pelas unidades forneciam informações incompletas aos tomadores de decisões acerca da economia e alocação de recursos. Diante desse cenário, a utilização da Análise Envoltória de Dados proporcionou aos tomadores de decisão informações mais robustas, quantificando a economia de custos, verificando as melhorias de desempenho e apontando os *benchmarks* sistemáticos para identificar as unidades com as melhores práticas.

Ao utilizar a DEA na análise da eficiência da função logística de transportes militares na Sérvia, considerando os custos dos combustíveis para distâncias percorridas e cargas transportadas, Despić *et al*. (2019) concluíram que para aumentar a eficiência, seria necessário empregar veículos que correspondessem à carga que se desejava transportar e planejar melhor os trajetos. Isso reduziria o consumo de combustível e aumentaria a produção. Além disso, o estudo indicou que equipar veículos mais novos com tecnologias mais recentes poderia reduzir os recursos necessários para concluir os trajetos planejados.

No Brasil, Jorge *et al*. (2013) aplicaram a DEA para avaliar a eficiência de sete hospitais da MB, no período de 2000 a 2008. Os autores verificaram que essa ferramenta tem potencial para auxiliar a gestão hospitalar da Força, no que concerne ao planejamento, controle e alocação de recursos para o atendimento médico à sua força de trabalho. Os autores destacam, ainda, que a comparação entre os resultados de eficiência pode ser utilizada para o estabelecimento de metas, tanto de produção, quanto de emprego de insumos das unidades analisadas. Conclusões semelhantes são encontradas na pesquisa de Santos Junior *et al*. (2023b), que de maneira análoga a Jorge *et al*. (2013), avaliaram a eficiência de dez unidades hospitalares da MB em 2021, utilizando, em seus estudos, dados referentes aos custos de exames e consultas, extraídos do SCM. Os autores salientam que a utilização de ferramentas de análise de dados, como a DEA, tem o potencial de aprimorar as informações sobre a eficiência na utilização de recursos da Força, complementando as informações disponíveis no SCM, servindo como subsídios importantes no processo decisório, acerca da alocação de recursos.

Sob outra perspectiva, na análise da eficiência, surgem questionamentos sobre a prestação de serviços públicos por meios próprios ou se é mais vantajoso optar pela terceirização. Nesse contexto, Silva e Costa (2023) empregaram a DEA para analisar a eficiência do fornecimento de alimentação com base nos dados de dez OM da MB, no ano de 2021. Os autores constataram que, neste ano, três unidades foram consideradas eficientes, mas nenhuma delas terceirizava os serviços relacionados à alimentação. Além disso, o estudo identificou as OM que formam o conjunto de referência, isto é, que adotam as melhores práticas, e apontou as reduções de custos necessárias para as unidades consideradas ineficientes alcançarem resultados melhores. Assim, os autores concluem que a aplicação da DEA fornece *insights* relevantes, contribuindo para o processo decisório.

Na linha da segurança do tráfego aquaviário, Santos Júnior *et al*. (2023a) empreenderam uma análise da eficiência da MB na prestação de serviços de fiscalização de embarcações nas diversas regiões do país, delimitadas pela área de jurisdição dos nove Distritos Navais (DN) da MB. Os resultados obtidos, por meio da DEA, possibilitaram a identificação das regiões onde

os serviços são oferecidos com maior eficiência. Adicionalmente, foram apontadas as oportunidades de redução de custos e investimentos necessárias para que os distritos menos eficientes alcancem a fronteira de eficiência. Releva mencionar, que a pesquisa dos autores se limitou a analisar a eficiência a nível regional, não sendo abordadas as OM individualmente, nem distinguindo as unidades incumbidas do STA nas vias marítimas e nas vias fluviais e lacustres.

Portanto, os resultados encontrados nesta amostra de pesquisas, aliados às conclusões dos diversos autores, destacam a pertinência do emprego de modelos de análise quantitativa de dados, em especial da DEA, para identificar ineficiências e as formas de lidar com elas. Dessa forma, considerando a especificidade das análises das atividades desenvolvidas pela a MB, no que se refere à STA, bem como outros trabalhos que empregaram tal modelo matemático para mensuração da eficiência em relação às entidades públicas do Brasil e do exterior, este método apresenta-se como uma alternativa interessante para o desenvolvimento desta pesquisa.

Adicionalmente, as indicações de reduções de insumos podem contribuir com o planejamento e estabelecimento de metas gerenciais para que as organizações consigam administrar seus recursos com maior assertividade. Nesse contexto, a identificação das unidades de referência em gestão, podem proporcionar, tanto às unidades, quanto a uma organização centralizadora, mecanismos para que sejam adotadas as melhores práticas, visando a eficiência institucional de maneira abrangente.

2 METODOLOGIA

Este capítulo detalha os procedimentos metodológicos utilizados na realização da pesquisa. Na primeira seção, são expostos os métodos de pesquisa, na seção subsequente apresenta-se a seleção da amostra, seguindo-se da explanação sobre a coleta de dados. Após são descritas as técnicas de tratamento dos dados e, por fim, apresenta-se a delimitação do estudo.

2.1 Método da Pesquisa

A procura por soluções para os dilemas cotidianos impulsionou a busca pelo conhecimento, abrindo caminho para a pesquisa e sua tentativa de compreender diversos fenômenos, baseada na racionalidade (SILVEIRA; FLÔR; MACHADO, 2011).

Nessa linha, Nunes, Nascimento e Alencar (2016) afirmam, que a pesquisa é a atividade que pretende proporcionar respostas ou soluções a problemas diversos, empregando para isso procedimentos racionais e sistemáticos, conhecidos como método científico. Os autores acrescentam que a pesquisa é a concretização efetiva de um estudo planejado, executado e documentado, conforme as normas de metodologias científicas consagradas.

Oliveira (2011) destaca que o método científico é fundamental para validar o conhecimento obtido com as pesquisas, de modo que seus resultados possam melhor refletir a realidade e serem mais bem recebidos pela sociedade. Deste modo, o método científico possui como principal características a possibilidade de verificação, sendo necessário que o pesquisador determine os métodos que lhes permitiram obter determinado conhecimento (SILVEIRA; FLÔR; MACHADO, 2011). Silva *et al*. (2014) ressaltam, que o método científico nas pesquisas na área das ciências sociais é necessário para que sejam valorizadas, a exemplo do que ocorre nas ciências naturais, como biologia, física e química.

Assim, tendo em vista o objetivo proposto pelo estudo que se propõe a demonstrar o processo pelo qual pode-se mensurar e analisar a eficiência das OM no desempenho das atividades de segurança do tráfego aquaviário, utilizando a Análise Envoltória de Dados, sob a perspectiva do sistema de custos, a pesquisa é caracterizada como descritiva. Conforme

Silveira, Flôr e Machado (2011), neste tipo de pesquisa, o pesquisador se restringe a descrever e entender a realidade, sem exercer qualquer influência sobre ela.

No tocante à natureza, esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, por desenvolver análises com base nos resultados, visando identificar a variação no nível de eficiência ao longo do corte longitudinal observado entre os anos de 2021 e 2023, além do método quantitativo, de acordo com Oliveira (2011). Essa abordagem é adotada devido ao interesse em se obter as respostas da pesquisa, empregando-se o modelo matemático DEA, método pelo qual foi realizado o tratamento dos dados quantitativos relacionados aos insumos e aos produtos. inerentes às atividades executadas pelas unidades a serem analisadas.

2.2 Seleção da Amostra

Para a condução da pesquisa, a Marinha do Brasil (MB), órgão da administração direta do governo federal, subordinada ao Ministério da Defesa (MD), foi selecionada. A MB tem como atribuição subsidiária, às suas funções constitucionais, desempenhar as atividades de Autoridade Marítima Brasileira (AMB), conforme a Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999. No bojo dessas atribuições a MB é responsável pelas atividades de segurança do tráfego aquaviário (STA), que abrangem a salvaguarda da vida humana, a manutenção da segurança da navegação, bem como a prevenção da poluição ambiental causada por embarcações, plataformas e instalações de apoio no mar e nas águas interiores sob jurisdição nacional (BRASIL, 2023).

Para a consecução desses propósitos, a MB conta com o Sistema de Segurança do Tráfego Aquaviário (SSTA). Integram este sistema, o Comandante de Operações Navais, o Diretor-Geral de Navegação, o Diretor de Hidrografia e Navegação, o Diretor de Portos e Costas, os Comandantes dos Distritos Navais, bem como 32 Capitanias, e suas Delegacias e Agências diretamente subordinadas. Essas Capitanias atuam como agentes da AMB, e estão distribuídas por todo o território brasileiro, divididas por nove áreas distritais, tendo jurisdição funcional delimitada pelos municípios onde atuam (BRASIL, 2023). A Figura 6 ilustra a distribuição dos nove Distritos Navais (DN), as quais representam as regiões geográficas onde a MB exerce suas atribuições.

Figura 6 - Distribuição dos Distritos Navais pelo Brasil

Fonte: BRASIL. Marinha, 2024.

As Capitanias são diferenciadas, conforme o ambiente de operações. Aquelas que operam na faixa marítima ou litorânea, designadas Capitanias dos Portos (CP), totalizam 18, enquanto as que desempenham suas funções de STA ao longo dos rios, lagos e águas interiores são conhecidas como Capitanias Fluviais (CF), somando um total de 14. Nesse contexto, na Tabela 1 são apresentadas a distribuição das CF e das CP pelos DN, conforme seus ambientes de atuação.

Tabela 1 - Distribuição das CF e CP pelos DN

Distrito Naval	Capitania Fluvial	Capitania dos Portos
1º DN	1	3
2º DN	1	2
3º DN	-	5
4º DN	1	4
5º DN	1	2
6º DN	2	-
7º DN	3	-
8º DN	2	2
9º DN	3	-
Total	**14**	**18**

Fonte: O autor, 2024.

Deste modo, é possível perceber a abrangência da atuação da MB como AMB, com Capitanias sediadas em todos os DN, de acordo com as especificidades hidroviárias locais, de

maneira a cobrir todo o território nacional, executando suas tarefas de manutenção da STA nas extensas faixas marítimas, fluviais e lacustres, sob jurisdição nacional.

Assim, para alcançar o objetivo geral, este trabalho tem como população alvo as CP e as CF. Entretanto, foi necessário excluir das amostras uma CF que atua no 6º DN, e duas CP que atuam no 3ºDN, devido a inconsistências de dados referentes a essas unidades. Portanto, as amostras empregadas na pesquisa são compostas por 13 CF, e 16 CP. Cabe destacar que, para assegurar a transparência e a precisão das informações obtidas, os nomes das OM avaliadas na pesquisa serão mantidos em sigilo.

A escolha desses grupos de OM se deve às suas áreas de atuação bem definidas, às estruturas de operações semelhantes diante das especificidades de cada grupo, à precedência hierárquica das Capitanias sobre as agências e delegacias, às suas distribuições representativas pelos DN, fato que não ocorre com as suas unidades subordinadas. Também, levou-se em consideração o maior dispêndio de recursos das Capitanias, para o cumprimento das atribuições de STA, em relação às suas OM subordinadas. Ademais, a análise separada desses dois grupos distintos considera que a mensuração da eficiência deve ser realizada, comparando-se organizações que realizam atividades afins em contextos semelhantes, conforme mencionado por Machado e Holanda (2010) e Mergoni e Witte (2022).

2.3 Coleta de Dados

Para obtenção do modelo de mensuração da eficiência, esta pesquisa utiliza dados primários referentes aos insumos utilizados e produtos gerados pelas CF e pelas CP. Esses dados foram selecionados, seguindo os critérios aludidos por Lorenzett, Lopes e Lima (2010). De acordo com os autores, os dados para a análise da eficiência devem estar disponíveis, ser positivos e com medidas compreensíveis. Além desses critérios, a coleta de dados também foi baseada nos tipos de variáveis de *inputs* e *outputs* utilizados na literatura, bem como de sua relevância no contexto de atuação das unidades a serem analisadas. Nessa seara, Nataraja e Johnson (2011) defendem uma abordagem abrangente, recomendando que os insumos e saídas escolhidos abranjam todo o espectro de recursos utilizados e saídas geradas, entre as entidades sob avaliação.

Desta forma, tendo em vista os objetivos desta pesquisa, os insumos empregados neste estudo foram coletados no SCM, por meio de acesso ao sistema Tesouro Gerencial. O acesso

aos dados foi concedido pela Diretoria de Finanças da Marinha (DFM), cujos relatórios datam de 5 de março de 2024. Nesse sentido, foram coletados os custos anuais apropriados na macroatividade "04.00 – Serviço de Portos e Costas" (MA 04.00), que incluem dispêndios de recursos com combustível, manutenção de viaturas, de equipamentos náuticos e de embarcações das OM componentes do SSTA, conforme Santos Junior et *al*. (2023a); e na macroatividade "59.00 – Atividades Administrativas" (MA 59.00), que abrangem os gastos necessários para a manutenção e funcionamento da estrutura administrativa de todas as OM da MB, ou seja, são os custos considerados fixos das unidades, conforme Santana e Correa (2015). Os dados referentes aos custos registrados nessas macroatividades demonstram o consumo real de recursos associados à execução das atividades realizadas pelas CP e CF (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a).

Além dos custos, também foram coletados os valores líquidos anuais dos ativos imobilizados (AIL) registrados nas seguintes contas contábeis do plano de constas aplicado ao setor público (PCASP):

- 1.2.3.1.1.01.13 – Equipamentos, peças e acessórios marítimos;
- 1.2.3.1.1.01.18 – Equipamentos de manobra e patrulhamento;
- 1.2.3.1.1.05.01 – Veículos;
- 1.2.3.1.1.05.03 – Veículos de tração mecânica; e
- 1.2.3.1.1.51.06 – Embarcações.

Diferente dos custos, os ativos imobilizados correspondem aos investimentos com a aquisição de bens duráveis, cujo consumo é influenciado pela obsolescência e desgaste, evidenciados pela depreciação ao longo do tempo, e não no momento da aquisição (MACHADO; HOLANDA, 2010). Deste modo, o AIL representa uma estimativa mais realista do valor atual dos recursos físicos disponíveis para a operação, levando em conta a perda de valor ao longo do tempo devido ao uso ou obsolescência.

Considerando essa característica contábil da variável AIL, seu saldo final de um ano é transferido para o ano seguinte, sendo atualizado ao final do mesmo, considerando tanto as reduções resultantes de depreciação, baixa ou transferências, bem como os possíveis aumentos, provenientes de investimentos e incorporações de novos ativos nas referidas contas contábeis.

No contexto do STA, esses ativos suportam a capacidade, tanto das CP, quanto das CF, executarem suas atribuições (SANTOS JUNIOR *et al*., 2023a). Após coletados, os valores

anuais registrados nessas contas contábeis foram somados, a fim de serem considerados uma única variável denominada “ativos imobilizados líquidos” (AIL).

No que se refere aos produtos passíveis de serem utilizados neste estudo, foram coletados dados relativos à quantidade de inspeções e vistorias navais (IN/VST) realizadas anualmente, a exemplo de Santos Junior *et al*. (2023a). Esses dados contemplam as perícias de fiscalização, de verificação e regularização realizadas pelas unidades, as quais são as principais atribuições das OM integrantes do SSTA, de acordo com Barreto (2019).

Releva mencionar, que esses dados individualizados por OM não são disponibilizados ao público em geral, o que evidencia a consideração de Hanson (2016), quando relaciona a exiguidade de pesquisas relacionadas às atividades operacionais das Forças Armadas, à restrição de dados, principalmente os referentes aos serviços executados por estas instituições. Assim, foi obtido, junto à Diretoria de Portos e Costas (DPC), o acesso provisório ao Sistema de Gerenciamento de Vistorias e Inspeções da Marinha do Brasil (SISGEVI), que contém um banco de dados referentes às IN/VST realizadas por cada CP e CF em diversos períodos. Conforme mencionado por Barreto (2019), a DPC é a OM que representa a AMB em assuntos relacionados à STA, supervisionando tecnicamente as CP e CF, assim como é a responsável pela elaboração e atualização das Normas da Autoridade Marítima (NORMAM).

Além da quantidade de IN/VST, com o fito de ampliar a análise, também foram coletados, como potenciais produtos, os dados referentes à quantidade de ocorrência de acidentes de navegação (ACD), à quantidade de embarcações cadastradas (EMB) e à extensão da área jurisdicional (AJ), de atuação de cada CP e CF. A coleta desses dados levou em consideração o mencionado por Stastná e Gregor (2015), Carmo Junior e Rosano-Peña (2019) e Pereira *et al*. (2022). Segundo esses autores, a dimensão da área e o volume da população atendida podem impactar na eficiência relacionada aos dispêndios financeiros das organizações públicas. Além disso, a quantidade de acidentes pode revelar se as OM com insumos mais elevados, tendem a registrar menores ocorrências deste tipo.

Diferente das IN/VST, esses dados são abertos e disponibilizados pela DPC em sua página eletrônica. Releva destacar, que quanto à área jurisdicional de cada unidade, a DPC disponibiliza em seu portal eletrônico as Normas e Procedimentos de cada uma das Capitanias dos Portos e Fluviais, nas quais constam os municípios sob responsabilidade de cada OM. Dessa forma, a área de jurisdição de cada CP e CF corresponde à soma das extensões territoriais dos municípios em que as unidades atuam, as quais foram obtidas por meio de acesso ao portal eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024). Salienta-se que a

variável AJ não é facilmente controlável pelas CF, pois dependem de alterações normativas e envolvem aspectos estratégicos da atuação da MB.

No Quadro 2, apresenta-se de forma resumida os insumos (*inputs*) e possíveis produtos (*output*s) coletados para o desenvolvimento do estudo.

Quadro 2 - *Inputs* e possíveis *outputs* coletados

Variáveis	**Descrição**	**Fonte**
Inputs	Custos da Macroatividade 04.00 – Serviço de Portos e Costas (MA 04.00)	SCM Tesouro Gerencial
	Custos da Macroatividade 59.00 – Atividades Administrativas (MA 59.00)	
	Valor líquido dos ativos registrados nas contas contábeis de Equipamentos de Manobra e Patrulhamento; Equipamentos, peças e acessórios marítimos; Embarcações; Veículos; Veículos de Tração Mecânica. (AIL)	
Possíveis *Outputs*	Quantidade de inspeções e vistorias navais (IN/VST)	DPC SISGEVI
	Ocorrência de acidentes por área de jurisdição (ACD)	Endereço eletrônico da DPC
	Quantidade de embarcações cadastradas por OM (EMB)	
	Extensão da área jurisdicional em Km² de cada OM (AJ)	

Fonte: O autor, 2024.

Conforme Hanson (2016), os modelos DEA exigem que o número de DMUs seja pelo menos três vezes maior que a quantidade de variáveis, a fim de se evitar problemas de dimensionalidade. Deste modo, dado que em cada grupo analisado podem ser empregadas até sete variáveis, conforme o Quadro 2, e assumindo a premissa de ausência de mudança tecnológica na gestão das CF e das CP no período de 2021 a 2023, optou-se por coletar os dados anuais dos *inputs* e *outputs* desse período, a exemplo de Pessanha e Melo (2021). O critério para o estabelecimento deste período foi baseado na disponibilidade dos dados, principalmente, daqueles coletados no SCM, que de acordo com o Relatório de Gestão do Comando da Marinha 2021 (BRASIL, 2021), alcançou a marca de 96% dos custos das atividades da Força mapeados. Além disso, cabe destacar que as operações das OM do SSTA podem ter sido afetadas pelas restrições impostas, durante a pandemia de coronavírus, em 2020.

Os dados anuais, coletados para cada uma das variáveis representativas de insumos e produtos das CF e das CP, utilizados nas análises desta pesquisa, estão apresentadas nas Tabelas 23 e 24, dispostas no Apêndice.

2.4 Tratamento de Dados

Incialmente os dados coletados, do período de 2021 a 2023 foram tabulados em planilha eletrônica, de modo a proporcionar uma análise descritiva, quanto aos níveis de *inputs* e *outputs*, dos conjuntos amostrais de CF e CP. Dessa forma, foi possível verificar a média de custos, de AIL, bem como das variáveis representativas de cada produto no período. Em seguida, foi realizada a seleção das variáveis de cada grupo, seguindo o critério sugerido por Lorenzett, Lopes e Lima (2010), qual seja, a verificação do pressuposto de isotonicidade entre as variáveis a serem empregadas nos modelos DEA. Para tal, procedeu-se ao teste de correlação de Pearson entre os *inputs* e *outputs* coletados, de ambos as amostras, a fim de verificar quais das variáveis representativas dos produtos atendem ao referido critério.

Em seguida, foi realizada uma análise exploratória, com o fim de identificar o grau de variabilidade no conjunto de dados das amostras. Conforme Gontijo e Reis (2021), a presença de insumos ou produtos com grandes desvios entre as observações das unidades pode causar uma subestimação significativa dos escores de eficiência, se implementado o modelo DEA inadequado.

Para a mensuração e análise da eficiência das amostras de unidades do SSTA, selecionadas para esta pesquisa, é utilizado o método DEA. Nesse sentido, levando-se em consideração que os dados coletados para o desenvolvimento desta pesquisa estão organizados em um painel de dados, que abrange o período de 2021 até 2023, faz-se necessária uma avaliação da variação intertemporal da eficiência, conforme mencionado por Costa, Ramos e Souza (2014), cuja modelagem pode ser implementada por uma das seguintes abordagens:

- Considerar que uma mesma capitania, em diferentes anos, seja tratada como DMUs independentes (HANSON, 2016; PROFETA *et al*., 2021). Isso possibilita o aumento do número de observações, e tende a suavizar qualquer problema de dimensionalidade, em casos em que se tem um conjunto amostral pequeno (HANSON, 2016). No caso desta pesquisa, a análise da eficiência considerando período de 2021 a 2023 possibilita o aumento do número de observações de 13 para 39, em relação às CF, e de 16 para 48, no que se refere às CP. Essa abordagem, adotada por Pessanha e Melo (2021), na avaliação da eficiência de concessionárias de transmissão de energia elétrica, e por Hanson (2016), na análise da eficiência de unidades operacionais das Forças Armadas da Noruega, é particularmente adequada, quando a tecnologia utilizada permanece inalterada ao longo do período analisado.

- Aplicar a *window analysis* (COOPER et al., 2000, ALKHARS et al., 2022), na qual cada capitania também é tratada como uma DMU distinta em diferentes períodos. Contudo, utilizando o conceito de janela móvel, a análise DEA é segmentada em janelas temporais sobrepostas que se deslocam ao longo do tempo, permitindo monitorar a evolução da eficiência, identificar tendências e capturar variações no desempenho de forma dinâmica e comparativa. Vale destacar, que essa foi a primeira abordagem para esse propósito. Muhammad, Rao e Farooq (2018) aplicaram a *window analysis* na avaliação da eficiência da indústria de cimento indiana no período 2005-2015. Os autores utilizaram modelos SBM e consideram 9 janelas de 3 anos.
- Utilizar o modelo dinâmico, conforme proposto por Färe e Grosskopf (1997), no qual consideram-se os *carry-overs*, isto é, atividades ou recursos transferidos entre períodos (TONE e TSUTSUI, 2014). A palavra *carry-over* é geralmente mantida em inglês em trabalhos técnicos, e pode ser traduzida como "transferências," "reportes," ou "valores remanescentes," dependendo do contexto específico. Contudo, manter *carry-over* é a opção mais comum, pois costuma ser mais compreensível para o público especializado. O DEA dinâmico foi desenvolvido posteriormente por diversos autores, entre os quais destacam-se Tone e Tsutsui (2010), que expandiram o modelo dinâmico dentro do quadro de medidas baseadas em folgas (SBM).

Considerando o intervalo de tempo reduzido de apenas três anos, a primeira abordagem mostra-se mais apropriada, comparada à *window analysis*. Isso, porque a *window analysis*, ao segmentar os dados em janelas temporais móveis e sobrepostas, requer um número maior de períodos para captar de forma consistente as tendências e variações intertemporais (FERREIRA; GOMES, 2020). Com apenas três anos, as janelas seriam excessivamente pequenas, comprometendo a robustez das análises. Nesse cenário, tratar cada DMU como independente, em cada ano analisado, oferece uma avaliação mais direta e simplificada, sem a necessidade de segmentação temporal. No entanto, a inclusão de variáveis que tem seus saldos transferidos de um período para o outro sugere a presença de *carry-overs*, que podem ser adequadamente tratadas apenas em um modelo DEA dinâmico, permitindo uma análise mais detalhada das interconexões entre períodos.

Nesse contexto, a abordagem de *window analysis* será descartada, e as duas outras metodologias serão implementadas na avaliação da eficiência em ambos os grupos de capitanias, tomando o modelo DEA-SBM como base, em razão da sua maior robustez na

discriminação dos índices de eficiência das unidades (PROFETA *et al*., 2021), além da sua melhor adaptabilidade à estrutura de dados.

2.4.1 *DEA Slacks-Based Measure* (DEA-SBM)

No modelo DEA-SBM de Tone (2001), dados um conjunto *n* de DMUs, que no caso deste estudo são representados por dois grupos, qual seja, o conjunto de Capitanias dos Portos e o de Capitanias Fluviais, onde cada OM consome quantidades $\{x_{i1}, x_{i2},...,x_{im}\}$ de *m* tipos de insumos (*inputs*) e produz quantidades $\{y_{i1}, y_{i2},..., y_{ip}\}$ de *p* tipos de produtos (*outputs*), o modelo SBM usa as sobras de insumos (s^-) e as faltas de produtos (s^+) no cálculo do índice de eficiência ($0 \leq \theta \leq 1$) da DMU avaliada *j0*, conforme ilustrado no modelo de programação matemática da Equação (1).

$$
\begin{aligned}
&\underset{\lambda, s^-, s^+}{Min} && \theta = \frac{1 - \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} \frac{s_j^-}{x_{j0}}}{1 + \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p} \frac{s_j^+}{y_{j0}}} \\
&Sujeito\ a && \\
& && \sum_{k=1}^{n} x_{jk}\lambda_k + s_j^- = x_{j0}\ \forall j = 1, m \\
& && \sum_{k=1}^{n} y_{jk}\lambda_k - s_j^+ = y_{j0}\ \forall j = 1, p \\
& && \lambda_k \geq 0\ \forall k = 1, n \\
& && s_j^- \geq 0\ \forall j = 1, m \\
& && s_j^+ \geq 0\ \forall j = 1, p
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

A partir da função objetivo, na Equação (1), pode-se concluir que a DMU avaliada *j0* é eficiente se, e somente se, as variáveis de folga s^- (sobra de recursos) e s^+ (falta de produtos) forem nulas.

Multiplicando as restrições, o numerador e o denominador da função objetivo da Equação (1) por *t* (*t* > 0), fazendo o denominador resultante igual a 1 e renomeando os produtos $t\lambda_k$, ts_j^- e ts_j^+, respectivamente, para w_k, z_j^- e z_j^+, obtém-se o problema de programação linear (PPL) da Equação (2).

$$
\begin{aligned}
&\underset{w,z^-,z^+}{Min} && \theta = t - \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\frac{z_j^-}{x_{j0}} \\
&Sujeito\ a && \\
& && t + \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p}\frac{z_j^+}{y_{j0}} = 1 \\
& && \sum_{k=1}^{n} x_{jk}w_k + z_j^- = t x_{j0}\ \forall j = 1,m \\
& && \sum_{k=1}^{n} y_{jk}w_k - z_j^+ = t y_{j0}\ \forall j = 1,p \\
& && w_k \geq 0\ \forall k = 1,n \\
& && z_j^- \geq 0\ \forall j = 1,m \\
& && z_j^+ \geq 0\ \forall j = 1,p
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

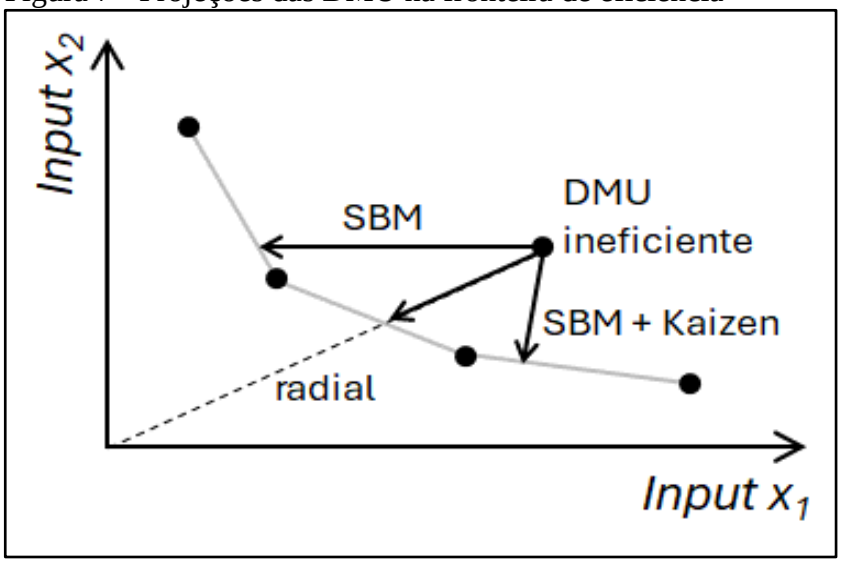
Denotando a solução ótima do problema na Equação (2) por θ^*, t^*, w_k^*, z_j^{-*} e z_j^{+*}, os valores correspondentes dos multiplicadores e variáveis de folga são, respectivamente, $\lambda_k^* = w_k^*/t^*$, $s_j^{-*} = z_j^{-*}/t^*$ e $s_j^{+*} = z_j^{+*}/t^*$. A DMU *j0* é eficiente se, e somente se, θ^*=1, neste caso as variáveis de folga são nulas ($s_j^{-*} = 0\ \forall j = 1,m$ e $s_j^{+*} = 0\ \forall j$=1,*p*). Caso contrário, a DMU é ineficiente e deve reduzir o consumo dos insumos para $x_{j0} - s_j^{-*} \forall j$=1,*m* e aumentar a produção para $y_{j0} + s_j^{+*}\ \forall j$=1,*p*, a fim de alcançar a fronteira de eficiência. Ademais, o conjunto de referência (*peer set*) ou *benchmarking* de uma DMU ineficiente é formado pelas demais DMU analisadas com $\lambda_k^* > 0\ \forall k$=1,*n*.

Nos modelos DEA radiais clássicos orientados (CRS e VRS), as melhorias que uma DMU ineficiente pode fazer para alcançar a fronteira de eficiência consistem na redução equiproporcional das quantidades de todos os insumos (orientação ao *input*) ou na expansão equiproporcional das quantidades de todos os produtos (orientação ao *output*). Assim, geometricamente, a versão melhorada de uma DMU ineficiente é dada por sua projeção radial na fronteira de eficiência, conforme indicado na Figura 7. Mas, diferentemente dos modelos DEA tradicionais, no modelo SBM não orientado a versão melhorada de uma DMU ineficiente é determinada por sua projeção não-radial na fronteira de eficiência, isto é, as reduções (expansões) das quantidades de insumos (produtos) não são equiproporcionais. Contudo, o modelo DEA-SBM pode projetar uma DMU ineficiente em um ponto na fronteira que seja demasiadamente distante, o que implica em um menor índice de eficiência. Para mitigar o problema, Tone (2016) propôs a adição do algoritmo *kaizen* ao modelo original, para projetar uma DMU ineficiente em um ponto da fronteira de eficiência que seja próximo, de tal forma que a versão melhorada da DMU seja alcançada com menores modificações nas quantidades

de insumos e produtos. Devido a essas diferenças, o modelo SBM de Tone (2001) é chamado de SBM Min, e o modelo adicionado do algoritmo kaizen, é conhecido como SBM Max.

As diferenças entre as projeções de DMUs ineficientes na fronteira de eficiência são ilustradas na Figura 7.

Figura 7 - Projeções das DMU na fronteira de eficiência



Fonte: Adaptado de TONE, 2016.

No modelo SBM discriminado na Equação (2) os insumos e produtos são controláveis, mas o modelo pode acomodar insumos ou produtos não controláveis pelas DMU. Por exemplo, no caso de um insumo não controlável ($x_k^{NC} \forall k = 1, n$), a Equação (3), deve ser incluída como uma restrição do modelo.

$$\sum_{k=1}^{n} x_k^{NC} \lambda_k = x_0^{NC} \tag{3}$$

Ademais, o modelo DEA-SBM, conforme a Equação (2) assume retornos constantes de escala (CRS). No entanto, a consideração de retornos variáveis de escala (VRS), pode ser implementada por meio da inclusão da Equação (4), como mais uma restrição do modelo.

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = t \tag{4}$$

Importante mencionar, que o modelo DEA-SBM, além de não-orientado, conforme a Equação (2), pode ser adequado para orientação ao *input* ou ao *output*, dependendo dos

objetivos pretendidos (TONE, 2016). Assim, considerando que o objetivo geral desta pesquisa é a mensuração e análise da eficiência, sob a ótica do SCM, o modelo a ser empregado deve especificar os índices de eficiência das CP e CF, baseado nas folgas dos seus *inputs*, mantendo-se o nível dos produtos. Então, será o utilizado o modelo DEA-SBM orientado aos insumos (TONE, 2016), cuja especificação é indicada pela Equação (5).

$$\begin{array}{c} Min \\ w, S^-, S^+ \\ Sujeito\ a \end{array} \quad \theta = 1 - \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\frac{S_j^-}{x_{j0}}$$

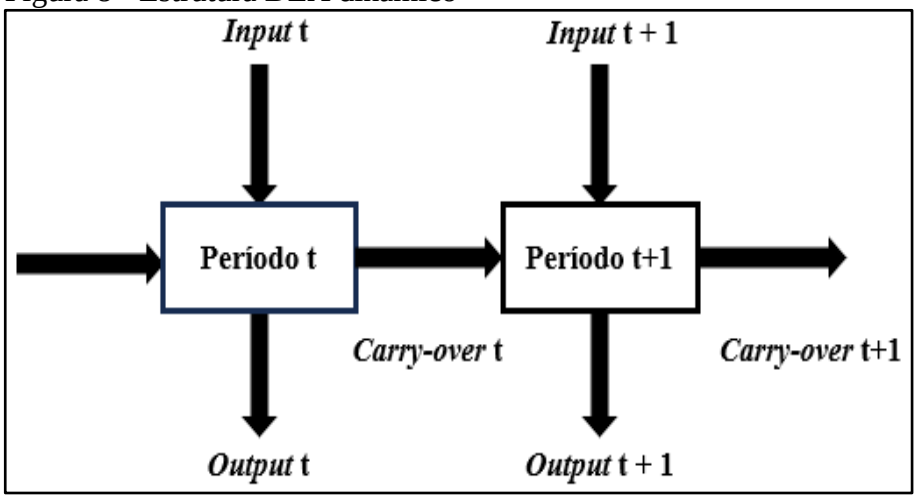
$$\begin{array}{c} \sum_{k=1}^{n} x_{jk}\lambda_k + S_j^- = x_{j0}\ \forall j = 1, m \\ \sum_{k=1}^{n} y_{jk}\lambda_k - S_j^+ = y_{j0}\ \forall j = 1, p \\ \lambda_k \geq 0\ \forall k = 1, n \\ S_j^- \geq 0\ \forall j = 1, m \\ S_j^+ \geq 0\ \forall j = 1, p \end{array} \qquad (5)$$

Após resolver as equações do modelo DEA-SBM, obtém-se os índices de eficiência de cada CF e CP. Para as unidades que não atingiram o grau máximo de eficiência, são informadas as folgas nos recursos ou produtos, bem como as metas de insumos ideais para que a DMU se projete na fronteira de eficiência.

2.4.2 *Dynamic DEA Slacks-Based Measure* (DSBM)

O modelo DEA dinâmico, proposto por Tone e Tsuitsui (2010), é uma extensão do modelo DEA-SBM. Para simplificar sua apresentação, considere-se um conjunto de *N* DMUs avaliadas ao longo de *T* anos. Sem perda de generalidade, suponha que, em um ano *t*, cada DMU *j* consuma quantidades x_{1jt}, x_{2jt}, ..., x_{mjt} de *m inputs* para produzir quantidades y_{1jt}, y_{2jt}, ..., y_{sjt} de *s* tipos de *outputs*. Além disso, conforme ilustrado na Figura 8, as DMUs estão inseridas em um estrutura dinâmica, onde podem existir diferentes tipos de *carry-overs* entre dois anos consecutivos *t* e *t*+1: *nbad carry-overs* negativos z_{1jt}^{bad}, z_{2jt}^{bad}, ..., $z_{nbad,jt}^{bad}$, *ngood carry-overs* positivos z_{1jt}^{good}, z_{2jt}^{good}, ..., $z_{ngood,jt}^{good}$ e *nfixed carry-overs* fixos z_{1jt}^{fixed}, z_{2jt}^{fixed}, ..., $z_{nfixed,jt}^{fixed}$.

Figura 8 - Estrutura DEA dinâmico



Fonte: Adaptado de TONE e TSUITSUI, 2010.

Ressalta-se, que os *carry-overs* negativos (*bad links*) são elementos indesejáveis que permanecem ou são transferidos para o período seguinte, por exemplo, resíduos, estoques ou empréstimos inadimplentes, portanto, devem ser minimizados, isto é, tratados como *inputs*. Os excessos de *bad links* são contabilizados como ineficiência (TONE e TSUITSUI, 2010). Por outro lado, os *carry-overs* positivos (*good links*) são elementos desejáveis que continuam de um período para outro como investimentos acumulados, lucros retidos ou excedentes líquidos acumulados transferidos para o próximo período, portanto, devem ser maximizados, isto é, tratados como *outputs*. Já os *carry-overs* fixos permanecem constantes no período, e não estão sob o controle direto da DMU, por exemplo, regulamentações, infraestrutura instalada ou ativos fixos que não mudam em curto-prazo.

Com base nas considerações apresentadas, pode-se estabelecer a formulação do modelo DEA-SBM dinâmico, proposto por Tone e Tsutsui (2010), conforme a Equação (6).

$$\theta = Min \quad \frac{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left(1-\frac{1}{m+nbad}\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{s_{it}^{-}}{x_{i0t}}+\sum_{i=1}^{nbad}\frac{s_{it}^{bad}}{z_{i0t}^{bad}}\right)\right)}{\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left(1+\frac{1}{s+ngood}\left(\sum_{i=1}^{s}\frac{s_{it}^{+}}{y_{i0t}}+\sum_{i=1}^{ngood}\frac{s_{it}^{good}}{z_{i0t}^{bad}}\right)\right)} \tag{6}$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^{N}\lambda_j^t x_{ijt}+s_{it}^{-}=x_{i0t} \qquad \begin{matrix} i=1,m \\ t=1,T \end{matrix} \tag{6.1}$$

$$\sum_{j=1}^{N}\lambda_j^t y_{ijt}-s_{it}^{+}=y_{i0t} \qquad \begin{matrix} i=1,s \\ t=1,T \end{matrix} \tag{6.2}$$

$$\sum_{j=1}^{N}\lambda_j^t z_{ijt}^{good}-s_{it}^{good}=z_{i0t}^{good} \qquad \begin{matrix} i=1,ngood \\ t=1,T \end{matrix} \tag{6.3}$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t z_{ijt}^{bad} + s_{it}^{bad} = z_{i0t}^{bad} \qquad \begin{matrix} i = 1, nbad \\ t = 1, T \end{matrix} \qquad (6.4)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t z_{ijt}^{fixed} = z_{i0t}^{fixed} \qquad \begin{matrix} i = 1, fixed \\ t = 1, T \end{matrix} \qquad (6.5)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t z_{ijt}^{\alpha} = \sum_{j=1}^{N} \lambda_j^{t+1} z_{ijt}^{\alpha} \qquad t = 1, T-1 \qquad (6.6)$$

$$\lambda^t, s^-, s^+, s^{bad}, s^{good} \geq 0$$

A função objetivo da Equação (6) é a eficiência (θ) da DMU avaliada (DMU0), caracterizada pelos insumos (x_{i0t}), produtos (y_{i0t}) e *carry-overs* (z_{i0t}^{good}, z_{i0t}^{bad}, z_{i0t}^{fixed}). Nota-se, que a função objetivo segue a mesma lógica da função objetivo do modelo SBM, de Tone (2001), sendo formada pelas variáveis de folga s^- e s^+ , associadas às restrições dos insumos (6.1) e produtos (6.2), respectivamente. Adicionalmente, incorpora as folgas s^{bad} e s^{good}, relacionadas aos *carry-overs* negativos (6.3) e positivos (6.4), respectivamente. Da mesma forma que no modelo SBM, a DMU avaliada é eficiente ($\theta = 1$), se todas as folgas são nulas. As restrições de (6.1) até (6.5) seguem, essencialmente, o mesmo formato de um modelo DEA clássico. No entanto, diferenciam-se, por serem específicas para cada período *t*, como indicado pelos multiplicadores λ^t.

Os *carry-overs* fixos (*fixed links*) são modelados na restrição (6.5) e, embora não possuam variáveis de folga associadas, influenciam indiretamente a eficiência por meio das equações de continuidade (6.6), em que $\alpha = \{bad, good, fixed\}$. A Equação (6.6) é crítica para o modelo dinâmico, e garante a continuidade das transferências ao longo do tempo.

As Equações (6) até (6.6) definem um modelo dinâmico não orientado. A versão orientada ao *input* é representada pelo PPL, descrito nas Equações (7) até (7.6).

$$\theta = Min \quad \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left(1 - \frac{1}{m + nbad}\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{s_{it}^-}{x_{i0t}} + \sum_{i=1}^{nbad}\frac{s_{it}^{bad}}{z_{i0t}^{bad}}\right)\right) \qquad (7)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t x_{ijt} + s_{it}^- = x_{i0t} \qquad \begin{matrix} \forall\, i = 1, m \\ \forall\, t = 1, T \end{matrix} \qquad (7.1)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t y_{ijt} - s_{it}^+ = y_{i0t} \qquad \begin{matrix} \forall\, i = 1, s \\ \forall\, t = 1, T \end{matrix} \qquad (7.2)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t z_{ijt}^{good} - s_{it}^{good} = z_{i0t}^{good} \qquad \begin{matrix} \forall\, i = 1, ngood \\ \forall\, t = 1, T \end{matrix} \qquad (7.3)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t z_{ijt}^{bad} + s_{it}^{bad} = z_{i0t}^{bad} \qquad \forall\, i = 1, nbad \;\; \forall\, t = 1, T \qquad (7.4)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t z_{ijt}^{fixed} = z_{i0t}^{fixed} \qquad \forall\, i = 1, fixed \;\; \forall\, t = 1, T \qquad (7.5)$$

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t z_{ijt}^{\alpha} = \sum_{j=1}^{N} \lambda_j^{t+1} z_{ijt}^{\alpha} \qquad \forall\, t = 1, T-1 \qquad (7.6)$$

$$\lambda^t, s^-, s^+, s^{bad}, s^{good} \geq 0$$

Os modelos apresentados assumem a pressuposição CRS. A consideração de retornos variáveis de escala (VRS) pode ser implementada, por meio da inclusão de uma restrição, que imponha a soma unitária dos multiplicadores λ_1^t, λ_2^t,..., λ_N^t, para cada ano *t*, conforme indicado na Equação (8):

$$\sum_{j=1}^{N} \lambda_j^t = 1 \qquad \forall\, t = 1, T \qquad (8)$$

Denotando a solução ótima do PPL nas equações (7) até (7.6), por λ^*, s^{-*}, s^{+*}, s^{bad*} e s^{good*}, a eficiência da DMU avaliada (DMU0) do período *t* é dada, conforme a Equação (9) (TONE e TSUISUI, 2010).

$$\theta_{0t}^* = \; 1 - \frac{1}{m + nbad}\left(\sum_{i=1}^{m} \frac{s_{it}^{-*}}{x_{i0t}} + \sum_{i=1}^{nbad} \frac{s_{it}^{bad*}}{z_{i0t}^{bad}}\right) \qquad (9)$$

Já a eficiência média da DMU0, no período de *T* anos (*overall efficiency*), corresponde ao valor da função objetivo na solução ótima, dada pela Equação (10):

$$\theta_0^* = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} \theta_{0t}^* \qquad (10)$$

Releva mencionar, que o emprego de qualquer modelo DEA requer uma quantidade considerável de cálculos para resolver um PPL para cada DMU, conforme demonstrado nesta seção. Portanto, contar com programas computacionais, que facilitem sua resolução, torna-se essencial (CORRÊA *et al*., 2019). Nesse aspecto, Silva *et al*. (2017) mencionam que o *software R* (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2024) tem o potencial de auxiliar as pesquisas em contabilidade e finanças, no tratamento do elevado número de informações disponibilizados

periodicamente por órgãos públicos ou privados. Por esse motivo, ele é considerado uma ferramenta de computação versátil, amplamente empregado em análises estatísticas, assim como em análises multicritérios, como a DEA (CORRÊA, *et. al*., 2019). Portanto, empregou-se o pacote *DeaR* (COLL-SERRANO; BOLÓS; SUAREZ, 2023), do *software R* (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2024), como ferramenta de apoio ao tratamento dos dados coletados no desenvolvimento desta pesquisa.

2.5 Delimitação da Pesquisa

Para este estudo, empregou-se a metodologia DEA-SBM, assim como o DEA-SBM dinâmico, para a mensuração da eficiência de duas amostras, compostas por 16 Capitanias dos Portos e 13 Capitanias Fluviais, componentes do SSTA, sob a ótica do Sistema de Custos da Marinha, ao logo do período de 2021 a 2023.

Para isso, foram empregados como insumos, os dados extraídos do SCM, relacionados aos custos dos serviços de portos e costas, aos custos para a manutenção e funcionamento da infraestrutura das unidades, e aos valores líquidos dos ativos imobilizados das contas contábeis que representam os equipamentos utilizados na execução das tarefas finalísticas dessas OM. Além da quantidade de inspeções e vistorias navais, entre as potenciais variáveis representativas dos produtos das CF e das CP apresentadas no Quadro 2, optou-se por empregar, aquelas que satisfazem o critério de isotonicidade com ao menos um dos insumos, após o teste de correlação de Pearson, conforme sugerido por Lorenzett, Lopes e Lima (2010).

Nesse diapasão, os resultados obtidos devem ser analisados com cautela para que possam ser aproveitados ao máximo. Dado que se utiliza um conjunto limitado de insumos e produtos disponíveis, esses resultados podem ser considerados um ponto de partida, para que os gestores das OM examinadas identifiquem possíveis fontes de ineficiência ou diferenças de desempenho, tanto entre as CP, quanto no grupo das CF. Assim, esses resultados podem servir como uma fonte adicional de informação, no contexto da análise da eficiência das OM integrantes do SSTA, sob a ótica do SCM, pois oferecem resultados de uma avaliação objetiva e imparcial.

Dessa forma, os resultados encontrados nesta pesquisa estão delimitados pelas OM componentes das amostras analisadas, assim como ao período e às variáveis empregadas nos modelos DEA-SBM adotados para a mensuração da eficiência em cada grupo de Capitanias.

Portanto, não obstante às potencias contribuições advindas do estudo remeterem às atividades das OM integrantes do SSTA, não se pretende generalizar os achados da pesquisa para as Delegacias e Agências, nem a qualquer outra OM da MB.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados decorrentes desta pesquisa, obtidos com o emprego dos dados extraídos do SCM como insumos, para que as 13 Capitanias Fluviais e as 16 Capitanias dos Portos possam cumprir suas atribuições precípuas no que se refere à segurança do tráfego aquaviário brasileiro.

Para melhor interpretação e análise dos resultados, este capítulo se subdivide em cinco seções, que seguem uma estrutura que permita uma apresentação e discussão dos resultados de forma organizada. Nesse sentido, serão inicialmente apresentados os dados descritivos das variáveis coletadas referentes às CF e às CP. Em seguida, será analisada a isotonicidade dos *outputs* com as variáveis coletadas do SCM, de modo a extrair aquelas mais adequadas para a análise da eficiência em cada grupo. Com as variáveis selecionadas, será realizada uma análise exploratória para entender a variabilidade dos dados, de forma a indicar o grau de heterogeneidade das unidades dentro de cada conjunto, que pode impactar na formulação dos modelos DEA-SBM. A partir deste ponto, são apresentados os modelos DEA-SBM e DEA-SBM dinâmico para mensuração e análise da eficiência das Capitanias Fluviais e, em seguida, das Capitanias dos Portos. A última seção aborda a análise da integração da DEA para mensurar a eficiência das unidades do SSTA sob a ótica do SCM.

3.1 Análise descritiva dos dados

Antes de mensurar e analisar a eficiência das CF e das CP, procedeu-se à organização dos dados coletados referentes aos insumos, bem como aos potenciais produtos passíveis de serem utilizados no modelo. A Tabela 2 dispõe das médias das variáveis inicialmente coletadas, referentes aos conjuntos de CF e de CP selecionadas, no período de 2021 à 2023, isto é, dos custo anuais das atividades finalísticas – Macroatividade (MA) 04.00 (*input*), das atividades administrativas – Macroatividade (MA) 59.00 (*input*), dos valores líquidos dos ativos imobilizados registrados nas contas contábeis de equipamentos utilizados na execução das atividades de STA - AIL (*input*), das quantidades de vistorias e inspeções navais – IN/VST (*output*), das quantidades de ocorrências de acidentes por área de jurisdição das CF - ACD

(*output*), das quantidades de embarcações cadastradas por cada CF - EMB (*output*) e da área jurisdicional de cada OM em Km² - AJ (*output*).

Tabela 2 - Valores médios dos *inputs* e *outputs* das CF 2021-2023

DMU	***Inputs***			***Outputs***			
	MA 04.00	**MA 59.00**	**AIL**	**IN/VST**	**ACD**	**EMB**	**AJ**
CF-1	352.707,97	1.813.926,07	1.747.259,38	1.488	4	5.378	586.513,99
CF-2	63.531,52	17.011,29	922.435,22	1.863	6	5.002	115.066,58
CF-3	573.597,57	1.007.660,57	2.976.050,07	4.988	36	12.502	434.339,51
CF-4	333.232,49	1.570.007,96	2.122.828,25	504	14	32.436	135.114,95
CF-5	408.828,78	24.179,76	3.270.389,67	3.090	8	16.962	357.142,08
CF-6	249.603,35	78.579,61	3.131.374,47	3.561	8	10.020	277.423,63
CF-7	169.321,43	136.312,59	2.674.880,51	3.419	8	53.361	99.136,01
CF-8	71.462,73	41.828,07	1.284.057,66	1.382	4	2.993	246.867,64
CF-9	383.235,40	1.351.602,08	4.586.066,58	2.440	10	19.598	139.500,68
CF-10	553.065,86	400.954,07	2.333.402,86	1.612	16	88.895	156.482,43
CF-11	3.908.754,89	1.455.528,61	15.112.077,09	8.228	39	17.475	594.184,98
CF-12	1.077.711,21	1.604.135,77	9.212.471,02	6.681	20	7.379	237.754,17
CF-13	958.640,61	504.058,10	3.536.972,54	13.543	6	3.759	201.156,30
Média Geral	**700.284,14**	**769.675,73**	**4.070.020,41**	**4.061**	**14**	**21.212**	**275.437,15**
CP-1	907.843,82	1.955.340,45	5.694.698,76	5.616	52	20.885	46.095,00
CP-2	1.319.576,99	954.446,54	8.266.921,50	10.675	49	58.530	16.809,14
CP-3	720.257,55	622.019,78	3.057.462,86	4.247	55	5.420	7.696,85
CP-4	506.032,81	105.456,08	4.948.485,41	10.997	12	22.084	564.760,43
CP-5	619.285,80	468.501,55	2.952.794,93	4.631	4	4.440	21.938,19
CP-6	377.509,98	767.920,96	5.738.336,16	7.274	15	12.458	98.086,49
CP-7	338.033,69	185.986,64	2.369.421,29	7.288	17	5.909	52.809,60
CP-8	455.427,60	495.258,38	6.508.040,47	5.606	26	6.893	148.894,45
CP-9	1.823.464,41	1.162.110,44	8.918.313,45	5.361	49	22.404	654.796,02
CP-10	1.061.042,16	965.763,57	5.241.471,59	6.265	36	14.388	249.205,94
CP-11	1.075.518,98	1.159.276,79	7.159.889,99	6.179	23	7.200	329.651,50
CP-12	307.397,03	740.495,83	2.080.377,85	1.544	5	3.797	251.755,48
CP-13	422.987,24	67.622,54	3.675.362,73	1.104	29	13.212	55.054,28
CP-14	936.399,32	1.126.622,60	5.541.328,57	3.154	14	22.600	95.730,69
CP-15	1.562.724,75	1.162.724,14	4.244.439,34	4.101	16	32.355	59.798,29
CP-16	2.623.007,45	3.184.762,96	6.916.920,15	5.634	65	98.381	161.312,68
Média Geral	**941.031,85**	**945.269,33**	**5.207.141,57**	**5.605**	**29**	**21.935**	**174.899,69**

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A Tabela 2 fornece dados relevantes, quanto ao custo médio anual de cada CF e CP. Ao utilizar como premissa o método de custeio ABC, o SCM mostra-se capaz de gerar dados que permitem, não apenas a identificação do volume de recursos empenhados e liquidados, como na visão estritamente orçamentária, mas também, demonstra especificamente a atividade que gera esses custos e o valor atualizado dos ativos imobilizados líquidos, o que vai ao encontro das considerações de Machado e Holanda (2010) e Filgueiras (2019). Essa identificação mostra-se substancial, quando se trata de uma gestão eficiente, pois a pormenorização dos dados fornece ao administrador uma visão mais abrangente dos custos que compõem cada OM, permitindo uma avaliação mais específica dos recursos aplicados em cada área de atuação da Força.

Nesse sentido, é possível perceber que as CP apropriaram média de custos superiores às CF, em ambas as macroatividades, bem como possuem maior volume de ativos voltadas às atividades de STA. No que se refere aos custos, nota-se que nos dois conjuntos amostrais, há um volume maior de custos apurados para manutenção e funcionamento das infraestruturas das unidades (MA 59.00).

No que se refere aos *outputs*, a média de inspeções e vistorias navais realizadas no triênio das CP é ligeiramente superior à das CF. A quantidade média de embarcações cadastradas é semelhante, ambas com média de aproximadamente 21.000 no triênio. Em contrapartida, as CF possuem maior média de área jurisdicional e registraram menor média de acidentes, comparadas às CP.

Assim, é notável que o SCM tem o potencial de contribuir para a gestão, demonstrando de forma pormenorizada a estrutura de custos e ativos de cada unidade, bem como aquela macroatividade que provoca maiores dispêndios de recursos públicos. Essas informações podem auxiliar no planejamento da alocação de recursos de forma mais específica, como destacado por Hokkinen (2021) e Luque *et al*. (2008). Contudo, observando-se somente esses dados, tanto os referentes aos *inputs* quanto aos *outputs*, verifica-se a complexidade em se estabelecer o nível de eficiência de um grupo em relação ao outro, por meio de uma análise multivariada. Essa complexidade é ainda mais evidente dentro dos grupos, visto que não há, em ambas as amostras, uma OM que apresente menores valores em todos os insumos, e maiores valores em todos os produtos. Destarte, faz-se mister verificar as unidades que detém melhor relação entre seus insumos e produtos e não somente a simples comparação de seus valores absolutos, conforme destaca Tayebi *et al*. (2024). Além disso, sem um tratamento adequado e objetivo não é possível verificar o peso que cada variável extraída do SCM possui no nível de eficiência de cada unidade.

Dessa forma, reforça-se o mencionado por Pereira, Vieira e Madkur (2018) sobre a relevância da utilização de ferramentas para analisar a eficiência baseada nos custos das unidades no setor público, como a DEA, visando a otimizar as informações fornecidas pelos sistemas de informações já existentes.

Nessa seara, segundo Lins e Meza (2000), uma das etapas na mensuração da eficiência, utilizando a DEA, é a seleção das variáveis mais adequadas para cada grupo.

3.2 Seleção das variáveis

Conforme aludido por Campos (2014), a literatura sugere alguns métodos para seleção de variáveis a serem empregados nos modelos DEA, como a análise de isotonicidade, a regressão e o método *stepwise*. Nesta pesquisa, optou-se pela análise da isotonicidade, consoante Lorenzett, Lopes e Lima (2010) e Lu (2011). Dessa forma, procedeu-se ao teste de correlação de *Pearson*, entre as variáveis de insumos e produtos coletados, tanto para as CF, quanto para as CP. Assim, inicialmente são apresentados na Tabela 3, os resultados do teste de correlação entre as variáveis das CF.

Tabela 3 - Matriz de correlações entre as variáveis das CF

Outputs	***Inputs***			***Outputs***		
	MA 04.00	**MA 59.00**	**AIL**	**IN/VST**	**ACD**	**EMB**
IN/VST	0,519*	0,062	0,488*	—		
ACD	0,645*	0,376*	0,665*	0,265	—	
EMB	-0,057	-0,120	-0,108	-0,288	0,086	—
AJ	0,549*	0,370*	0,452*	0,179	0,452*	- 0,357*

Nota: * $p < 0,05$
Fonte: O autor, 2024.

Analisando-se os coeficientes de correlação, nota-se que a variáveis representativas de *outputs* IN/VST e AJ possuem correlações positivas com os três *inputs* extraídos do SCM. Cabe ressaltar, que apesar da correlação dos custos da macroatividade MA 59.00 ser positivo com a variável IN/VST, o coeficiente de correlação entre elas foi demasiadamente fraco (0,073) e não significativo ($p > 0,05$). Esses custos apresentam coeficientes de correlação maiores, além de significativos, com a extensão da área jurisdicional, sob responsabilidade de cada CF (correlação = 0,370). Ainda assim, esses resultados atendem ao pressuposto da isotonicidade,

que sugere utilizar em modelos DEA variáveis de produtos que tenham tendência a aumentar, quando do incremento dos insumos, conforme sugerido por Lorenzett, Lopes e Lima (2010).

Portanto, resultados indicam que as CF analisadas conseguem converter seus custos e ativos, voltados às atividades de STA, para realização de inspeções e vistorias navais, em suas respectivas áreas de jurisdição. De maneira geral, pode se inferir que quanto maiores as quantidades de inspeções e vistorias navais realizadas pelas CF, e quanto maior a área jurisdicional atendida por cada uma dessas OM, maiores tendem a ser os custos incorridos e os investimentos em equipamentos para compor os ativos imobilizados relacionados a essas atividades.

Destarte, a isotonicidade entre as variáveis representativas de dispêndios de recursos e a extensão territorial atendida pelos entes públicos são semelhantes às encontradas nas pesquisas de Pacheco, Sánchez e Villena (2014), Statná e Gregor (2015), Carmo Junior e Rosano Peña (2019) e Lu (2011). De forma similar, essas pesquisas também apontaram correlações positivas entre os custos e investimentos públicos com a quantidade de ações realizadas pelas organizações estatais, assim como nos estudos de Freitas (2020), Santos Junior et al. (2023a) e Santos Junior et al. (2023b).

Em contrapartida, a variável ACD também apresentou coeficientes de correlação positivos e significativos com os insumos, porém ela não atende ao pressuposto de isotonicidade. Isso, porque a quantidade de ocorrência de acidentes é uma variável indesejada, e consequentmente, esperava-se que sua correlação com os insumos das CF fosse negativa. Interessante observar, que também houve correlação positiva, ainda que não significativa, entre a quantidade de inspeções e vistorias navais realizadas e os acidentes registrados. Esses resultados se identificam com as considerações de Pacheco (2009), Sano e Montenegro Filho (2013) e Boueri, Rocha e Rodopoulos (2015), que atribuem dificuldades em se estabelecer relações diretas entre os insumos, representados pelos dispêndios de recursos, e a efetividade esperada pela sociedade, assim como as de Matos e Terra (2015), os quais destacam que há uma complexidade na relação entre as ações públicas e os resultados esperados decorrentes dessas ações, visto que os efeitos desejados também estão sujeitos a mudanças do comportamento da sociedade, e não só dos serviços prestados pelo Estado.

Portanto, esses resultados corroboram Anagboso e Spense (2009), Hartley (2012) e Ibáñes, Garratón e Meca (2020), quando mencionam que a dimensão técnica ou alocativa são as mais indicadas para mensurar a eficiência das unidades militares, devido às dificuldades em se estabelecer indicadores de efetividade da prestação de seus serviços. Ademais, a correlação positiva, ainda que fraca e não significativa, entre a variável ACD e a variável EMB, sugere

que as CF, com maior quantidade de embarcações cadastradas e áreas jurisdicionais maiores, tendem a registrar maior número de acidentes.

A variável EMB foi selecionada com base na literatura, onde estudos como os de Pacheco, Sánchez e Villena (2014) e Satná e Gregor (2015) verificaram que quanto maior a população atendida, maiores os custos das atividades públicas. Desta forma, esperava-se que houvesse correlações positivas entre os insumos extraídos do SCM e este produto. Entretanto, ao contrário dos resultados dos autores, nota-se que a correlação desta variável com os *inputs* foi negativa, ou seja, não há isotonicidade entre essas variáveis.

Desta forma, conforme as considerações de Lorenzett, Lopes e Lima (2010) e Lu (2011), os *outputs* que se apresentam mais adequados para mensurar a eficiência das CF, por meio da DEA, sob o prisma do SCM, são as inspeções e vistorias navais realizadas (IN/VST) e a área jurisdicional (AJ) atendida por cada CF.

Seguindo o procedimento análogo ao realizado com o grupo de CF, a verificação do pressuposto de isotonicidade, entre os *inputs* e *outputs* das CP, foi conduzida utilizando o teste de correlação de *Pearson*, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de correlações entre as variáveis das CP

Outputs	***Inputs***			***Outputs***		
	MA 04.00	**MA 59.00**	**AIL**	**IN/VST**	**ACD**	**EMB**
IN/VST	0,026	0,060	0,352*	—		
ACD	0,489*	0,429*	0,451*	0,143	—	
EMB	0,693*	0,570*	0,465*	0,216	0,559*	—
AJ	0,164	-0,019	0,386*	0,202	-0,018	-0,032

Nota: * $p < 0,05$
Fonte: O autor, 2024.

De maneira diversa aos resultados dos testes de correlação entre as variáveis das CF, o *output* AJ apresenta correlações positivas somente com a macroatividade MA 04.00 e com a variável AIL. Nesse aspecto, a correlação entre a AJ e o AIL é a que apresenta maior o coeficiente (0,386), e a única significativa. Embora a correlação entre os custos da macroatividade MA 04.00 e a variável AJ (0,164) não seja significativa, o coeficiente positivo sugere que as OM que apropriam custos mais elevados, nesta variável, e possuem maiores AIL, tendem a ser responsáveis pela segurança do tráfego aquaviário em áreas mais extensas.

Já a variável IN/VST, possui correlações positivas com os três *inputs*, sendo a mais forte, e significativa estatisticamente, com os AIL (0,352*). Em que pese as correlações fracas e não significativas, entre a quantidade de IN/VST e as macroatividades MA 04.00 (0,026) e MA

59.00 (0,060), é possível inferir, que o aumento dos custos nestas macroatividades e nos AIL contribui, em certa medida, para o aumento das inspeções e vistorias navais.

No que se refere à macroatividade MA 59.00, a variável AJ apresentou correlação negativa, fraca e não significativa (-0,019), ao contrário dos resultados encontrados entre essas mesmas variáveis, quando analisado o grupo das CF, que apresentou coeficiente de correlação moderado e significativo.

A análise dos dados, utilizados no teste de correlação, revela que o somatório das AJ das oito CP com as menores áreas jurisdicionais é de 355.932,03 km², o que equivale a aproximadamente 13% do somatório das AJ das dezesseis CP. No entanto, o somatório dos custos médios apurados na macroatividade MA 59.00, dessas oito unidades, representa pouco mais de 43% da média total deste conjunto amostral. Assim, percebe-se que as CP que possuem as menores áreas de atuação, no que se refere ao STA, são responsáveis por quase metade dos custos médios apurados com funcionamento e manutenção de infraestrutura pelo grupo, no período.

Nesse sentido, é importante refletir sobre as possíveis razões para essa relação inversa. Como esses custos correspondem à manutenção e ao funcionamento das infraestruturas administrativas das OM, ou seja, são considerados fixos, alguns fatores, que vão além da realização de inspeções e vistorias navais, e da dimensão territorial de responsabilidade das CP, podem gerar impactos na apuração de custos desta natureza. Nesse aspecto, é importante salientar que as CP se localizam em regiões geográficas distintas do Brasil, um país de dimensões continentais, com uma significativa diversidade de aspectos ambientais, climáticos, econômicos e sociais. Todos esses fatores podem influenciar, de alguma forma, para que as CP apurem maiores ou menores valores nesta macroatividade, já que nela são apropriados todos os custos relacionados ao consumo de energia elétrica, de água, de telefonia, de aquisição de materiais necessários ao desenvolvimento das atividades cotidianas, bem como de contratações de serviços para a manutenção de suas estruturas físicas e de apoio.

Prosseguindo a análise, o *output* ACD, que é uma variável indesejável, apresentou correlações positivas, e significativas, com todos os *inputs* das CP, bem como com o *output* IN/VST, apesar desta não ser estatisticamente significativa. Esses resultados também foram observados no grupo das CF, e corroboram, igualmente, as considerações de Pacheco (2009), Sano e Montenegro Filho (2013), Boueri, Rocha e Rodopoulos (2015) e Mattos e Terra (2015). Da mesma forma, também há correlação positiva e significativa entre os *outputs* ACD e EMB, denotando que, assim como as CF, as CP que possuem maior média de embarcações

cadastradas, tendem a registrar maior quantidade de acidentes em suas respectivas áreas jurisdicionais.

Ainda no que se refere à quantidade de embarcações cadastradas (EMB) pelas CP, este *output* apresentou correlações positivas e significativas com os três *inputs*. Ao contrário do observado no conjunto das CF, esses resultados sugerem que, um aumento na quantidade de embarcações cadastradas tende a gerar mais custos e maiores investimentos das CP, semelhante ao observado por Pacheco, Sánchez e Villena (2014) e Satná e Gregor (2015).

Dessa forma, somente os *outputs* EMB e IN/VST atendem ao pressuposto de isotonicidade com as três variáveis *inputs*. Contudo, a exemplo de Souza, Scatena e Kehrig (2016), mesmo com a correlação negativa entre os custos da macroatividade 59.00 e a extensão da AJ, optou-se por manter as duas variáveis para mensuração da eficiência das CP, tendo em vista que este *output* apresentou correlações positivas com a macroatividade MA 04.00 e com os AIL. Em especial, optou-se também, por manter o *input* MA 59.00, que além de ter correlações positivas com as variáveis IN/VST e EMB, é um elemento indispensável para a continuidade das operações das OM do SSTA, visto que se trata dos custos voltados à manutenção e o funcionamento da infraestrutura, não só destas unidades, como de todas as OM da MB.

Assim, entre as variáveis disponíveis coletadas, serão empregadas cinco variáveis no modelo de mensuração das eficiências das CF, sendo as três variáveis extraídas do SCM como *inputs* e a quantidade anual de IN/VST e AJ como *outputs*. No que concerne às CP, serão empregadas seis variáveis, quais sejam, as mesmas variáveis do grupo de CF, adicionando-se a quantidade de embarcações registradas (EMB), anualmente, por cada OM.

Importante destacar, que a análise de correlação dos dados extraídos pelo SCM com os produtos dos dois grupos de OM do SSTA possibilitou, não só a seleção das variáveis para inclusão no modelo DEA, como também corrobora que há diferenças a serem consideradas na comparação entre elas. Assim, a análise da eficiência baseada em áreas distritais, como em Santos Junior *et al*. (2023a), podem traduzir resultados que podem não refletir as especificidades de cada OM, em seu contexto de operações, no que tange às atividades de segurança do tráfego aquaviário.

Ainda, releva mencionar que, a despeito da quantidade final de variáveis selecionadas, ou seja, cinco para as CF e seis para as CP, a mensuração da eficiência das treze CF e das dezesseis CP não será afetada por problemas de dimensionalidade das amostras, conforme mencionado por Hanson (2016). A análise ao longo do período de 2021 a 2023 possibilita o atendimento deste pressuposto, aumentando o número de observações de 13 para 39 no caso

das CF, e de 16 para 48, no que concerne às CP, isto é, cada unidade passa a representar uma DMU diferente ao longo dos três anos.

Portanto, definidas as variáveis de cada grupo, antes de finalizar as especificações do modelo DEA para a mensuração da eficiência em ambas as amostras, faz-se necessário analisar a estrutura dos dados, quanto ao grau de variabilidade presente em cada conjunto amostral deste estudo.

3.3 Análise exploratória das variáveis selecionadas

Um dos pressupostos importantes para a formulação de modelos DEA, é a possível diferença de porte das DMUs, que pode sugerir a abordagem, quanto aos retornos de escala a ser adotado, conforme mencionam Ferreira e Gomes (2020). Nesse contexto, uma das formas de verificar essas diferenças é analisar a estrutura dos dados das variáveis a serem empregados no modelo, em especial quanto ao grau de variabilidade dos mesmos. Nessa linha, as medidas de dispersão quantificam a variação de um conjunto de dados em relação à média, indicando o nível de variabilidade presente, e auxiliam na determinação do grau de concentração ou dispersão dos resultados em torno da tendência central das observações (MOUSINHO *et al*., 2006).

Desta forma, com os *inputs* e *outputs* selecionados, foi realizada uma análise exploratória dos dados, de ambos os grupos. Na Tabela 5, são apresentadas as estatísticas descritivas dos dados das CF.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas das CF

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variação
MA 04.00	700.284,14	1.011.109,69	63.531,52	3.908.754,89	1,4439
MA 59.00	769.675,73	708.889,07	17.011,29	1.813.926,07	0,9210
AIL	4.070.020,41	3.910.002,21	922.435,22	15.112.077,09	0,9607
IN/VST	4.061,38	3.611,35	504,00	13.543,00	0,8992
AJ	275.437,15	170.091,28	99.136,01	594.184,98	0,6175

Fonte: O autor, 2024.

Analisando-se a Tabela 5, no tocante aos valores mínimos e máximos observados para cada variável, observa-se que os dados de todas as variáveis possuem uma grande variabilidade

espacial. Além dos valores elevados das amplitudes (Valor máximo – Valor mínimo), os altos coeficientes de variação e dos desvios-padrão das variáveis apontam expressivas diferenças entre as CF. Por exemplo, no que se refere aos custos da macroatividade MA 04.00, as CF-11, CF-12 e CF-13 possuíram custos médios no período, acima da média do conjunto, sendo a CF-11 a unidade que tem a maior média, com R$ 3.908.754,89. Por outro lado, a CF-2 com R$ 63.531,52, é a OM com a menor média de custos apurados nesta macroatividade. Quanto aos valores dos AIL, destacam-se as CF-9, CF-11 e CF-12, que possuem valores médios superiores à média do grupo. Nessa variável, a CF-11 também possui o maior valor entre todas as unidades, com média de R$ 15.112.077,09. Neste ponto, a CF-2 também se sobressai como a OM com a menor média nesta variável, com R$ 922.435,22. No que tange à macroatividade MA 59.00, seis unidades possuem custos médios apurados, superiores à média da amostra. Nesta variável, a CF-1 tem a maior média com R$ 1.813.926,07, ao passo que a CF-2 é a OM que possui a menor média de custos de manutenção e funcionamento de infraestrutura administrativa, com R$ 17.011,29.

Nos *outputs*, a grande diferença nas observações permanece. Quatro unidades registraram valores médios de IN/VST acima da média das treze CF. A CF-13 se destaca como a OM que tem a maior média, com 13.543, enquanto a CF-4 é a unidade que tem a menor média de inspeções e vistorias no período, com 504 ações nesse sentido. No que se refere à extensão da área jurisdicional, cinco unidades atuam em dimensões superiores à média do conjunto amostra, sendo a CF-11 responsável pela maior cobertura, com 594.184,98 km², área consideravelmente superior à da CF-6, cuja jurisdição abrange uma área de 99.136,01 km².

Quanto às CP, as estatísticas descritivas revelam uma variabilidade relativamente menor da estrutura dos dados das variáveis, quando comparadas com as CF, conforme pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas das CP

Variáveis	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variação
MA 04.00	941.031,85	637.676,21	307.397,03	2.623.007,45	0,6776
MA 59.00	945.269,33	768.931,17	67.622,54	3.184.762,96	0,8135
AIL	5.207.141,57	2.050.516,14	2.080.377,85	8.918.313,45	0,3938
IN/VST	5.604,56	2.696,13	1.104	10.997	0,4811
BEM	21.934,71	24.663,58	3.797	98.381	1,1244
AJ	175.899,69	194.273,97	7.696,85	654.796,02	1,1045

Fonte: O autor, 2024.

Não obstante ao menor grau de variabilidade em relação às CF, a amplitude dos dados de todas as variáveis indica que há relevantes distinções entre os portes das CP. No tocante aos *inputs*, a MA 59.00 possui o maior coeficiente de variação (0,8135) e uma diferença considerável entre as CP que apuraram a menor e a maior média de custos nesta macroatividade.

Quanto aos custos destinados à manutenção e funcionamento de infraestrutura, metade das CP analisadas apresentou valores médios superiores à média da amostra. Enquanto a CP-13 apurou em média R$ 67.622,54 na macroatividade MA 59.00, a CP-16 apurou em média R$ 3.184.762,96. Na macroatividade MA 04.00, seis OM registram custos médios superiores à média apurada para essa variável, no período. A CP-16 também se destaca nesta macroatividade, sendo a OM que apurou o maior custo médio no período, com R$ 2.623.007,45 ao passo que a CP-12 apurou a menor média entre as Capitanias dos Portos, com R$ 307.397,03. A variável AIL apresenta coeficiente de variação mais moderado (0,3938), o que indica que entre os *inputs*, esta é a que demonstra menor variabilidade em relação à média das CP. Entre as dezesseis OM da amostra, nove possuem AIL médios superiores à média do conjunto. No entanto, assim como nos dois elementos de custos, também há grande amplitude em ralação aos valores mínimo e máximo desta variável, visto que a CP-12 possui a menor média de ativos imobilizados líquidos no período, com R$ 2.080.377,85, valor consideravelmente menor do que o da CP-2, que registrou média de AIL no valor de R$ 8.918.313,45.

Em relação aos *outputs* nota-se que a quantidade de inspeções e vistorias navais (IN/VST) é a variável que tem menor dispersão em relação à média das CP (0,4811). Nove OM registraram média de IN/VST superiores à média geral deste grupo. Entretanto, também é possível constatar a elevada amplitude entre os valores mínimo e máximo. A CP-13 realizou em média 1.104 inspeções e vistorias navais no triênio, quantidade substancialmente menor do que a CP-4, que possui média de 10.997 no mesmo período. A dispersão dos *outputs* das CP fica mais evidente nas variáveis EMB e AJ. Além de apresentarem coeficientes de variação consideravelmente altos, a amplitude entre os valores mínimo e máximo é expressiva. No caso da variável EMB, seis CP registraram médias de embarcações cadastradas acima da média do grupo. A maior diferença é observada entre a CP-12, que possui média de 3.797 embarcações cadastradas no período, e a CP-16, com média de 98.381. Já na variável AJ, cinco OM possuem áreas superiores à média da amostra, sendo a CP-3 a que detém a menor jurisdição, com 7.696,85 km², enquanto que a CP-9 cobra a maior extensão territorial da amostra, totalizando 654.796,02 km².

Assim, a heterogeneidade das variáveis, semelhante ao observado por Santos *et al*. (2023a) e Santos Junior *et al*. (2023b), indica diferenças consideráveis entre os portes das OM,

tanto no grupo das CP, quanto no conjunto de CF, o que sugere um modelo DEA-SBM sob a abordagem VRS em ambos os grupos. Contudo, antes de prosseguir com a análise, optou-se por implementar os modelos, tanto pela pressuposição VRS, quanto pela CRS, com o intuito de verificar se as CF e as CP possuem ineficiências de escala, que possam corroborar o emprego da pressuposição VRS, conforme indicado por Ferreira e Gomes (2020), Souza, Scatena e Kehrig (2016) e Hasan *et al*. (2020). Ademais, considerando o objetivo geral desta pesquisa, adotou-se em ambos os modelos, a orientação aos *inputs*, coadunando-se com as definições de eficiência técnica, alocativa e econômica de Rosano-Penã e Gomes (2018), Silva et al. (2011) e Shaw (2009), que destacam importância de se utilizar recursos em proporções ótimas para o oferecimento de serviços públicos.

3.4 Resultados dos modelos DEA-SBM

Nesta seção, primeiramente, apresentam-se os resultados dos modelos DEA-SBM, conforme proposto por Tone (2001), sob as pressuposições CRS e VRS, com o objetivo de verificar a possível influência de escala nos escores de eficiência das CF e das CP. Essa análise orienta a escolha do pressuposto de retornos de escala mais adequado, permitindo uma comparação e interpretação mais abrangente dos escores de eficiência em ambas as amostras. Na sequência, são apresentadas as eficiências das CF e das CP calculadas pelo modelo DEA-SBM dinâmico, desenvolvido por Tone e Tsuitsui (2010), com a finalidade de comparar esses resultados aos obtidos com o modelo DEA-SBM.

3.4.1 DEA-SBM - Capitanias Fluviais

A Tabela 7 apresenta os escores de eficiência anual, assim como a eficiência média das CF no triênio, obtidos pelo modelo DEA-SBM (TONE, 2001), orientado aos *inputs*, sob a abordagem CRS e VRS.

Tabela 7 - Estimativas de eficiência das CF DEA-SBM CRS x DEA-SBMVRS

DMU	CRS				VRS				Eficiência de Escala (A) / (B)
	2021	2022	2023	Média CF (A)	2021	2022	2023	Média CF (B)	
CF-1	1,0000	1,0000	0,6677	0,8892	1,0000	1,0000	0,8013	0,9338	0,9523
CF-2	1,0000	1,0000	0,6120	0,8707	1,0000	1,0000	0,6867	0,8956	0,9722
CF-3	0,4472	0,4043	0,3699	0,4071	1,0000	0,7486	0,6680	0,8775	0,5054
CF-4	0,1418	0,1292	0,1020	0,1243	0,2459	0,6886	0,1615	0,2031	0,6123
CF-5	1,0000	0,4691	0,1000	0,8230	1,0000	0,2017	1,0000	0,9327	0,8824
CF-6	0,3580	0,4727	0,6982	0,5096	0,7254	1,0000	1,0000	0,9085	0,5610
CF-7	0,7438	1,0000	0,4040	0,7159	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7159
CF-8	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-9	1,0000	0,1151	0,0947	0,4032	1,0000	0,1258	0,0974	0,4077	0,9890
CF-10	0,2209	0,1701	0,1464	0,1791	0,2245	0,1819	0,1558	0,1874	0,9559
CF-11	0,1286	0,1332	0,1113	0,1244	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,1244
CF-12	0,3410	0,1972	0,1146	0,2176	0,4402	0,2403	0,1753	0,2853	0,7628
CF-13	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Média Geral	0,6447	0,5454	0,4862	0,5588	0,8182	0,7151	0,6728	0,7353	0,7599

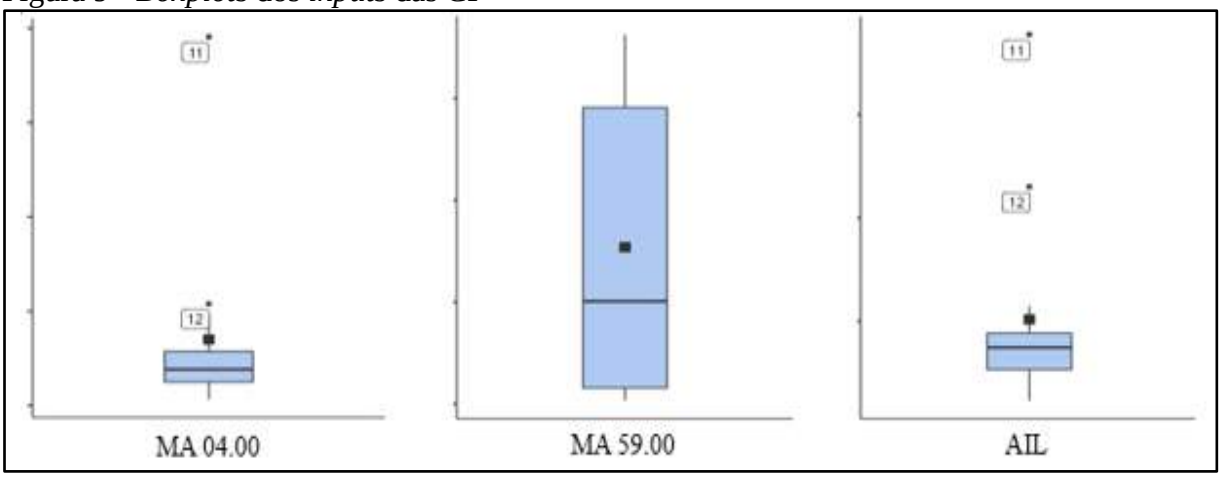
Fonte: O autor, 2024.

Analisando-se os resultados da Tabela 7, observam-se diferenças entre a média dos índices de eficiência das unidades nos dois modelos, refletidas nas eficiências de escala, obtidas pela razão entre as eficiências médias das CF calculadas nos modelos CRS e VRS, conforme proposto por Ferreira e Gomes (2020). Nesse sentido, uma razão diferente de 1, entre os escores obtidos pelas unidades nos dois modelos, indica que a DMU apresenta ineficiência de escala. No caso das CF, apenas as CF-8 e CF-13, que são eficientes tanto no modelo CRS quanto no VRS, não apresentam ineficiências de escala, e isso indica que não há evidências de influência adversa do porte dessas OM sobre seus índices de eficiência.

A maior ineficiência de escala média é observada na CF-11, que obteve um índice de eficiência de escala igual a 0,1244. Esta unidade foi eficiente nos três anos no modelo VRS e não obteve eficiência em qualquer dos anos no modelo CRS, sendo o maior índice obtido com retornos constantes de escala (CRS) 0,1332, alcançado em 2022. Essas distinções de resultados obtidos entre os modelos ocorrem porque, diferente do pressuposto CRS, na abordagem VRS, cada CF é comparada com aquelas que operam em escala semelhante, conforme destacam Lobo, Lins e Mengolla (2014). Dessa forma, como as CF não possuem homogeneidade em suas estruturas de custos e ativos, além das variações significativas na quantidade de inspeções navais realizadas e nas áreas jurisdicionais, todos esses fatores impactam a escala de produção.

No caso em tela, a CF-11 se destaca, por ter uma estrutura de dados consideravelmente distinta, em relação à amostra das CF, tanto no que se refere aos *inputs*, quanto no que tange aos *outputs*, conforme pode ser observado na Figura 9 e na Figura 10.

Figura 9 - *Boxplots* dos *inputs* das CF



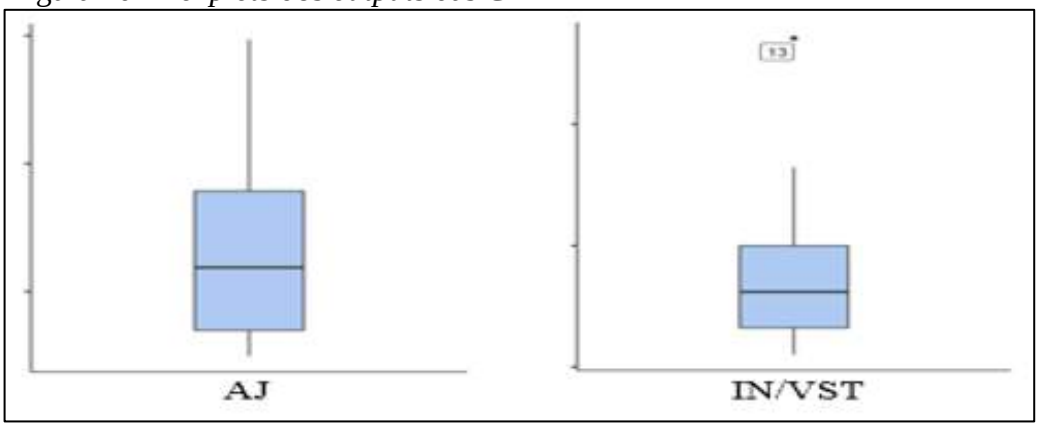
Nota: ■: Média; ——— : Mediana.
Fonte: O autor, 2024.

A Figura 9 ilustra os *boxplots* dos insumos das CF, baseado no método de Tukey. Este método utiliza o intervalo interquartil (IQR), para detectar *outliers*, ou seja, números muito pequenos ou muito grandes, em determinado conjunto de dados (KANNAN, MANOJ; ARUMUGAN, 2015). Dessa maneira, os *boxplots* revelam que as médias dos custos apropriados na macroatividade MA 04.00, assim como os valores médios do AIL das OM CF-11 e CF-12, são significativamente superiores à média e à mediana da amostra, sendo, portanto, considerados *outliers*. A CF-11 se destaca, por apresentar valores consideravelmente superiores, até mesmo em relação à CF-12, nesses dois *inputs*. Na macroatividade MA 59.00, não se observam valores extremos, porém, cabe destacar, que a CF-11 possui a quarta maior média de custos apurados no período, com R$ 1.455.528,61, valor notavelmente superior à mediana dessa variável, que é R$ 504.058,10, referente ao custo médio da CF-13, bem como à média da amostra, que é de R$ 769.675,73.

No que se refere aos *outputs*, observa-se na Figura 10, que a AJ da CF-11 não é considerada *outlier*. Contudo, sua área jurisdicional representa o valor que se encontra mais afastado da média e da mediana deste conjunto amostral, isto é, essa unidade possui a maior área de jurisdição, entre as CF analisadas. Em relação IN/VST, a CF-13, como visto anteriormente, é a unidade com o maior média no período, sendo esse valor considerado *outlier*. Nessa variável, a CF-11 também se destaca, sendo a segunda OM com a maior média da

amostra, com 8.227,67. Este valor encontra-se no limite superior do *boxplot*, ou seja, no limite do IQR.

Figura 10 - *Boxplots* dos *outputs* das CF



Nota: ——— : Mediana.
Fonte: O autor, 2024.

Deste modo, devido aos seus níveis de insumos e produtos, a CF-11 é considerada eficiente na abordagem VRS, já que não há outra CF que tenha estrutura de dados semelhantes e que, portanto, possa servir como um exemplo melhor, na transformação de *inputs* em *outputs*, em uma escala comparável.

As dez CF restantes apresentam ineficiências de escala, mas seus índices nesse sentido são moderados, acima de 0,5000, o que sugere que não há diferenças substanciais nos escores de eficiência obtidos pelos dois modelos. Deste modo, despeito da heterogeneidade nos dados das CF, percebe-se que a pressuposição VRS, ao levar em conta as diferenças de escala em seu cálculo, e comparar apenas as CF que operam em uma escala semelhante entre si, não se mostra suficientemente adequado para diferenciar as OM eficientes e ineficientes, de forma mais abrangente. Diante desses resultados, da mesma forma que Souza, Scatena e Kehrig (2016) e Hasan *et al*. (2020), o modelo DEA-SBM sob a premissa CRS mostra-se mais adequada para dar prosseguimento à mensuração e análise da eficiência das CF.

3.4.1.1 Análise da Eficiência das Capitanias Fluviais sob o modelo DEA-SBM

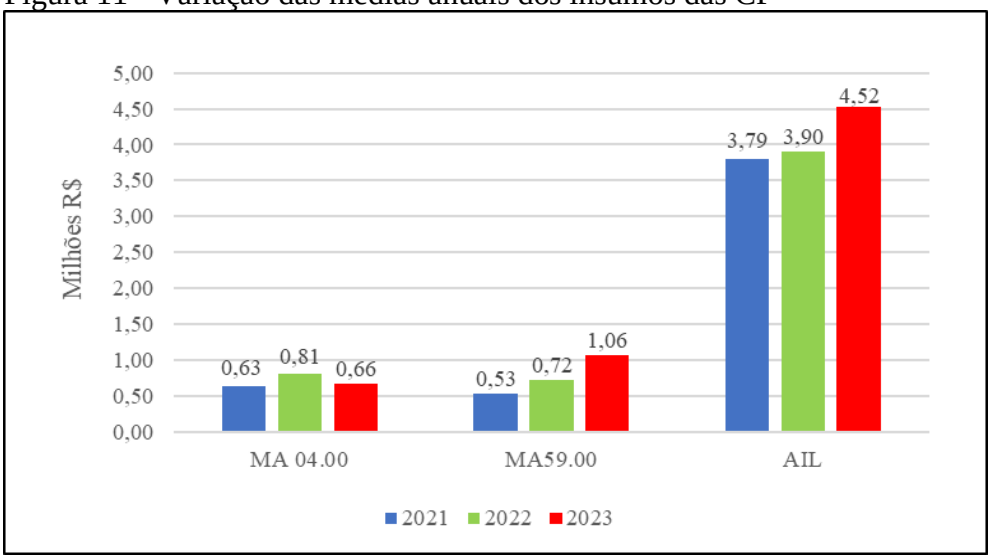
Conforme demonstrado na Tabela 7, no modelo DEA-SBM CRS, as CF alcançaram média geral de eficiência de 0,5588 no período, com tendências de decréscimo ao longo do tempo. Cinco unidades foram consideradas eficientes, em 2021 e 2022, e apenas duas unidades

alcançaram a fronteira em 2023. Nesse contexto, é interessante analisar as variações das médias dos insumos e produtos ao longo do triênio, a fim de verificar a possível influência dessas mudanças na queda dos índices de eficiência geral deste grupo.

Conforme ilustrado na Figura 11, os custos apurados na macroatividade MA 04.00 apresentaram um acréscimo de 29% de 2021 para 2022, tornando este o ano com a maior média de custos no período. Em 2023, houve redução dos custos apurados nesta macroatividade, mas ainda assim, 6% superior à média de 2021. Em contrapartida, foram observados aumentos nas médias dos AIL ao longo do período, com uma variação de 3% de 2021 para 2022, e 16% de 2022 para 2023. Ressalta-se que o AIL é um *input* considerado não discricionário, visto que sua redução está condicionada à possíveis transferências, baixas ou, o que é mais comum, ao processo de depreciação desses ativos imobilizados, e o aumento normalmente está relacionado a investimentos para aquisição ou recebimento de equipamentos voltados às atividades de STA transferidos de outras unidades. Portanto, essas proporções moderadas de aumentos denotam que, de modo geral, a MB realizou investimentos para aquisição de ativos voltados às atividades de STA, visando a manutenção da capacidade operacional das CF no decorrer do triênio.

Com maior destaque, observa-se o crescimento constante e significativo dos custos voltados ao funcionamento e à manutenção da infraestrutura (variável MA 59.00) dessas OM ao longo do tempo. Nessa macroatividade, em 2022, houve um incremento de 36%, em relação ao ano de 2021, e um acréscimo de 47% em 2023, quando comparado aos valores médios do ano anterior. Como resultado, a média dos custos referentes à manutenção e ao funcionamento da infraestrutura das CF apurados em 2023 representam quase o dobro do valor médio apropriado em 2021.

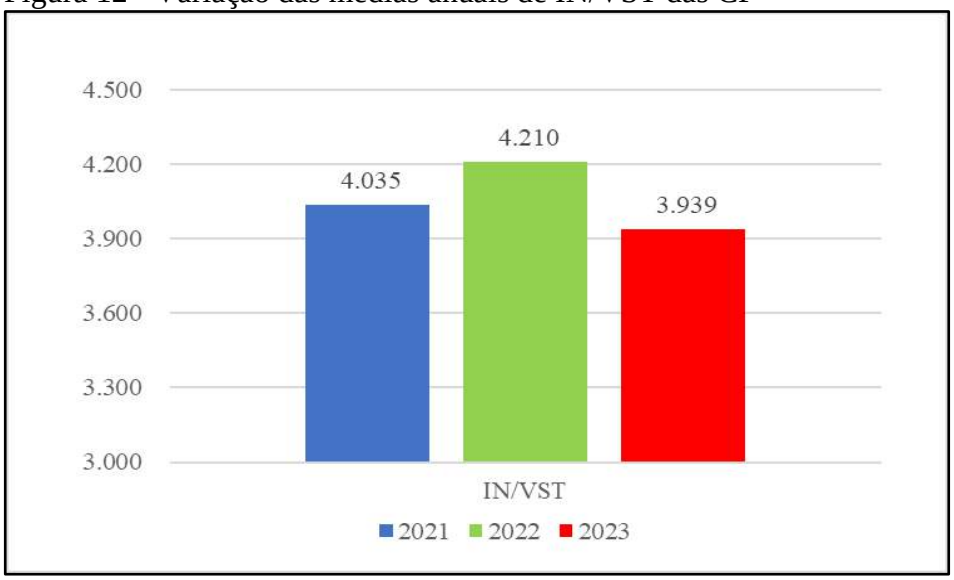
Figura 11 - Variação das médias anuais dos insumos das CF



Fonte: O autor, 2024.

Em relação aos produtos, cabe destacar, que as áreas jurisdicionais (AJ) sob responsabilidade das CF não sofreram alteração no período. Já no que se refere às médias de IN/VST realizadas, nota-se um comportamento distinto em comparação aos insumos, uma vez que não houve variações expressivas ao longo do triênio. Conforme ilustrado na Figura 12, a maior variação registrada foi uma redução de 6% em 2023, quando comparada à quantidade média registrada em 2022. Essa baixa variação sugere que as CF mantêm um padrão, no que se refere à realização de vistorias e inspeções navais anuais. Contudo, é interessante observar que a menor média de IN/VST realizadas foi em 2023, ano em que, de maneira geral, foram registrados os maiores valores dos insumos das CF. Portanto, em linhas gerais, depreende-se que o aumento significativo, principalmente dos custos da MA 59.00 e dos investimentos realizados não geraram aumento proporcional nos produtos, que contribuísse para a manutenção ou aumento os escores de eficiência das CF.

Figura 12 - Variação das médias anuais de IN/VST das CF



Fonte: O autor, 2024.

Assim, a redução dos níveis de eficiência do conjunto das CF podem ser consequência dessas elevações das médias de custos e dos AIL das CF, que não foram acompanhadas, de forma proporcional pela variação de seus *outputs* ao longo do tempo.

Em se tratando do desempenho individual de cada OM, as CF-3, CF-4, CF-9, CF-10, CF-11 e CF-12 são as OM que apresentam as maiores ineficiências no período, com médias inferiores a 0,5. Ressalta-se, que essas seis unidades apresentaram tendências de decréscimos em seus escores de eficiência ao longo do triênio, com os menores índices da série obtido no último ano da análise. A orientação para minimização dos *inputs* indica uma performance

insatisfatória dessas unidades, pois demonstra que utilizaram recursos além do necessário para realizar inspeções e vistorias navais em suas respectivas áreas de jurisdição, em comparação com os resultados das demais CF. Esses resultados sugerem que essas CF possam enfrentar desafios mais significativos na utilização eficientes dos seus recursos para a realização de suas atribuições relacionadas à segurança do tráfego aquaviário, em comparação aos seus pares.

Entre estas OM vale destacar o caso da CF-9, que foi eficiente em 2021, reduzindo drasticamente seu desempenho para 0,1151 em 2022, e obtendo o escore mais baixo entre todas as CF em 2023, com apenas 0,0947. Releva mencionar que esta CF apresentou aumentos significativos nos seus custos em 2022 e 2023, quando comparados a 2021. Na macroatividade MA 04.00 a CF-9 apurou custos de R$ 69.003,11 em 2021, R$ 575.804,26 em 2022, e R$ 504.898,84 em 2023. Na macroatividade MA 59.00, os custos apurados no primeiro ano foram de R$ 1.095.400,92, e no último ano da análise de R$ 1.559.199,72. Além do aumento dos custos, esta CF registrou R$ 4.125.529,24 de AIL em 2021, e R$ 5.387.728,83 em 2023, o que representa um acréscimo de 30% nessa variável. Ao mesmo tempo em que houve esse incremento nos custos e no valor dos AIL, foram reduzidas as quantidades de IN/VST de 2872 em 2021, para 2366 em 2022, chegando a 2083 em 2023, e mantida sua AJ de atuação.

Por outro lado, a CF-8 e a CF-13 foram as que mais se destacaram no período, por terem alcançado o grau máximo de eficiência nos três anos analisados. Esses resultados indicam uma consistência dos custos incorridos nas macroatividades 04.00 e 59.00, bem como dos valores líquidos dos seus ativos imobilizados empregados nas atividades de STA dessas CF, com o volume de inspeções e vistorias navais realizadas e com a extensão das suas áreas de jurisdição, ao longo do tempo. Interessante destacar, que essas OM possuem portes distintos em relação às suas estruturas de *inputs* e *outputs*. A CF-13 possui a oitava maior área de jurisdição, e a maior média de IN/VST realizada no período, ao passo que apurou uma das maiores médias de custos na macroatividade MA 04.00, bem como conta com um dos maiores valores de AIL no triênio. Em contrapartida, a CF-8 obteve a máxima eficiência no triênio, com um dos menores custos médios e AIL, assim como foi a segunda OM com menor média de IN/VST no período e a sexta unidade com maior AJ, da amostra. Essas distinções são relevantes, em especial para a avaliação dos *benchmarks* para as CF que não alcançaram a eficiência.

As demais CF obtiveram eficiências moderadas, com escores variando entre 0,5096 (CF-6) e 0,8892 (CF-1).

Tomando-se por base o ano de 2023, isto é, o mais recente empregado nesta pesquisa, a Tabela 8 apresenta as folgas e os valores ideais dos insumos, gerados pelo modelo DEA-SBM

CRS, para que as CF, tidas como ineficientes, alcancem a fronteira de eficiência, mantendo suas respectivas áreas de jurisdição e a média de inspeções e vistorias navais realizadas.

Tabela 8 - Folgas e valores ideais das CF em 2023 DEA-SBM CRS

DMU	Escore	Folgas			Ideal		
		MA 04.00	MA 59.00	AIL	MA 04.00	MA 59.00	AIL
CF-1	0,6677	96.320,34	1.293.852,47	-	33.179,18	947.771,02	2.139.079,33
CF-2	0,6120	33.153,47	13.220,32	232.530,24	39.914,00	13.990,28	803.474,11
CF-3	0,3699	420.427,21	2.033.493,31	520.908,35	131.793,75	49.279,11	2.889.857,68
CF-4	0,1020	415.389,71	1.498.341,79	1.846.654,80	12.524,08	10.003,18	683.183,00
CF-5	1,0000	-	-	-	536.578,06	15.106,70	3.260.138,16
CF-6	0,6982	115.001,18	1.830,61	1.052.657,26	132.695,67	19.495,88	1.910.425,00
CF-7	0,4040	32.509,80	169.461,75	2.204.865,67	109.941,31	30.061,22	898.608,05
CF-8	1,0000	-	-	-	104.386,24	28.588,85	1.183.732,67
CF-9	0,0947	457.510,75	1.542.425,99	4.421.229,35	47.388,09	16.773,73	966.499,48
CF-10	0,1464	789.771,07	373.445,42	1.668.954,85	33.637,60	15.164,25	936.225,10
CF-11	0,1113	3.005.376,81	2.390.464,19	12.427.047,67	192.375,67	69.674,41	4.044.926,17
CF-12	0,1146	901.577,66	2.275.921,36	8.961.575,57	155.754,94	45.683,31	1.925.621,25
CF-13	1,0000	-	-	-	743.028,49	905.606,42	3.763.649,20
Total		6.267.038,00	11.592.457,22	33.336.423,76	2.373.197,08	2.167.198,35	25.405.419,20

Fonte: O autor, 2024.

Os resultados apresentados na Tabela 8 demonstram que, com exceção da CF-1, todas as Capitanias Fluviais que não alcançaram a eficiência em 2023 apresentam folgas nos três insumos. Nas três variáveis percebe-se que o modelo aponta reduções severas para que as CF alcancem a fronteira de eficiência. No *input* AIL, a redução total de R$ 33.336.423,76 corresponde a aproximadamente 57% dos valores totais de ativos voltados às atividades de STA registrados pelas CF em 2023. Os casos mais significativos podem ser notados nas CF-7, CF-9, CF-11 e CF-12, cujos resultados sugerem reduções superiores a 70%. Na macroatividade MA 04.00, as reduções são ainda maiores, visto que a folga total de R$ 6.267.038,00 equivale a aproximadamente 73% dos custos efetivamente apurados em 2023 por todas as CF. Individualmente, para as CF-4, CF-9, CF-10, CF-11, os resultados indicam reduções superiores a 90 % dos custos desta macroatividade. A maior redução de custos, em termos relativos pode ser vista na macroatividade 59.00, cujo montante total de R$ 11.592.457,22 significa mais de 84% dos custos apurados com manutenção e funcionamento das infraestruturas das CF ao longo de 2023. Assim como na MA 04.00, as CF-4, CF-9, CF-10, CF-11, além da CF-3, possuem folgas correspondentes a mais 90% de seus custos apurados no ano.

Esses resultados confirmam o que menciona Tone (2016), quando aponta que os modelos DEA-SBM podem projetar uma DMU em um ponto extremamente distante da fronteira de eficiência. Dessa forma, para alcançar a eficiência, essas CF precisariam reduzir os seus *inputs*, indicados na coluna folgas apresentada na Tabela 8, em proporções que podem ser inexequíveis à continuidade de suas rotinas de operações.

Destarte, empregou-se o algoritmo *kaizen* ao modelo DEA-SBM, isto é, o modelo DEA-SBM Max, proposto por Tone (2016), visando projetar as CF ineficientes em pontos mais próximos da fronteira eficiente, minimizando os ajustes nas quantidades de insumos. Os resultados dessa aplicação são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativas de eficiência das CF DEA-SBM CRS Max

DMU	**Ano**			**Média CF**
	2021	**2022**	**2023**	
CF-1	1,0000	1,0000	0,8670	0,9557
CF-2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-3	0,8147	0,8271	0,7430	0,7949
CF-4	0,7237	0,7209	0,7763	0,7403
CF-5	1,0000	0,8914	1,0000	0,9638
CF-6	1,0000	0,9312	0,9200	0,9504
CF-7	1,0000	1,0000	0,9334	0,9778
CF-8	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-9	1,0000	0,6658	0,6272	0,7643
CF-10	0,8715	1,0000	0,9574	0,9430
CF-11	0,7856	0,8607	0,8021	0,8161
CF-12	0,7918	0,5726	0,5868	0,6502
CF-13	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Média Geral	0,9221	0,8823	0,8625	0,8890

Fonte: O autor, 2025.

Comparando-se os resultados da Tabela 9, com os escores de eficiência obtidos pelas CF no modelo inicial (Tabela 7), nota-se o expressivo aumento nos escores de todas as CF ao longo do tempo.

Nesse prisma, destaca-se a CF-2, que no modelo SBM-CRS Max obteve a máxima eficiência média no triênio, e no modelo inicial obteve índice médio de 0,8707. Assim a CF-2 junta-se às CF-8 e CF-13 como as únicas Capitanias Fluviais, que utilizaram de forma ótima seus insumos para a realização de vistorias e inspeções navais em suas respectivas áreas de jurisdição. Ainda sobre os índices de eficiência, vale mencionar as CF-1, CF-5, CF-6, CF-7,

CF-10, que obtiveram índices médios elevados, acima de 0,9. No caso da CF-10, a diferença é a mais significativa, visto que no modelo inicial ela foi considerada uma das menos eficientes, com escore médio de 0,1791, e com o algoritmo *kaizen*, uma das mais eficientes, obtendo escore médio de 0,9430. Assim como a CF-10, a CF-11 também melhora seu desempenho com o modelo SBM Max, saindo de uma média de 0,1244 no modelo inicial, para 0,8161. As CF-3, CF-4, CF-9, CF-12, permanecem como as menos eficientes do conjunto, mas com aumentos de eficiências médias substancialmente superiores aos resultados encontrados no modelo inicial, todos acima de 0,65.

Essas elevações nos escores de maneira geral acarretam em um aumento do índice médio de eficiência geral de 0,5588, para 0,8890 no triênio. Isso, porque o algoritmo *kaizen* atenua o rigor do modelo DEA-SBM tradicional, que calcula a eficiência de uma DMU com base na distância em relação às suas DMUs de referência específicas (*peer set*), conforme descrito por Tone (2016). Em contraste, o modelo modificado com o algoritmo *kaizen* calcula a eficiência de uma DMU ineficiente com base no ponto mais próximo da fronteira de eficiência.

Nesse prisma, mesmo que de maneira abrangente, o modelo DEA-SBM CRS Max tenha gerado melhores escores de eficiência para as CF durante o período, ainda é possível observar espaços para melhorias, de modo que cada unidade possa atingir o nível máximo da relação entre insumos e produtos e contribuir para alcance da eficiência global do conjunto analisado. Nessa seara, faz-se mister conhecer quais variáveis relacionadas aos insumos estão acarretando maior impacto nos índices de eficiência das OM. Novamente baseando-se no ano de 2023, são apresentadas, na Tabela 10, as folgas e os valores ideais dos insumos, para que as CF consideradas ineficientes alcancem a fronteira, mantendo o nível de seus *outputs*.

Tabela 10 - Folgas e valores ideais das CF em 2023 DEA-SBM CRS Max (continua)

DMU	Escore	Folgas			Ideal		
		MA.04.00	MA 59.00	AIL	MA.04.00	MA 59.00	AIL
CF-1	0,8670	-	894.227,16	-	229.499,52	1.347.396,33	2.139.079,33
CF-2	1,0000	-	-	-	73.067,47	27.210,60	1.036.004,35
CF-3	0,7430	-	1.605.968,53	-	552.220,96	476.803,89	3.410.766,03
CF-4	0,7763	-	1.012.070,53	-	427.913,79	496.274,44	2.529.837,80
CF-5	1,0000	-	-	-	536.578,06	15.106,70	3.260.138,16
CF-6	0,9200	-	-	711.084,32	247.696,85	21.326,49	2.251.997,94
CF-7	0,9334	-	-	620.006,43	142.451,11	199.522,97	2.483.467,29
CF-8	1,0000	-	-	-	104.386,24	28.588,85	1.183.732,67
CF-9	0,6272	-	949.869,79	2.743.218,68	504.898,84	609.329,93	2.644.510,15

Tabela 10 - Folgas e valores ideais das CF em 2023 DEA-SBM CRS Max (conclusão)

DMU	Escore	Folgas			Ideal		
		MA.04.00	MA 59.00	AIL	MA.04.00	MA 59.00	AIL
CF-10	0,9574	105.256,35	-	-	718.152,32	388.609,67	2.605.179,95
CF-11	0,8021	834.814,10	-	5.481.361,56	2.362.938,38	2.460.138,60	10.990.612,28
CF-12	0,5862	-	1.480.142,96	6.573.695,89	1.057.332,60	841.461,71	4.313.500,93
CF-13	1,0000	-	-	-	743.028,49	905.606,42	3.763.649,20
Total		940.070,45	5.942.278,97	16.129.366,89	7.700.164,63	7.817.376,60	42.612.476,07

Fonte: O autor, 2025

A CF-1, que foi eficiente nos dois primeiros anos do período, não foi considerada eficiente em 2023 por ter um excesso nos insumos, mas somente na macroatividade MA 59.00. As CF-3 e CF-4 não foram eficientes em nenhum dos anos dos analisados, sendo o fator que gerou a ineficiência dessas unidades em 2023, a apuração de custos acima do necessário também nesta macroatividade. A CF-10, que foi eficiente em 2022, apresentou ineficiência em 2023 pelo excesso de custos apurados na macroatividade MA 04.00. Em relação às CF-6 e CF-7, a ineficiência está relacionada ao excesso da variável AIL. Já nas demais CF, a ineficiência é gerada pelas folgas em duas variáveis *inputs*, sendo a CF-11 nos custos da macroatividade MA 04.00 e AIL, e as CF-9 e CF-12, nos custos associados à macroativiade 59.00 e ao AIL.

De forma geral, ao contrário do modelo inicial, que indicou maiores folgas nas macroatividades MA 04.00 e MA 59.00, observa-se que, no modelo SBM Max, os *inputs* com as maiores folgas absolutas e relativas estão associados aos custos da macroatividade MA 59.00, bem como ao valor líquido dos ativos imobilizados destinados às atividades de STA. Entretanto, essas folgas são significativamente menores do que aponta o modelo DEA-SBM tradicional, correspondendo a 43,19% e 27,46% dos valores totais registrados na macroatividade MA 59.00 e nos AIL, respectivamente, ao final do exercício de 2023. Já a necessidade de redução dos custos na macroatividade MA 04.00 representa 10,88% dos custos totais apurados por todas as CF nessa macroatividade em 2023, sendo 89% dessas folgas relacionadas à CF-11.

Nessa linha, diferente do modelo inicial, percebe-se que o algoritmo *kaizen* propicia melhores ajustes no modelo, de forma que as reduções necessárias nos *inputs* das CF sejam mais condizentes com a realidade de operações das unidades.

Nesse aspecto, na macroatividade MA 04.00, a maior folga encontrada em termos proporcionais é observada na CF-11, cujo modelo sugere uma redução em torno de 26% dos custos totais apurados nesta variável em 2023. Contudo, releva destacar que, não obstante o modelo DEA-SBM Max apontar menores reduções dos insumos de maneira geral, é possível

observar que as folgas na macroatividade MA 59.00 ainda são consideravelmente elevadas no caso da CF-3, visto que a necessidade de diminuição, corresponde a aproximadamente 77% dos custos de funcionamento e manutenção de sua infraestrutura efetivamente apurados no ano. Nos AIL, o maior excesso proporcional é observado na CF-12, cujas folgas geradas pelo modelo sugerem uma diminuição de pouco mais de 60%.

Deste modo, ainda que se tenha observado as folgas nos insumos específicos que levaram às CF a não obterem a eficiência, os resultados da Tabela 9 sugerem que os custos de manutenção e funcionamento das infraestruturas das CF (MA 59.00), bem como os investimentos, materializados pelos valores líquidos dos ativos imobilizados (AIL), são os *inputs* que mais impactaram nas ineficiências das CF em 2023, visto que são indicados para metade das CF consideradas ineficientes. Para verificar a abrangência do impacto desses insumos nos índices de eficiência ao longo do período, a exemplo de Fulton, Lasdon e McDaniel (2007), procedeu-se ao teste de correlação de Pearson entre os *inputs* e os índices de eficiência alcançados pelas CF no período de 2021 a 2023, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Correlações entre índices de eficiência e *inputs* das CF

	Eficiência	**MA 04.00**	**MA 59.00**	**AIL**
Eficiência	-	-0,303	- 0,676*	- 0,482*

Nota: * $p < 0,05$
Fonte: O autor, 2025.

Os resultados do teste de correlação demonstram, que das três variáveis de insumos, a macroatividade MA 59.00 e o AIL apresentaram correlações negativas, (- 0,676) e (- 0,482), respectivamente, e estatisticamente significativas ($p < 0,05$), com os índices de eficiência obtidos pelas CF ao longo do tempo. Esses resultados sugerem que maiores custos com a manutenção e funcionamento da infraestrutura e maiores valores de ativos voltados às atividades de STA, não contribuem para que as CF sejam mais eficientes. Pelo contrário, os maiores custos e investimentos tenderam a gerar resultados decrescentes no grau de eficiência das CF ao longo do triênio, corroborando as folgas encontradas para o ano de 2023, demonstradas na Tabela 9. Quanto à macroatividade MA 04.00, os resultados indicam, que apesar de haver uma correlação negativa com os escores de eficiência das CF, os custos apurados nessa macroatividade não parecem impactar os índices de eficiência da maioria das CF, ao longo do tempo.

3.4.1.2 Análise da Eficiência das Capitanias Fluviais sob o modelo DSBM

As variáveis empregadas neste estudo como *inputs* possuem características contábeis distintas, que são relevantes quanto à adequação do modelo DEA-SBM dinâmico (DSBM).

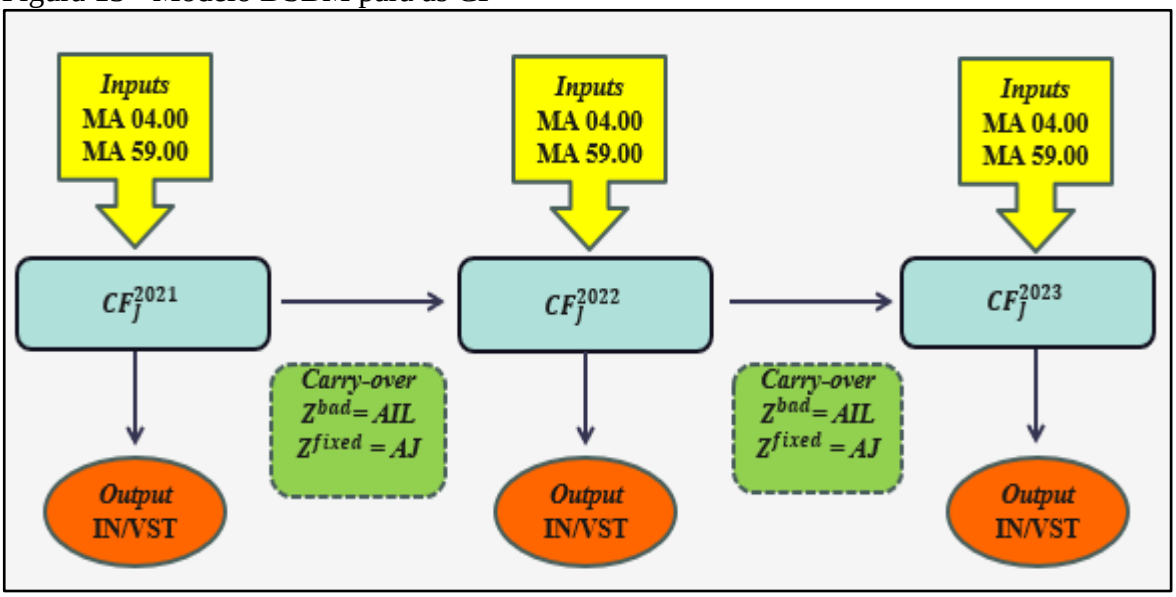
Os custos tem seus valores apurados no final de determinado período. No caso desta pesquisa, foram considerados os valores anuais registrados ao final de cada ano, do período de 2021 a 2023. Nessa linha, a cada ano inicia-se uma nova apuração dos custos das atividades do SSTA, sem transferências de saldo contábil.

No entanto, os valores dos AIL possuem um tratamento contábil diferente dos custos. Conforme o Manual de Contabilidade Aplicado ao Setor Público – MCASP (BRASIL, 2023), o ativo imobilizado é caracterizado como um bem tangível para o fornecimento de serviços ou outros bens, e sua utilização perdurará por mais de um exercício. Os valores do AIL considerados nesta pesquisa correspondem aos saldos das contas contábeis referentes aos equipamentos empregados nas atividades de SSTA, ao final de cada exercício. Devido às características contábeis dessa variável, o saldo dessas contas contábeis é transferido do ano de 2021, para o de 2022 e deste, para o exercício de 2023, descontadas a depreciação acumulada, bem como as possíveis baixas e transferências. Apesar da tendência de redução do saldo dessas contas contábeis ao longo do tempo, o saldo final pode aumentar no decorrer do período, desde que haja investimentos como aquisição de novos equipamentos, ou mesmo incorporação de equipamentos recebidos.

Destarte, considerando as características contábeis de transferências de saldo do AIL entre períodos, essa variável pode ser utilizada como *carry-over*, como mencionado por Tone e Tsuitsui (2014). Tendo em vista, que os resultados do DEA-SBM apontaram que as folgas no *input* AIL estão correlacionadas com as ineficiências das CF, e que Costa Ramos e Souza (2014) sugerem que excessos comparativos nos *links* de entrada são considerados ineficiências, essa variável será introduzida como um *carry-over* negativo.

Dentre os *outputs*, a variável AJ não está sob pleno controle dos gestores, no que se refere à alteração, e as áreas das CF permaneceram inalteradas no período analisado. Em razão disso, essa variável é considerada um *carry-over* fixo. Portanto, no modelo DSBM para análise das CF, os *inputs* são os custos anuais das macroatividades MA 04.00 e MA 59.00, o *output* é a quantidade anual de IN/VST, e os *carry-overs* são as variáveis AIL e AJ. Na Figura 13 é ilustrado o modelo de mensuração de eficiência das CF, sob o DSBM.

Figura 13 - Modelo DSBM para as CF



Fonte: O autor, 2025

Assim, na Tabela 12 são apresentados os escores de eficiência anuais, bem como os índices médios das treze CF, obtidos por meio do modelo DSBM, sob a pressuposição CRS, orientada aos *inputs*.

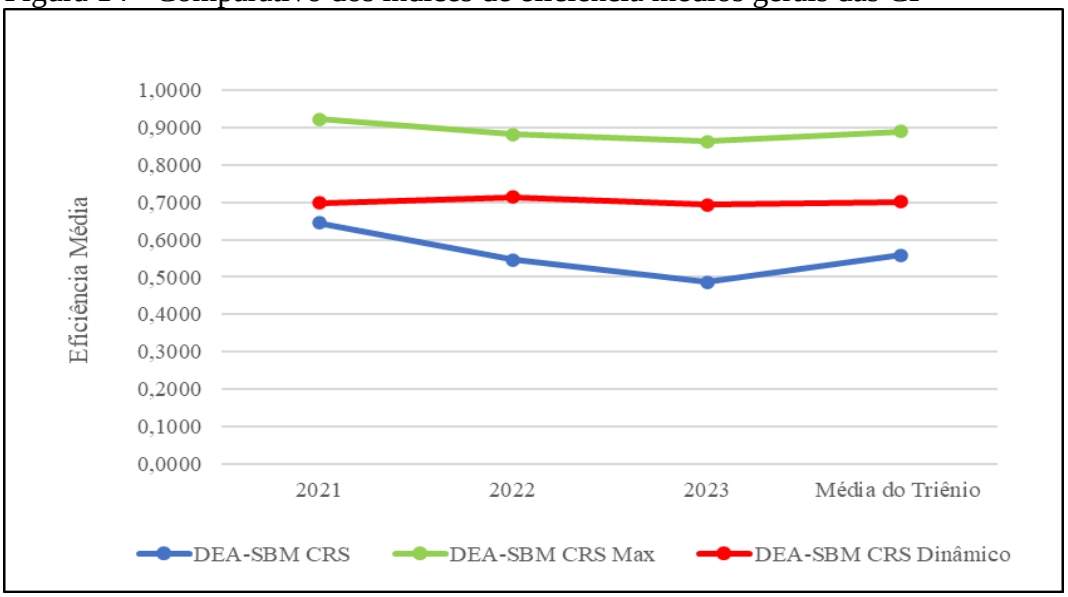
Tabela 12 - Estimativas de eficiência das CF - DSBM

DMU	**Ano**			**Média CF**
	2021	**2022**	**2023**	
CF-1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-3	0,4472	0,5702	0,6204	0,5459
CF-4	0,1418	0,1842	0,1390	0,1550
CF-5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-6	0,7754	0,9205	1,0000	0,8986
CF-7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-8	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CF-9	1,0000	1,0000	0,7061	0,9020
CF-10	0,2209	0,2266	0,1964	0,2146
CF-11	0,1473	0,1466	0,1615	0,1518
CF-12	0,3410	0,2333	0,1950	0,2564
CF-13	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Média Geral	0,6980	0,7140	0,6937	0,7019

Fonte: O autor, 2025.

Os resultados da Tabela 12 demonstram que a eficiência média das 13 CF apresenta baixa variação ao longo do período analisado, sendo 2022, o ano com a maior média de eficiência geral, pouco superior aos anos de 2021 e 2023, em que as médias foram praticamente iguais. Essa tendência de estabilidade nas médias gerais pode ser observada na Figura 14, na qual são comparadas as médias anuais das eficiências obtidas pelo modelo dinâmico e pelos modelos estáticos.

Figura 14 - Comparativo dos índices de eficiência médios gerais das CF

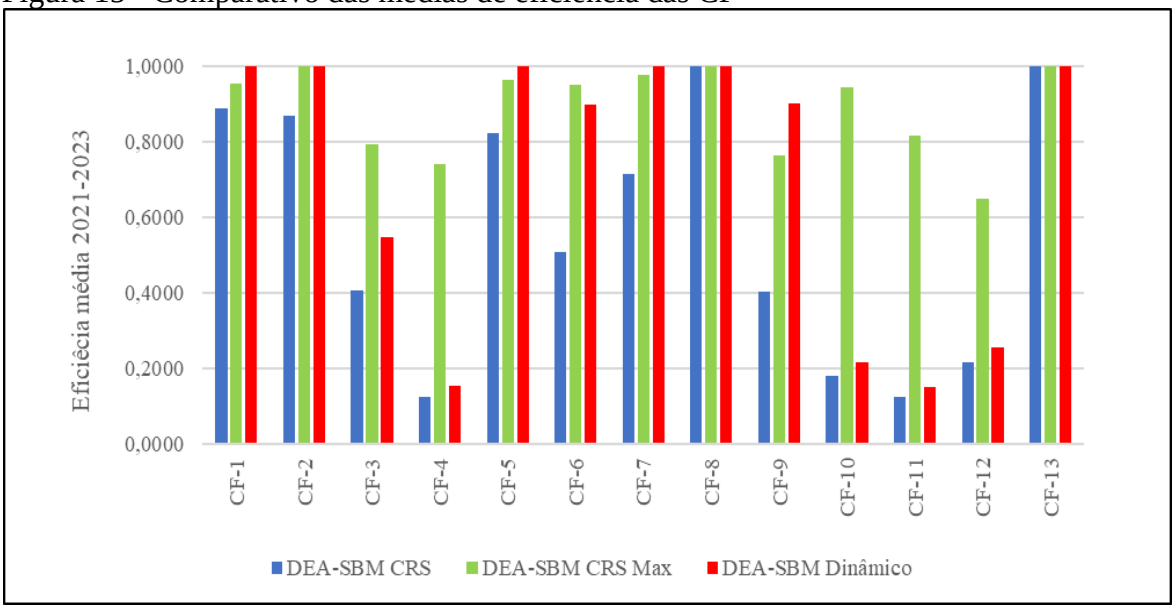


Fonte: O autor, 2025.

Comparando-se as médias gerais, obtidas por meio do modelo DSBM, com aquelas geradas com o emprego dos modelos iniciais, evidencia-se que os índices do modelo dinâmico, além de mais estáveis, são superiores aos do modelo DEA-SBM CRS. Em 2021, a média geral resultante do modelo dinâmico é levemente superior à do modelo inicial. Nos anos seguintes, com a tendência de estabilidade nos índices médios do modelo dinâmico, as diferenças são mais acentuadas, devido às consideráveis reduções de eficiência observadas no primeiro modelo, ao longo do período. Em relação ao modelo DEA-SBM CRS Max, o modelo dinâmico apresenta escores médios inferiores nos três anos, comportamento similar ao observado na comparação entre os escores médios resultantes do modelo DEA SBM CRS, e os da versão com o algoritmo *kaizen*. No entanto, as distâncias no modelo dinâmico são notavelmente menores. Como resultado, a diferença da média do triênio entre o modelo dinâmico e o modelo DEA-SBM Max é de 0,1871, enquanto a diferença entre o modelo DEA-SBM Max e o DEA-SBM CRS atinge 0,3302.

Analisando-se a posição de cada CF nas fronteiras de eficiência nos três modelos DEA-SBM empregados nesta pesquisa, nota-se que a mudança das variáveis AIL e AJ para *carry-overs*, em uma abordagem dinâmica, resulta em maior quantidade de CF eficientes nos três anos analisados, ou seja, em mais unidades com média de eficiência 1,000, no período, conforme pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 - Comparativo das médias de eficiência das CF



Fonte: O autor, 2025.

No modelo DEA-SBM CRS, apenas as CF-8 e CF-13 foram totalmente eficientes no triênio. Com a introdução do algoritmo *kaizen* ao modelo inicial, a CF-2 também foi considerada eficiente em todo o período. No modelo dinâmico, além dessas unidades, as CF-1, CF-5 e CF-7 também são consideradas eficientes nos três anos analisados. Embora tenham sido classificadas como ineficientes nos modelos estáticos, suas pontuações médias no DEA-SBM Max, superiores a 0,95, já indicavam que elas estavam próximas à fronteira de eficiência ao longo do triênio. Além dessas unidades, que tem maiores índices de eficiência, quando a variável AIL é inserida no modelo como variável de ligação temporal (*carry-over*), é interessante observar os resultados da CF-9. Esta unidade apresenta resultados significativamente melhores no modelo dinâmico, com um aumento considerável em relação ao modelo DEA-SBM CRS Max, passando de uma média de 0,7463 para 0,9020, bem próxima à fronteira de eficiência. Nesses casos, os resultados sugerem que a variável AIL, empregada como *input* em um modelo DEA estático, tende a gerar subestimação dos escores de eficiência dessas unidades ao longo do tempo, corroborando o mencionado por Costa, Ramos e Souza (2014).

Para as demais CF, os melhores resultados continuam sendo obtidos com o modelo DEA-SBM CRS Max. A CF-6, apesar de não ter sido eficiente, quando considerada a média do triênio, na abordagem dinâmica apresenta índices mais próximos aos obtidos pelo DEA-SBM Max, ambos próximos a fronteira de eficiência, com 0,8986 e 0,9504, respectivamente, consideradas as médias do triênio. No caso das CF-3, CF-4, CF-10, CF-11 e CF-12, os índices observados no modelo dinâmico são semelhantes aos do modelo inicial (DEA-SBM CRS), ficando significativamente abaixo dos resultados gerados pelo DEA-SBM Max.

A despeito do modelo dinâmico ter projetado maior quantidade de CF na fronteira de eficiência ao longo do período investigado, no ano de 2023, as unidades tidas como ineficientes apresentaram folgas nas duas variáveis de insumos (MA 04.00 e MA 59.00), assim como no *carry-over* AIL. Em termos relativos, as folgas totais da macroatividade MA 04.00 equivalem a 59,51% do custo total apurado pelas 13 unidades, nesta variável. Na macroatividade 59.00, as folgas totais do conjunto correspondem a 61,89%, do custo efetivo total, com manutenção das infraestruturas das unidades no ano. Já no *carry-over* AIL, o modelo destaca que há excessos totais de 39,17%. Em termos individuais, há unidades que apresentam folgas excessivamente elevadas, conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13 - Folgas relativas das CF - DSBM

DMU	**Eficiência - DSBM**	**Folgas Relativas (%)**		
		Inputs		***Carry-over***
		MA.04.00	**MA 59.00**	**AIL**
CF-1	1,0000	-	-	-
CF-2	1,0000	-	-	-
CF-3	0,6204	45,51	65,42	2,95
CF-4	0,1390	86,41	98,26	73,64
CF-5	1,0000	-	-	-
CF-6	1,0000	-	-	-
CF-7	1,0000	-	-	-
CF-8	1,0000	-	-	-
CF-9	0,7061	28,32	55,33	4,52
CF-10	0,1964	89,84	92,99	58,24
CF-11	0,1615	88,38	94,63	68,55
CF-12	0,1950	76,81	91,27	73,42
CF-13	1,0000	-	-	-
	Total	59,51	61,89	39,17

Fonte: O autor, 2025.

Esses resultados mostram maior similaridade com aqueles obtidos pelo modelo DEA-SBM CRS, e portanto, verifica-se que, mesmo em um modelo dinâmico, a DEA-SBM tende a projetar as DMUs ineficientes demasiadamente distantes da fronteira, como no modelo DEA-SBM proposto por Tone (2001), e isso pode impactar severamente a continuidade de suas operações.

Essas indicações de elevados excessos nos *inputs* são resultantes da indicação dos *benchmarks*, para que as unidades ineficientes alcancem a fronteira. No modelo estático inicial (DEA-SBM CRS), a projeção na fronteira das CF ineficientes se dá pelas indicações de referências específicas, e não no conjunto de todas OM eficientes, como no DEA-SBM, formulado com o algoritmo *kaizen*. Nesse sentido, a indicação dos *benchmarks* no DSBM assemelha-se ao modelo DEA-SBM CRS, porém a diferença entre eles é que o modelo inicial pode considerar como conjunto de referência (*peer set*), para uma CF ineficiente em determinado ano, uma unidade eficiente de outro ano, ou até a própria unidade, caso ela tenha sido eficiente em períodos diferentes. Já o modelo dinâmico supera essa limitação, por ser específico para cada período, ao indicar os *benchmarks* com base nos escores de eficiência de cada ano analisado. Nesse sentido, são apresentados na Tabela 14, os *peer-set* de cada CF, que não atingiu a eficiência no ano de 2023.

Tabela 14 - Conjuntos de referências das CF ineficientes em 2023

DMU	***Benchmarks***						
	CF-1	**CF-2**	**CF-5**	**CF-6**	**CF-7**	**CF-8**	**CF-13**
CF-1	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CF-2	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CF-3	0,253	2,311	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
CF-4	0,005	0,045	0,000	0,000	0,000	0,515	0,000
CF-5	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CF-6	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
CF-7	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
CF-8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
CF-9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,866	0,000	0,226
CF-10	0,000	0,664	0,000	0,010	0,000	0,313	0,000
CF-11	0,000	4,606	0,000	0,061	0,000	0,191	0,000
CF-12	0,000	1,651	0,000	0,000	0,232	0,000	0,123
CF-13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Fonte: O autor, 2025.

As linhas da Tabela 14 apresentam os *peer sets* das CF consideradas ineficientes 2023, enquanto as colunas mostram as OM que atingiram a eficiência no considerado ano. Os resultados correspondem aos pesos λ^t, nas combinações lineares das restrições do modelo DSBM. Nas linhas, uma unidade eficiente está na fronteira e, neste caso, o λ^t é igual a 1,000, e 0,000 nas demais CF. Dessa forma, a projeção das CF ineficientes na fronteira, é indicada pela combinação linear das CF, que formam o conjunto de referência da unidade em análise.

Especificamente, o conjunto de referência de cada CF é formado por unidades eficientes específicas, cujos valores de λ^t são maiores que zero. Por exemplo, o conjunto de referência da CF-10 é formado pelas CF-2, CF-6 e pela CF-8. Cabe destacar a CF-2, que em 2023, é considerada *benchmark* para cinco, das seis OM tidas como ineficientes no ano. Esta OM obteve a eficiência máxima no período no modelo DEA-SBM CRS Max e no DSBM, além de ter obtido um elevado índice médio no modelo DEA-SBM CRS (0,8707). Além da CF-2, vale mencionar as CF-8 e CF-13, que são *benchmarks* para três e duas unidades ineficientes, respectivamente, e tiveram média de eficiência máxima nas três modelagens. Por outro lado, a CF-5, que só obteve a média de eficiência máxima no modelo DSBM, não é indicada pelo modelo como *benchmark* para nenhuma das unidades ineficientes.

Ademais, em que pese as indicações dos *peer sets* específicos, como a análise das CF baseou-se na similaridade dos seus contextos de operações, as OM ineficientes podem se basear nos modelos de gestão e de operações das outras OM eficientes, em especial daquelas que mantém os índices sólidos de eficiência máxima nos três anos analisados, nas três modelagens.

3.4.2 DEA-SBM - Capitanias dos Portos

Assim como no conjunto das CF, com o propósito de verificar o nível de eficiências de escala, também foram obtidos os escores de eficiência das CP com o modelo DEA-SBM, orientado aos *inputs*, sob a pressuposição CRS e VRS, cujos resultados são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Estimativas de eficiência das CP DEA-SBM CRS x DEA-SBMVRS

DMU	CRS				VRS				Eficiência de Escala (A) / (B)
	2021	2022	2023	Média CP (A)	2021	2022	2023	Média CP (B)	
CP-1	1,0000	0,3822	0,3392	0,5738	1,0000	0,4653	0,4142	0,6265	0,9159
CP-2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-3	0,6098	0,4665	0,5530	0,5431	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5431
CP-4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-5	0,2828	0,5833	0,5839	0,4833	1,0000	1,0000	0,9198	0,9733	0,4966
CP-6	0,4791	0,5833	0,5344	0,5323	0,5645	0,5992	0,5534	0,5724	0,9299
CP-7	1,0000	0,7454	0,8227	0,8561	1,0000	0,7956	0,8620	0,8859	0,9663
CP-8	0,2066	0,3092	0,2814	0,2657	0,4574	0,4868	0,4560	0,4667	0,5693
CP-9	0,4592	0,6096	0,2769	0,4486	1,0000	1,0000	0,6291	0,8764	0,5119
CP-10	0,3303	0,2991	0,2826	0,3040	0,4250	0,3762	0,3576	0,3863	0,7871
CP-11	0,2269	0,2303	0,2602	0,2391	0,2989	0,2982	0,3626	0,3199	0,7475
CP-12	1,0000	0,6167	0,4435	0,6867	1,0000	0,6323	0,5235	0,7186	0,9556
CP-13	1,0000	0,6430	0,8115	0,8182	1,0000	0,6431	0,8121	0,8184	0,9997
CP-14	0,4571	0,4140	0,3966	0,4226	0,5352	0,4947	0,4820	0,5040	0,8385
CP-15	0,5702	0,5628	0,5881	0,5737	1,0000	0,6988	0,6889	0,7959	0,7208
CP-16	1,0000	0,9358	1,0000	0,9786	1,0000	0,9364	1,0000	0,9788	0,9998
Média Geral	0,6639	0,5863	0,5734	0,6079	0,8301	0,7142	0,6913	0,7452	0,8157

Fonte: O autor, 2025.

Os resultados da Tabela 15 demonstram que, assim como no grupo de CF, no conjunto das CP, apenas duas unidades, a CP-2 e a CP-4 são eficientes, ou seja, possuem eficiência de escala e eficiência técnica pura, pois foram eficientes nos modelos CRS e VRS. As CP-1, CP-6, CP-7, CP-12, CP-13 e CP-16, embora tenham sido consideradas ineficientes na média do período nos dois modelos apresentam eficiências de escala média acima de 0,9, o que sugere que as dimensões dos portes dessas unidades não impactam significativamente nos seus escores de eficiência, em relação ao grupo.

A CP-5 foi a OM que apresentou menor índice de eficiência de escala médio (0,4966). Isso por que no modelo CRS que compara todas as unidades, esta CP obteve escore e eficiência médio no período de 0,4833, enquanto no modelo VRS que compara as unidades com escalas

semelhantes, o escore médio no triênio foi 0,9733. Casos semelhantes podem ser observados na CP-3, CP-8 e CP-9 que possuem escores de eficiências de escala 0,5431, 0,5693 e 0,5119, respectivamente.

Ao comparar esses resultados com os do grupo de CF, observa-se que as CP apresentam menor diferença entre os escores obtidos nos modelos DEA-SBM CRS e VRS, resultando em menores ineficiências de escala neste conjunto amostral. Essa menor variação sugere que as diferenças no porte das operações impactam em menor proporção na eficiência total das CP, em comparação com as CF, destacando o menor grau de heterogeneidade entre as unidades do SSTA, que operam na faixa litorânea.

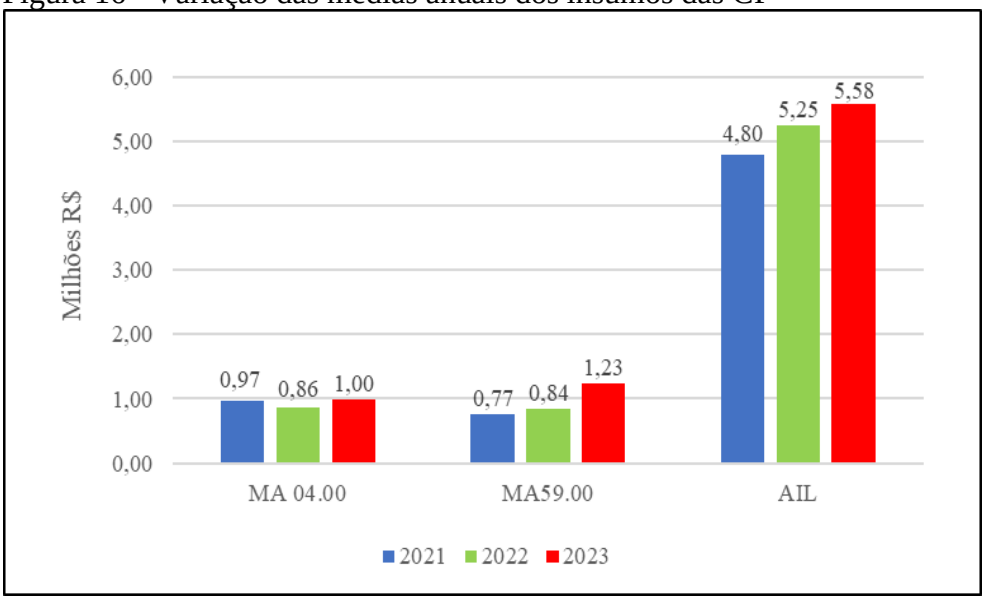
Assim, considerando que as diferenças entre as duas abordagens são moderadas, a utilização da pressuposição CRS se apresenta mais adequada e abrangente para a mensuração e análise da eficiência destas OM, assim como realizado com as CF.

3.4.2.1 Análise da Eficiência das Capitanias dos Portos sob o modelo DEA-SBM

Ao analisar os resultados obtidos pelo modelo DEA-SBM CRS (Tabela 11), observa-se que o índice médio de eficiência das CP no triênio é de 0,6079, ligeiramente superior ao das CF, que é de 0,5588, na mesma modelagem. Em 2021, sete unidades foram eficientes. No entanto, em 2022, apenas duas OM atingiram esse patamar, e, em 2023, esse número subiu para três unidades. Nesse contexto, verifica-se uma tendência de redução da média geral de eficiência de todas as unidades, acarretando em uma queda de 0,6639 em 2021 para 0,5734 em 2023.

Considerando essa tendência, são ilustradas na Figura 16 as variações das médias dos insumos das CP ao longo do período.

Figura 16 - Variação das médias anuais dos insumos das CP

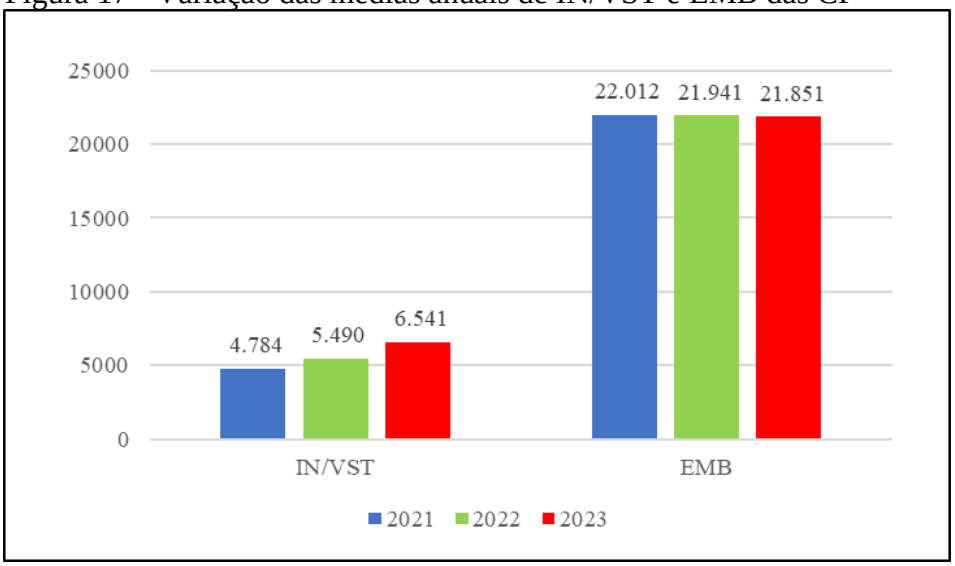


Fonte: O autor, 2024.

As variações das médias anuais dos *inputs* das CP assemelham-se, até certo ponto, ao observado no grupo das CF. Nesse sentido percebe-se que, assim como as CF, as CP realizaram investimentos em ativos votados às atividades de STA, pois observa-se um crescimento constante da variável AIL, ao longo do período. Na macroatividade MA 04.00, verifica-se maior consistência das médias anuais de custos apurados, registrando uma redução de 12% em 2022, em relação ao ano anterior, e um acréscimo de 16% em 2023, sendo este o ano com a maior média de custos incorridos nesta macroatividade. A maior variação ocorre nos custos apurados na macroatividade MA 59.00. Porém, diferente da CF, as diferenças entre os anos são mais moderadas, visto que houve um aumento de 10% em 2022, quando comparado à 2021, e em 2023, uma apuração de custos 47% superior ao ano anterior. Comparando-se a média de 2021 com a de 2023, observa-se um aumento de 61% dos custos com manutenção e funcionamento das infraestruturas das CP.

No que concerne aos *outputs*, assim como no conjunto das CF, as áreas jurisdicionais (AJ) das CP não foram modificadas ao longo do período. Assim, demonstra-se na Figura 17 a variação das quantidades médias de inspeções e vistorias navais realizadas (IN/VST) e de embarcações cadastradas (EMB) pelas CP ao longo do triênio.

Figura 17 - Variação das médias anuais de IN/VST e EMB das CP



Fonte: O autor, 2024.

Nesse contexto, nota-se que, ao contrário do observado nas CF, a variação quantitativa de IN/VST seguiu tendência de crescimento ao longo do tempo, alcançando o maior nível médio em 2023. Comparando a média das IN/VST realizadas no último ano da análise com o ano de 2021, verifica-se um aumento de 37%. Já em relação à variável EMB, é notável que não houve variações relevantes entre as médias anuais, visto que em todos os anos a média gira em torno de 22.000 embarcações cadastradas, porém com a menor média registrada em 2023.

Esses resultados, apontam que, no geral o incremento dos custos e a realização de investimentos foram acompanhados da elevação da quantidade média de vistorias e inspeções navais realizadas pelas CP. Porém, esses aumentos nas médias anuais dos *inputs* não foram acompanhados de forma similar pelo *output* EMB.

Assim, considerando que as eficiências médias anuais das CP tenderam ao decréscimo, o nível de variação positiva dos *inputs* ao longo do período parece não ter gerado um aumento proporcional nos produtos das CP, que pudesse manter ou elevar a eficiência média dessas unidades ao longo do tempo. Desta forma, mesmo aumentando-se o nível de inspeções e vistorias navais, e mantendo a média de embarcações cadastradas, bem como as áreas jurisdicionais inalteradas, os resultados sugerem, de maneira geral, que as CP empregaram recursos acima do necessário para realizar inspeções e vistorias navais e atender as embarcações cadastradas em suas respectivas circunscrições.

No que se refere ao desempenho de cada CP individualmente, a CP-2 e a CP-4 mantiveram eficiência máxima (1,0) durante todo o período analisado, indicando um desempenho consistente e eficiente da relação entre seus custos e investimentos com a

realização de inspeções e vistorias navais, e para o atendimento das embarcações cadastradas em suas respectivas áreas de jurisdição. Estas duas OM possuem estrutura de dados distintos, visto que a CP-2 está entre as unidades com maiores valores médios de *inputs*, principalmente na macroatividade MA 04.00 e AIL, sendo a segunda com maior média de IN/VST e EMB, embora com a segunda menor AJ do grupo. Ao contrário dela, a CP-4 está entre as OM que apresentam as menores médias nos *inputs*, sendo a segunda unidade com menores custos médios apropriados na macroatividade 59.00, ao passo que possui a maior média de IN/VST, a segunda maior AJ e a sexta maior média de EMB, da amostra. A CP-16 também apresentou resultados elevados, com eficiência total em 2021 e 2023 e uma leve queda em 2022, mantendo ainda assim uma média alta de 0,9786.

Algumas unidades demonstraram melhorias significativas na eficiência. A CP-5, por exemplo, aumentou sua eficiência de 0,2828 em 2021 para 0,5839 em 2023. A CP-6 também melhorou, de 0,4791 no primeiro ano, para 0,5344 no último ano do período.

Por outro lado, algumas unidades apresentaram quedas na eficiência. As CP-1 e CP-12, que começaram com eficiência máxima em 2021, caíram para 0,3392 e 0,4435, respectivamente em 2023, indicando uma redução significativa na eficiência do emprego dos recursos, ao longo dos anos. As CP-8 e CP-11 obtiveram uma leve melhoria de 2021 para 2023, mas suas médias no triênio ainda ficam abaixo de 0,3. De forma semelhante, A CP-10 apresenta baixo índice de eficiência médio com escore de 0,3040, porém com oscilações negativas no decorrer dos anos.

No geral, apesar das melhorias em algumas unidades, a queda da eficiência global das CP destaca a necessidade de algumas unidades avaliarem suas práticas de gestão de custos e investimentos para melhorar a eficiência. Nesse sentido, baseando-se no ano de 2023, são apresentadas na Tabela 16, as folgas e os níveis de insumos ideais para que as CP se projetem na fronteira de eficiência.

Tabela 16 - Folgas e valores ideais das CP em 2023 DEA-SBM CRS (continua)

DMU	**Escore**	**Folgas**			**Ideal**		
		MA 04.00	**MA 59.00**	**AIL**	**MA 04.00**	**MA 59.00**	**AIL**
CP-1	0,3392	810.317,67	1.804.885,43	2.785.048,54	449.650,52	309.275,24	2.949.816,81
CP-2	1,0000	-	-	-	1.245.636,08	916.383,08	8.111.520,72
CP-3	0,5530	439.176,93	321.497,98	749.334,06	358.874,77	262.398,18	2.370.194,48
CP-4	1,0000	-	-	-	481.072,60	132.426,91	4.958.103,53
CP-5	0,5839	201.298,13	336.940,26	875.892,57	326.587,48	230.329,97	2.330.775,01
CP-6	0,5344	38.825,10	743.425,57	3.236.714,02	356.962,73	220.003,08	2.905.600,13
CP-7	0,8227	109.971,15	22.793,01	242.092,25	250.738,20	157.176,94	2.172.729,29
CP-8	0,2814	214.449,58	575.502,28	4.814.803,65	183.048,16	74.511,83	1.772.305,99

Tabela 16 - Folgas e valores ideais das CP em 2023 DEA-SBM CRS (conclusão)

DMU	Escore	Folgas			Ideal		
		MA 04.00	MA 59.00	AIL	MA 04.00	MA 59.00	AIL
CP-9	0,2769	2.890.952,90	1.071.395,90	4.206.698,47	684.243,55	70.071,54	5.762.642,72
CP-10	0,2826	730.621,23	973.824,47	3.336.884,93	341.172,16	122.425,01	2.395.861,20
CP-11	0,2602	662.599,91	799.728,24	4.075.722,55	262.740,38	72.586,40	2.872.391,50
CP-12	0,4435	255.718,62	748.376,02	468.344,34	199.201,64	55.055,20	2.191.907,62
CP-13	0,8115	25.314,08	25.291,92	401.785,18	319.347,03	39.785,25	3.478.661,61
CP-14	0,3966	245.672,13	1.309.568,41	4.166.145,77	625.347,17	288.729,65	1.711.692,50
CP-15	0,5881	147.769,97	865.187,89	2.050.963,85	853.522,23	452.936,55	2.700.514,66
CP-16	1,0000	-	-	-	2.244.101,17	6.685.209,94	9.153.440,85
Total		6.772.687,41	9.598.417,39	31.410.430,19	9.182.245,86	10.089.304,76	57.838.158,61

Fonte: O autor, 2025.

Conforme pode ser observado, todas as unidades que não alcançaram a eficiência em 2023 possuíam excessos de custos em ambas as macroatividades e ativos imobilizados líquidos, para realizar vistorias e inspeções navais e atender as embarcações cadastradas, em suas respectivas áreas de jurisdição. No geral, os resultados sugerem uma redução de pouco mais de 42% nos custos da macroatividade MA 04.00, em torno de 49% dos custos da macroatividade MA 59.00, e aproximadamente 35% dos AIL efetivamente registados em 2023. Diferente dos resultados das CF, não há predominância substancial de uma variável como aquela que mais impacta na ineficiência do conjunto de CP.

Além disso, comparando-se os resultados gerados pelo modelo DEA-SBM CRS, nota-se que as CP, de maneira geral, possuem folgas relativamente menores nos *inputs* do que as CF. Contudo, assim como no caso das CF, este modelo aponta reduções significativas nos insumos, as quais podem inviabilizar a continuidade das atividades de algumas CP. Nesse sentido, destacam-se as CP-9, CP-11 e CP-12, que para se tornarem eficientes necessitariam reduzir seus custos na macroatividade MA 59.00 em montantes superiores a 90%. A folga apontada para a CP-9 na MA 04.00 também se mostra elevada, representando 81% de dos custos efetivamente apropriados em 2023, nesta macroatividade. Em menor dimensão, os excessos de AIL se mostram mais substanciais para as CP-8 e CP-14, cujas metas de redução ultrapassam 70%. Destarte essas projeções de folgas e valores ideais para as CP atingirem a eficiência evidenciam novamente as constatações de Tone (2016), sobre o modelo DEA-SBM.

Assim, adotando-se o mesmo critério da mensuração e análise da eficiência das CF, acrescentou-se o algoritmo *kaizen* ao modelo DEA-SBM CRS, cujos resultados são demonstrados na Tabela 17.

Tabela 17 - Estimativas de eficiência das CP DEA-SBM CRS Max

DMU	Ano			Média CP
	2021	2022	2023	
CP-1	1,0000	1,0000	0,9359	0,9786
CP-2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-3	0,7677	0,7810	0,7656	0,7714
CP-4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-5	0,9436	0,9120	1,0000	0,9519
CP-6	0,8337	0,6196	0,5967	0,6833
CP-7	1,0000	0,9697	0,9327	0,9675
CP-8	0,8774	0,8411	0,7767	0,8318
CP-9	0,9394	0,8684	0,9337	0,9138
CP-10	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-11	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-12	1,0000	0,7296	0,9569	0,8955
CP-13	1,0000	0,8896	0,9766	0,9554
CP-14	1,0000	1,0000	0,9585	0,9862
CP-15	0,7743	1,0000	1,0000	0,9248
CP-16	1,0000	0,9961	1,0000	0,9987
Média Geral	0,9460	0,9129	0,9271	0,9287

Fonte: O autor, 2025.

Os escores de eficiência obtidos pelas CP, com o modelo DEA-SBM CRS Max, apontam melhorias consideráveis para todas as unidades, quando comparados aos resultados do modelo DEA-SBM CRS (Tabela 15). Diferente do modelo inicial, com o algoritmo *kaizen*, houve oscilação negativa da eficiência global das CP do ano de 2021 para 2022, mas com uma pequena retomada no crescimento em 2023.

Entre as CP consideradas eficientes, além das CP-2 e CP-4, também obtiveram eficiência máxima no período as CP-10 e CP-11. Cabe salientar que ambas as OM estavam entre as CP que apresentaram as menores médias de eficiência relacionadas à gestão dos custos e investimentos para o desenvolvimento de atividades de STA no modelo inicial. Destacam-se ainda as CP-1, CP-5, CP-7, CP-9, CP-13, CP-14, CP-15 e CP-16, que oscilaram em desempenho, mas alcançaram eficiência média acima de 0,9. Ademais, as quatro CP restantes obtiveram eficiências médias moderadas no período, sendo a CP-6 a que alcançou a menor média, 0,6833. Esses elevados escores obtidos, por meio modelagem adicionada do algoritmo *kaizen*, gera um índice de eficiência médio das CP de 0,9287 no triênio, substancialmente superior ao modelo DEA-SBM CRS, que foi de 0,6079.

Não obstante ao alto grau de eficiência obtidos pelas CP, com a aplicação do modelo DEA-SBM CRS Max, os escores obtidos ainda revelam que há excessos em um ou mais *inputs* das CP, que não atingiram a eficiência média máxima (1,0000). Desta forma, com base no ano mais recente da análise, isto é, 2023, são apresentadas, na Tabela 18, as folgas e os valores ideais para que as CP ineficientes se projetem na fronteira de eficiência.

Tabela 18 - Folgas e valores ideais das CP em 2023 DEA-SBM Max

DMU	**Escore**	**Folgas**			**Ideal**		
		MA 04.00	**MA 59.00**	**AIL**	**MA 04.00**	**MA 59.00**	**AIL**
CP-1	0,9359	177.784,92	108.092,20	-	1.082.183,27	2.006.068,47	5.734.865,35
CP-2	1,0000	-	-	-	1.245.636,08	916.383,08	8.111.520,72
CP-3	0,7656	311.745,75	182.547,37	-	486.305,95	401.348,79	3.119.528,54
CP-4	1,0000	-	-	-	481.072,60	132.426,91	4.958.103,53
CP-5	1,0000	-	-	-	527.885,61	567.270,23	3.206.667,58
CP-6	0,5967	-	768.151,94	2.534.303,00	395.787,83	195.276,71	3.608.011,15
CP-7	0,9327	72.869,10	-	-	287.840,25	179.969,95	2.414.821,54
CP-8	0,7767	-	44.864,56	3.957.286,97	397.497,74	605.149,55	2.629.822,67
CP-9	0,9337	710.639,33	-	-	2.864.557,12	1.141.467,44	9.969.341,19
CP-10	1,0000	-	-	-	1.071.793,39	1.096.249,48	5.732.746,13
CP-11	1,0000	-	-	-	925.340,29	872.314,64	6.948.114,05
CP-12	0,9569	-	22.421,73	269.722,76	454.920,26	781.009,49	2.390.529,20
CP-13	0,9766	-	-	272.004,98	344.661,11	65.077,17	3.608.441,81
CP-14	0,9585	-	-	732.266,75	871.019,30	1.598.298,06	5.145.571,52
CP-15	1,0000	-	-	-	1.001.292,20	1.318.124,44	4.751.478,51
CP-16	1,0000	-	-	-	2.244.101,17	6.685.209,94	9.153.440,85
Total		1.273.039,09	1.126.077,79	7.765.584,46	14.681.894,18	18.561.644,36	81.483.004,34

Fonte: O autor, 2025.

Observando-se o total das folgas nas três variáveis, nota-se uma redução relevante apontada pelo modelo DEA-SBM CRS Max, quando comparada ao modelo inicial. Em termos relativos, o total de R$ 1.273.039,39 das folgas na macroatividade MA 04.00 equivale a 8% dos custos efetivamente apurados pelas CP em 2023. De maneira semelhante, o montante de folgas na macroatividade MA 59.00 corresponde a aproximadamente 6% do total registrado no ano. Quanto ao AIL, as folgas sugerem que de maneira geral, as CP possuem valores de ativos voltados às operações de STA, cerca de 9% acima do ideal.

Analisando-se cada unidade, A CP-1, assim como no modelo inicial, foi considerada eficiente nos dois anos iniciais, mas o resultado obtido em 2023 aponta uma gestão ineficiente

dos custos da macroatividade MA 04.00 e MA 59.00. Da mesma forma, a ineficiência da CP-3 em 2023, também está relacionada aos excessos de custos apurados nestas macroatividades. Já as CP-7 e CP-9 apresentam folgas somente nos custos relacionados às atividades de portos de costas (MA 04.00), enquanto as CP-13 e CP-14 demonstram excessos nos valores de seus AIL voltados às suas atribuições de STA. Além das folgas nos AIL, as CP-6, CP-8 e CP-12 têm suas ineficiências também relacionadas à macroatividade 59.00. Releva mencionar que a CP-6 manteve níveis de folgas relativamente altos na macroatividade MA 59.00, nas duas variações do modelo DEA-SBM. O modelo inicial apontou uma folga de 77% nos custos efetivamente incorridos por esta CP nesta macroatividade, enquanto com a adição do algoritmo *kaizen*, o modelo sugere uma redução de quase 80%. Neste caso, os resultados semelhantes, nas duas abordagens, sugerem uma atenção maior desta OM, no sentido de melhorar sua gestão, em especial no que concerne aos recursos relacionados à manutenção e ao funcionamento de sua infraestrutura administrativa.

Apesar de apontar menores necessidades de redução nos *inputs*, é notório que permanece o equilíbrio verificado no modelo inicial, no que se refere ao impacto dos *inputs* na eficiência das CP em 2023, tanto de maneira individual, como na eficiência global. Ao passo que as reduções globais em termos percentuais são muito semelhantes, são apontadas folgas na MA 04.00 em quatro, das nove CP consideradas ineficientes e, em cinco delas são observados excessos na variável AIL e MA 59.00.

Esse equilíbrio também está presente nos índices de eficiência obtidos pelas CP nos anos de 2021 e 2022, conforme pode ser observado no teste de correlação de Pearson apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 - Correlações entre índices de eficiência e *inputs* das CP

	Eficiência	**MA 04.00**	**MA 59.00**	**AIL**
Eficiência	-	0,193	0,139	0,129

Fonte: O autor, 2025.

Ao contrário dos resultados encontrados na análise das CF, as três variáveis representativas dos insumos das CP apresentam coeficientes positivos e com valores relativamente próximos. Apesar das correlações serem consideradas fracas, esses resultados sugerem que, em alguma medida, maiores custos em ambas as macroatividades e maiores valores de ativos voltados às atividades de STA, contribuem para que as CP obtenham melhores níveis de eficiência. Contudo, ressalta-se que não há significância estatística e, portanto, o aumento dos insumos utilizados não leva, automaticamente, a uma maior eficiência, podendo

indicar que o porte das unidades ou o volume de insumos não é um fator que impacta diretamente na produtividade. Assim, diferente das CF, no grupo das CP os resultados não apontam quaisquer dos insumos como fator de maior preponderância para a eficiência das CP de maneira geral, corroborando o equilíbrio das folgas verificadas em 2023.

Ainda assim, mesmo que não se tenha uma predominância de insumos específicos para a eficiência ou ineficiência do conjunto amostral de CP, a identificação das folgas em cada caso se mostra como um indicativo para que as OM e a MB concentrem esforços na melhoria da gestão de seus custos e investimentos.

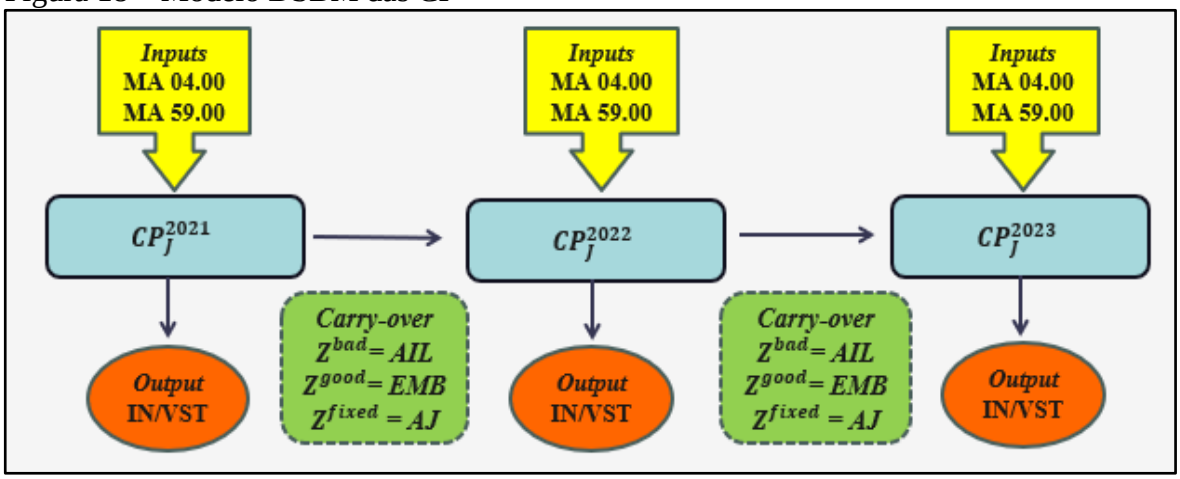
3.4.2.2 Análise da Eficiência das Capitanias dos Portos sob o modelo DSBM

Assim como na formulação do modelo dinâmico para as CF, o modelo DSBM das CP também utilizará a variável AIL como *carry-over* negativo. No mesmo sentido, a variável AJ também é empregada como uma variável *carry-over* fixa.

Já a variável EMB, cuja a quantidade de embarcações cadastradas ao final de um período passa a ser a quantidade inicial do período seguinte, será incluída neste modelo como um *carry-over* positivo. Isso, porque a quantidade de embarcações cadastradas é considerada um *output* no modelo DEA-SBM CRS e, nesse sentido, Costa, Ramos e Souza (2014) sugerem que tais variáveis sejam tratadas como produtos, e a escassez comparativa nesses *links* seja considerada fator de ineficiência.

Deste modo, na formulação do DSBM para análise das CP, os *inputs* são os custos anuais apropriados nas macroatividades MA 04.00 e MA 59.00. O *output* é a quantidade anual de IN/VST realizadas pelas unidades. Já os *carry-overs* são as variáveis AIL, AJ e EMB. Na Figura 18 é ilustrado o modelo DSBM para mensuração da eficiência das CP.

Figura 18 – Modelo DSBM das CP



Fonte: O autor, 2025.

Destarte, empregando-se o modelo DEA-SBM dinâmico, sob a pressuposição CRS e orientado aos *inputs*, são obtidas as estimativas de anuais e as médias de eficiência do triênio das dezesseis CP, conforme apresentado na Tabela 20.

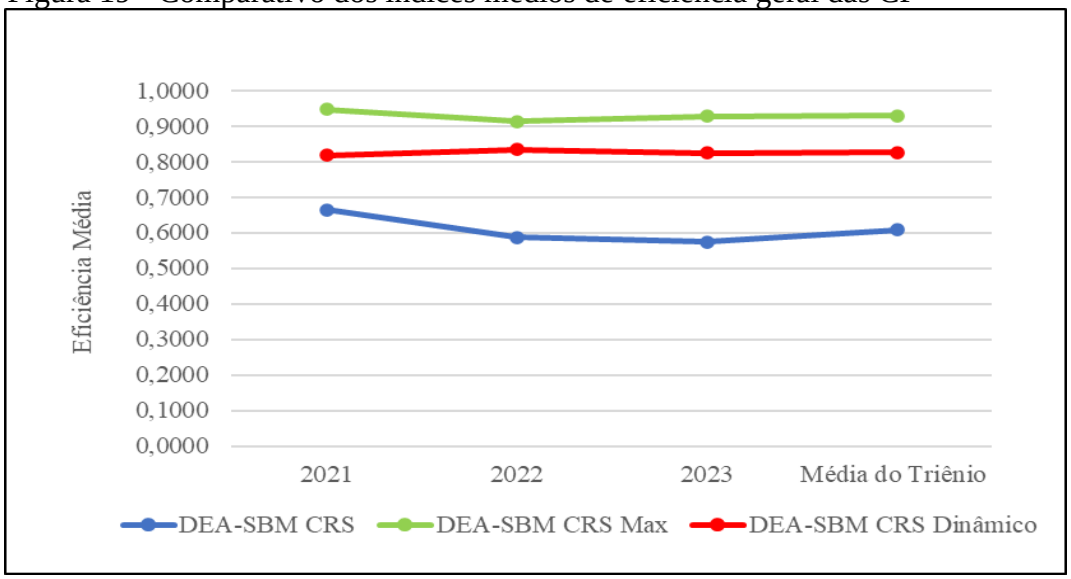
Tabela 20 - Estimativas de eficiência das CP - DSBM

DMU	**Ano**			**Média CP**
	2021	**2022**	**2023**	
CP-1	1,0000	0,7922	0,6767	0,8230
CP-2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-6	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-8	0,3979	0,6338	0,4775	0,5031
CP-9	0,7385	1,0000	1,0000	0,9128
CP-10	0,4220	0,3810	0,3201	0,3743
CP-11	0,3428	0,4043	0,4099	0,3857
CP-12	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-13	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
CP-14	0,5546	0,4868	0,4510	0,4975
CP15	0,6286	0,6369	0,8478	0,7045
CP-16	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Média Geral	0,8178	0,8334	0,8239	0,8251

Fonte: O autor, 2025.

Os resultados apresentados evidenciam a pequena variação das médias de eficiências anuais das 16 CP. Assim como na amostra de CF, o ano com maior média geral foi o ano de 2022, pouco superior aos anos de 2021 e 2023. No que se refere à comparação entre as médias gerais, obtidas pelo modelo dinâmico, e aquelas obtidas pelos modelos estáticos, é possível perceber as diferenças, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Comparativo dos índices médios de eficiência geral das CP



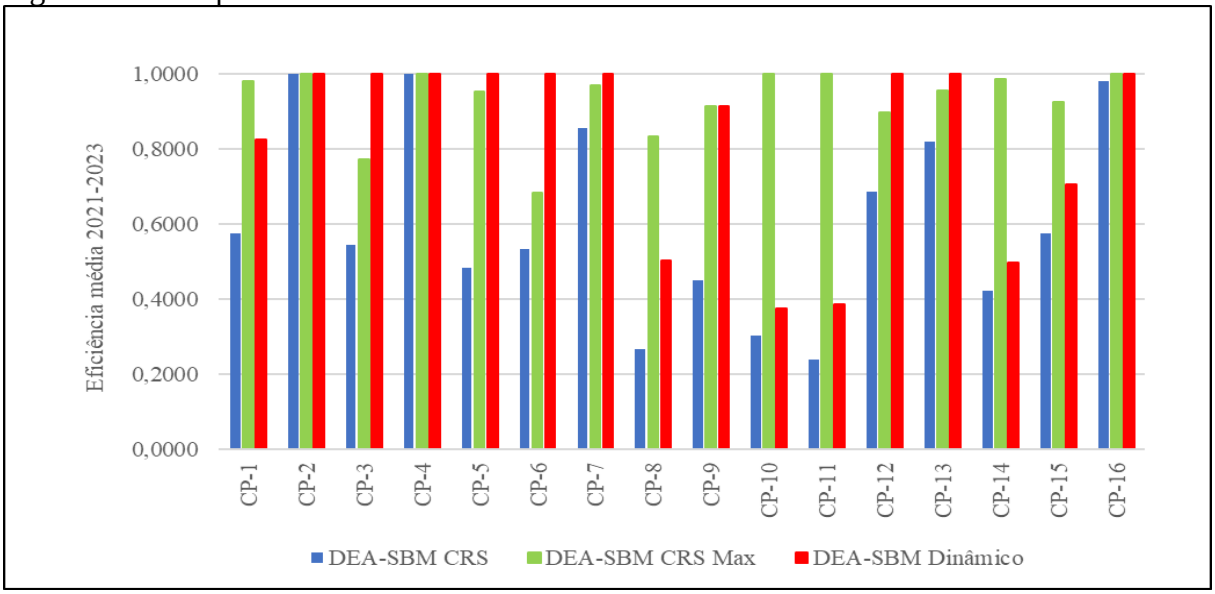
Fonte: O autor, 2025.

A Figura 19 evidencia as variações mais estáveis dos escores médios de eficiências gerais dos modelos DSBM e DEA-SBM CRS Max. No entanto, nota-se, que no modelo estático, adicionado do algoritmo *kaizen*, o ano de 2022 foi aquele que apresentou a menor média do período, enquanto no modelo dinâmico, este foi o exercício financeiro com os melhores resultados gerais. Outra diferença pode ser verificada no ano de 2021, cujos resultados obtidos, com a aplicação das duas variações do modelo DEA-SBM CRS, foram os melhores da série temporal. Em contrapartida, este foi o ano com a menor média no modelo dinâmico.

No geral, assim como na amostra das CF, as médias gerais anuais obtidas pela amostra das CP foram inferiores àquelas encontradas com o emprego da modelagem DEA-SBM CRS Max, porém superiores aos verificados com o DEA-SBM CRS. Entretanto, o gráfico evidencia a maior proximidade entre os resultados gerados pelo DSBM e os encontrados com o DEA-SBM CRS Max. A diferença entre as médias obtidas no triênio, com estes dois modelos, é de 0,1036, enquanto a distância entre as médias obtidas, por meio do DEA-SBM CRS e sua variação adicionada do algoritmo *kaizen*, é da ordem de 0,3208.

Na análise da posição de cada CP nas fronteiras de eficiência das três modelagens, percebe-se que a mudança de tratamento das variáveis AIL, AJ e EMB empregadas no DSBM, acarreta nove unidades eficientes nos três anos analisados, como pode ser observado na Figura 20.

Figura 20 - Comparativo das médias de eficiência das CP



Fonte: O autor, 2025.

No modelo estático DEA-SBM CRS, apenas as CP-2 e CP-4 são consideradas totalmente eficientes no triênio. Com o acréscimo do algoritmo *kaizen*, as CP-10 e CP-11 também atingem escores máximos em todos os anos, totalizando quatro unidades. Contudo, no modelo dinâmico, as CP-10 e CP-11 não repetem os resultados obtidos com o modelo DEA-SBM Max, obtendo resultados similares àqueles obtidos como o modelo inicial. Resultados semelhantes podem ser notados, em relação à CP-14, que obteve média de 0,9862 no modelo inicial adicionado do algoritmo *kaizen*, ao passo que no DSBM, o escore médio foi de 0,4975, similar ao modelo DEA-SBM CRS. Em contrapartida, As CP-5, CP-7, CP-12, CP-13 e CP-16, que possuem escores médios elevados no modelo DEA-SBM Max, no DSBM alcançam a fronteira de eficiência nos três anos analisados. Além delas, as CP-3 e CP-6 também são projetadas na fronteira no modelo DSBM, com médias expressivamente superiores, quando comparadas às médias, obtidas nas duas variações do modelo inicial. Deste modo, de maneira semelhante ao observado no conjunto de CF, os resultados sugerem, que a utilização da variável AIL como *input*, bem como das variáveis EMB e AJ como *outputs*, no modelo DEA-SBM CRS, mesmo como a adição do algoritmo *kaizen*, tendem a subestimar os índices de eficiência dessas CP, conforme destacam Costa, Ramos e Souza (2014).

Contudo, nas CP que não atingiram o grau máximo de eficiência média no triênio com o modelo DSBM, os melhores resultados são encontrados com o emprego do modelo DEA-SBM CRS Max. Nesses casos, os resultados do modelo dinâmico se aproximam mais daqueles encontrados no DEA-SBM CRS, ficando significativamente abaixo dos índices médios gerados pelo DEA-SBM CRS Max, como observado nas CP-14 e CP-15, além das já mencionadas CP-10 e CP-11.

Em 2023, dez CP alcançaram a eficiência com o modelo DSBM, ou seja, três unidades a mais, em relação ao modelo DEA-SBM CRS Max, que apontou os melhores resultados para as CP em termos de médias gerais. Ainda assim, as unidades consideradas ineficientes, pela modelagem dinâmica, apresentam excessos nos *inputs*, assim como na variável de ligação temporal AIL, conforme pode ser observado na Tabela 21.

Tabela 21 - Folgas relativas das CP – DSBM

DMU	**Eficiência - DSBM**	**Folgas Relativas (%)**		
		Inputs		***Carry-over***
		MA.04.00	**MA 59.00**	**AIL**
CP-1	0,6767	24,61	72,37	-
CP-2	1,0000	-	-	-
CP-3	1,0000	-	-	-
CP-4	1,0000	-	-	-
CP-5	1,0000	-	-	-
CP-6	1,0000	-	-	-
CP-7	1,0000	-	-	-
CP-8	0,4775	24,15	77,83	54,79
CP-9	1,0000	-	-	-
CP-10	0,3201	69,76	90,26	43,96
CP-11	0,4099	53,29	85,54	38,20
CP-12	1,0000	-	-	-
CP-13	1,0000	-	-	-
CP-14	0,4510	43,97	79,75	40,97
CP-15	0,8478	28,09	-	17,57
CP-16	1,0000	-	-	-
	Total	14,49	25,63	13,47

Fonte: O autor, 2025.

No total, na macroatividade MA 04.00 há excessos, que correspondem a 14,49% dos custos efetivos das 16 CP, em 2023. Na macroatividade MA 59.00, as folgas equivalem a 25,63% do custo total apropriado para manutenção das infraestruturas das unidades avaliadas

no ano. Já nos AIL, consideradas no modelo como *carry-over*, as folgas totais são da ordem de 13,47% do total registrado ao final de 2023. Apesar da quantidade maior de unidades eficientes em 2023, essas folgas totais são superiores às encontrados com o emprego do modelo DEA-SBM CRS Max, os quais apontaram 8% na macroatividade MA 04.00, 6% na macroatividade MA 59.00, e 9% nos AIL. Quando comparados os resultados do modelo dinâmico, como os do modelo DEA-SBM CRS, verifica-se que no DSBM, as folgas totais são consideravelmente inferiores, visto que no DEA-SBM CRS, os excessos na macroatividade MA 04.00 foi de 42%, na macroatividade 59.00, de 49%, e no AIL 35%. Esses resultados, podem ser consequência da tendência subestimação dos índices de eficiência, resultantes do modelo estático inicial, quando utilizado para mensuração da eficiência de DMUs ao longo do tempo, conforme mencionam Campos (2014), e Costa, Ramos e Souza (2014).

Nas folgas individuais, embora os resultados do DSBM indiquem excessos semelhantes aos encontrados com o uso do DEA-SBM CRS Max, ainda há unidades em que as reduções necessárias são consideravelmente elevadas. Esse cenário é particularmente evidente na macroatividade MA 59.00, o que pode impactar significativamente a continuidade de suas operações. Nesse sentido, destaca-se a CP-10, cujas reduções apontadas nos custos de manutenção e funcionamento de sua infraestrutura, equivalem a mais de 90% do total apropriado no ano de 2023.

Como na amostra das CF, a indicação de folgas elevadas nos *inputs* e no *carry-over* AIL das CP sugere ser consequência das definições de *benchmarks* específicos, para que cada CP ineficiente possa otimizar seus custos e ativos imobilizados líquidos para a continuidade das suas operações de STA. Nesse sentido, na Tabela 22 são apresentados os *peer sets* das OM ineficientes em 2023, indicados pelo modelo DSBM.

Tabela 22 - Conjuntos de referências das CP ineficientes em 2023 (continua)

DMU	***Benchmarks***									
	CP-2	**CP-3**	**CP-4**	**CP-5**	**CP-6**	**CP-7**	**CP-9**	**CP-12**	**CP-13**	**CP-16**
CP-1	0,1651	0,6228	0,0000	0,0000	0,0000	0,2007	0,0000	0,0000	0,5073	0,0000
CP-2	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CP-3	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CP-4	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CP-5	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CP-6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CP-7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CP-8	0,0000	0,0000	0,2049	0,0000	0,0565	0,2538	0,0000	0,0000	0,2582	0,0000
CP-9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 22 - Conjuntos de referências das CP ineficientes em 2023 (conclusão)

DMU	*Benchmarks*									
	CP-2	**CP-3**	**CP-4**	**CP-5**	**CP-6**	**CP-7**	**CP-9**	**CP-12**	**CP-13**	**CP-16**
CP-10	0,0412	0,0000	0,4200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2050	0,0000
CP-11	0,0000	0,0000	0,5361	0,0000	0,0000	0,1986	0,0000	0,0000	0,2980	0,0000
CP-12	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
CP-13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
CP-14	0,3301	0,0000	0,1597	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CP-15	0,2715	0,0000	0,0524	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1589
CP-16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Fonte: O autor, 2025.

Entre as OM eficientes, destacam-se as CP-4 e CP-2, as quais são indicadas pelo modelo dinâmico como *benchmark* para cinco e quatro unidades, respectivamente, das seis CP consideradas ineficientes em 2023. Essas OM também obtiveram média de eficiência máxima nas duas variantes do modelo inicial (DEA-SBM CRS e DEA-SBM CRS Max). Releva mencionar as CP-7, que é indicada como referência para três unidades ineficientes, e a CP-13, que compõe o conjunto de referência de quatro OM. Essas unidades alcançaram a eficiência máxima nos três anos na modelagem DSBM, e obtiveram escores elevados nas duas variações da abordagem DEA-SBM CRS. Em contrapartida, a CP-16, que atingiu altos índices médios nos três modelos, somente integra o conjunto de referência de uma OM ineficiente em 2023, assim como as CP-3 e CP-6, que somente alcançaram a média máxima na abordagem dinâmica, enquanto obtiveram índices médios no triênio abaixo da média geral do grupo, em ambos os modelos estáticos. Já as CP-5, CP-9 e CP-12, apesar terem obtido a eficiência máxima em 2023, não fazem parte de nenhum conjunto de referência das unidades ineficientes no referido ano. As CP-5 e CP-12 somente alcançaram a média de eficiência máxima no modelo dinâmico, enquanto a CP-9 não alcançou a média máxima em nenhum dos modelos.

Esses resultados sugerem que, dentre as Capitanias dos Portos, as CP-4 e CP-2 possuem desempenho consideravelmente consistente, no que se refere à gestão dos custos de suas operações ao longo do tempo e podem ser exemplos de gestão para as demais unidades do conjunto avaliado.

Contudo, releva mencionar, que apesar da indicação de *peer sets* específicos pelo modelo dinâmico, as CP também podem referenciar suas gestões em todas as unidades eficientes, em especial, nos aspectos de operações e administração daquelas que mantem a eficiência máxima nas três abordagens, de forma consistente em todo o período, já que exercem as mesmas atividades, o operam sob condições ambientais semelhantes.

3.5 Análise da integração da DEA para mensurar a eficiência das unidades do SSTA sob a ótica do SCM

As informações fornecidas pelo SCM é um avanço, no que se refere à gestão dos recursos públicos alocados anualmente para que a MB possa executar suas tarefas, sejam as constitucionais, sejam as subsidiárias, como o STA. O método de custeio baseado em atividades adotado pela Força, permite o conhecimento dos custos de cada uma de suas atividades, bem como daqueles relacionados à cada unidade da instituição.

Nesse sentido, os custos de cada macroatividade são registrados no momento da liquidação da despesa para serviços terceirizados e itens de consumo imediato, e no momento do consumo, para caso de itens de estoque. Além disso, o registro dos valores líquidos dos ativos imobilizados, voltados para a execução das atividades de STA, fornecem informações relevantes da estrutura de equipamentos utilizados por essas unidades, assim como pode ser útil para análise de futuros investimentos, por considerar a depreciação, baixa e transferência. Portanto, resta claro que os dados pormenorizados ao nível de custos das atividades fornecem informações a nível gerencial melhores do que aquelas estritamente orçamentárias. Utilizando-se dessas informações, foi possível implementar modelos DEA-SBM sob três modelagens, com as variáveis representativas de produtos mais adequadas aos grupos das CF e CP, organizações integrantes do SSTA.

A integração da DEA com os dados fornecidos pelo SCM permitiu a avaliação das CF e das CP, sob o ponto da eficiência técnica, conforme aludido por Rosano-Peña e Gomes (2018), Silva *et al*. (2011) e Shaw (2009). A eficiência técnica avalia como as unidades convertem os *inputs* em *outputs*, isto é, se estão utilizando a quantidade mínima de recursos (custos) para gerar os produtos. Dessa forma, a análise das informações de custos integrada à DEA proporciona uma visão mais precisa sobre quais unidades estão gerando mais valor com menos recursos e quais tem custos considerados excessivos para alcançar o mesmo nível de produção, conforme destacado por Pereira, Vieira e Madkur (2018).

Destarte, uma das vantagens da integração entre SCM e DEA é a identificação de ineficiências. Isso, porque uma CF ou CP pode ter um nível elevado de *outputs*, porém apropriando custos, e dispondo de uma estrutura de ativos voltados às suas atividades finalísticas, além do necessário. Nessa seara, diferente dos modelos DEA clássicos, a DEA-SBM, seja nos modelos tradicionais ou dinâmico, mostra-se uma ferramenta consistente nessa análise, já que seus resultados apontam as folgas em cada um dos insumos das unidades

avaliadas, possibilitando um aprimoramento das informações geradas pelo SCM. Assim, a despeito das diferenças nas folgas encontradas pelas modelagens DEA-SBM e pelo DSBM, é possível identificar essas ineficiências de forma específica e direcionar esforços para a redução individualizada em cada elemento de custos em cada CF e CP, sem comprometer as atividades dessas OM. Sob esse enfoque, a MB pode determinar metas e objetivos de redução de custos e investimentos mais claros e factíveis para as OM analisadas.

Outro benefício dessa integração é a possibilidade de servir como subsídio para a revisão e elaboração de orçamentos. Nesse contexto, destaca-se a atuação do Conselho Financeiro e Administrativo da Marinha (COFAMAR), cuja principal atribuição é o controle da execução orçamentária anual da Força, por meio de avaliações trimestrais (BRASIL, 2024). Assim, o DEA-SBM tem o potencial de apoiar a Alta Administração Naval no processo de avaliação das OM responsáveis pelo STA, uma vez que a análise pode ser realizada com base em dados coletados ao longo de três períodos, conforme demonstrado neste estudo.

Por exemplo, no caso de redução orçamentária, cortes ou contingenciamentos, as folgas apontadas pelo DEA-SBM podem ser utilizadas como parâmetros de redistribuição dos recursos, não só entre as CF e CP, mas para outras unidades e atividades da Força. Já a indicação dos excessos de AIL mostram-se relevantes, à medida em que podem indicar quais OM tem capacidade de receber investimentos complementares e aquelas que não necessitam de uma estrutura de ativos elevados, para a manutenção de suas atividades de STA.

Além disso, o alinhamento do sistema de custos com o modelo matemático, em comento, permite comparações entre unidades de diferentes tamanhos e com diferentes estruturas de custos, criando uma visão mais holística da performance das OM. Desta forma, os resultados podem ser empregados pela MB em análises comparativas entre as unidades do SSTA, a partir da obtenção de indicadores de desempenho, que podem ser um elemento para implementação da competição administrada, entre as CP, assim como entre as CF, conforme Davtalab-Olyaie, Mahmud-Baram e Asgharian (2022). Nesse sentido, os escores de eficiência podem ser um elemento a ser analisado para a promoção de incentivos, como alocação de recursos adicionais, ou menores reduções, em caso de restrições e contingenciamentos.

No que se refere a melhoria geral da eficiência das unidades, partindo da análise dos índices de eficiência proporcionados pela DEA, sob a ótica do SCM, poderão ser vislumbradas oportunidades de melhorias na gestão das CF e das CP, como adequações operacionais e ajustes em processos internos, em especial pela indicação das OM que mantêm eficiência constante ao longo do tempo. Essas unidades podem servir como *benchmarks* para aquelas consideradas

ineficientes em seus respectivos grupos, conforme proposto por Camargo e Guimarães (2013) e Sun (2004).

Ademais, considerando que os serviços de STA são prestados exclusivamente pelo Estado e, por este motivo, não possuem um mecanismo de preços de mercado para efeitos de comparação, os resultados gerados pelo emprego do modelo matemático desempenham um papel importante na promoção da transparência. Sob a ótica do controle social, esses resultados podem contribuir para que a sociedade possa acompanhar, de forma mais clara e simples, a observância do princípio da eficiência na aplicação dos recursos públicos pelas CF e CP, no desempenho de suas atividades operativas voltadas à STA.

Releva destacar, que a validade da ferramenta matemática depende de um sistema de informações preciso e confiável. Tanto os resultados, quanto a fronteira empírica podem sofrer variações, conforme o conjunto de variáveis adotadas. Por esse motivo, sugere-se que a construção do modelo DEA conte com a colaboração de diferentes participantes da avaliação gerencial, principalmente da DFM e da DPC, de forma a assegurar que cada variável seja empregada, de acordo com a literatura, considerando a realidade dos distintos perfis de OM do SSTA a serem analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prestação de serviços à sociedade tem se tornado cada vez mais desafiadora aos gestores públicos, em um cenário marcado pela escassez de recursos, que contrasta com a alta demanda da população por serviços, que atendam aos seus anseios. Soma-se a isso, as pressões dos contribuintes, bem como as exigências legais, para que haja controle e transparência, no que se refere à otimização dos recursos oriundos da arrecadação de impostos. Esses desafios têm demandado dos gestores, a adoção de esforços para assegurar o equilíbrio entre atendimento às necessidades da população e a disponibilidade de recursos para sua realização.

A Marinha do Brasil, como órgão da Administração Pública, subordinado ao Ministério da Defesa, está inserida nesse contexto, sendo responsável por uma miríade de atribuições complexas, entre constitucionais e subsidiárias. Como função subsidiária prevista na legislação, a Força é incumbida de exercer as atribuições de Autoridade Marítima Brasileira, com a finalidade garantir segurança e defesa do tráfego nas hidrovias nacionais, que são de considerável importância aos interesses sociais e econômicos do país, e por onde há um grande fluxo de diversos tipos e portes de embarcações, para fins de importação e exportação de mercadorias, de transporte de passageiros, de exploração dos mais variados recursos, e recreativos. Desta forma, como qualquer ente público, para a manutenção da segurança do tráfego aquaviário (STA), a Marinha do Brasil está sujeita aos preceitos legais que regem a Administração Pública, no que concerne à eficiência, em relação aos custos das atividades desempenhadas pelas suas unidades, de maneira a avaliar eventuais problemas e, assim, buscar melhorar e adequar suas práticas gerenciais.

Nesse sentido, o Sistema de Custos da Marinha é um grande avanço no controle gerencial e na avaliação dos recursos empregados pelas organizações militares da Instituição, por possibilitar aos gestores o conhecimento dos custos que compõem cada unidade, pormenorizado por atividades, sejam elas finalísticas, ou de manutenção e funcionamento de suas infraestruturas. Contudo, somente as informações geradas pelo sistema de custos não se mostram suficientes para mensurar e avaliar a eficiência das unidades atribuídas de manter a segurança do tráfego aquaviário, já que o sistema não leva em consideração os produtos decorrentes de tais custos. Além disso, esta atividade é prestada exclusivamente pela AMB, e não há um mecanismo de preços de mercado para fins comparativos. Com isso, demonstra-se a necessidade do desenvolvimento e da aplicação de metodologias de análise de dados, que permitam mensurar e avaliar a eficiência das unidades responsáveis pelo STA, por meio da

agregação das informações disponibilizadas pelo SCM, com os produtos gerados por cada unidade.

Face a esse problema, este estudo teve como objetivo principal propor a análise envoltória de dados (DEA), como uma forma de mensuração da eficiência das unidades responsáveis pela STA nas vias marítimas e nas hidrovias interiores, sob jurisdição nacional, sob a ótica de custos. Com os resultados apresentados, depreende-se que este objetivo foi alcançado, utilizando-se de uma abordagem descritiva, de natureza quantitativa.

Para o alcance do objetivo geral, a partir de um embasamento teórico, foram sistematizados os principais elementos para a compreensão do objeto de estudo. Durante esse processo, observou-se uma ampla aplicação de modelos DEA na busca por analisar a eficiência na gestão pública. Além disso foi possível verificar, que a mensuração da eficiência, sob a dimensão técnica, é a mais adequada em estudos que abordam as atividades operacionais das Forças Armadas. Também, foram identificadas as variáveis representativas de insumos e produtos mais comumente utilizados, em pesquisas que se dedicaram a mensurar a analisar a eficiência de entes públicos.

Nessa seara, as variáveis de insumos, foram extraídas do SCM, e as representativas dos produtos foram as disponibilizadas pela Diretoria de Portos e Costas (DPC). Entre *outputs* coletados, optou-se por empregar na modelagem DEA, aqueles que atendem ao pressuposto de isotonicidade com as variáveis de insumos. Entre as Capitanias Fluviais, foram utilizadas efetivamente no modelo DEA, como insumos, as três variáveis coletadas no SCM, e como produtos, a quantidade de inspeções e vistorias navais realizadas por ano, e a extensão da área jurisdicional de cada organização militar. No grupo das Capitanias dos Portos, além dessas variáveis, a quantidade de embarcações registradas anualmente também apresentou isotonicidade e, assim, empregada no modelo matemático como produto, para análise desta amostra. A avaliação das correlações entre as variáveis, também possibilitou verificar que não há correlação positiva entre os insumos e a quantidade de acidentes registradas, em ambos os grupos, o que corrobora a literatura, no que tange às dificuldades de se atrelar os dispêndios de recursos aos resultados esperados, principalmente em atividades voltadas à segurança e defesa.

Um dos pontos importantes para o desenvolvimento do estudo, foi a seleção das amostras. Nesse sentido, para abranger e equalizar as análises das OM integrantes do SSTA, as unidades foram selecionadas seguindo o critério do ambiente de operações e relevância no contexto das atividades de STA, sendo divididas em duas amostras, compostos por dezesseis Capitanias dos Portos, e treze Capitanias Fluviais. O intuito de analisar estes dois grupos teve como finalidade, abarcar as especificidades das unidades operativas do SSTA, no que se refere

aos ambientes de operações, qual sejam, o marítimo e os fluviais e lacustres. Tendo em vista, que nos modelos DEA a quantidade de DMUs deve ser pelo menos três vezes maior, do que o número de variáveis, a análise da eficiência das amostras foi realizada, no período de 2021 a 2023, a fim de reduzir qualquer problema de dimensionalidade do modelo.

Outro fator relevante desta pesquisa, foi a escolha do modelo DEA que proporcionasse melhorar as informações gerenciais extraídas do SCM, no que concerne à eficiência das unidades analisadas, em especial na identificação de ineficiências, relacionadas a cada um dos insumos empregados na análise. Com isso, entre os modelos DEA consagrados pela literatura, foi empregado o DEA baseado nas folgas (DEA-SBM), com orientação aos insumos. Quanto à pressuposição, as análises foram baseadas nos resultados obtidos com retornos constantes de escala (CRS), dadas a maior abrangência comparativa entre as unidades de cada amostra. Em ambos os grupos, foram avaliadas duas variações do DEA-SBM, bem como a modelagem DEA-SBM dinâmica.

Com o modelo DEA-SBM CRS, os resultados das estimativas de eficiência média das CF e das CP foram de 55,88% e 60,79%, respectivamente, ambas com tendências de decréscimos, ao longo do período. Diante deste cenário, observou-se um aumento dos *inputs*, tanto das CF, quanto das CP, ao longo do tempo, que não foi acompanhado proporcionalmente pelos seus *outputs*. Em cada grupo, apenas duas unidades atingiram a eficiência máxima nos três anos. Com a adição do algoritmo *kaizen*, ao modelo, houve um aumento significativo nos escores de eficiência nas duas amostras, com as CF obtendo média de 88,90% e as CP, de 92,87%. Com isso, três CF e quatro CP alcançaram a eficiência máxima nos três anos analisados. Na modelagem dinâmica, a estimativa de eficiências média das CF, foi de 70,19%, enquanto das CP, foi de 82,51%. No entanto, a modelagem dinâmica, utilizada nas duas amostras, resultou em maior quantidade de OM que alcançam a eficiência nos três anos analisados, com seis CF, e oito CP.

Essas descobertas denotam a existência de folgas nos *inputs*, nos três anos analisados. Nessa seara, em 2023, ou seja, o ano mais recente desta pesquisa, o modelo DEA-SBM CRS apontou folgas significativas nos três insumos das CF e das CP, projetando metas individuais de reduções, que ultrapassam 90% dos custos efetivamente apurados no ano, na macroatividade MA 59.00, em ambas as amostras. A adição do algoritmo *kaizen* ao modelo, resultou em resultou em indicações de folgas menores, e consequentemente, menores projeções de reduções individuais, de maneira geral. Ademais, essa variação do modelo tradicional, possibilitou a indicação de folgas mais específicas em cada um dos *inputs*, do grupo de CF. Neste grupo, observou-se que maiores custos apurados e maiores valores para o ativo imobilizado líquido

(AIL) tendem a acarretar em menores índices de eficiências anuais, sendo os mais significativos, os custos da macroatividade MA 59.00 e os valores dos AIL. Entre as CP, os resultados são opostos, visto as correlações positivas entre os índices de eficiência e os *inputs*, apesar de não significância estatística. A despeito de resultar em menores indicações de folgas totais nos *inputs*, do que o modelo DEA-SBM CRS, o modelo DSBM apresenta resultados semelhantes ao modelo inicial, ao sugerir folgas nas três variáveis extraídas do SCM, para a grande maioria das CF e das CP. Este modelo também sugere metas de reduções individuais superiores a 90% dos custos apurados na macroatividade MA 59.00.

No que se refere aos *benchmarks*, o modelo dinâmico mostra-se mais específico, ao apontar os conjuntos de referências por ano analisado, ao contrário do modelo DEA-SBM CRS, nas suas duas variações, em que os *peer sets* podem ser compostos pelas unidades eficientes de períodos diferentes, o que pode prejudicar uma análise mais específica. Diante dessas especificidades dos modelos, uma sugestão para o emprego da técnica de *benchmarking*, é que as CF e as CP ineficientes tenham como referências, as unidades que alcançaram a eficiência nos três anos analisados, principalmente aquelas que mantem a eficiência nos três anos analisados, nas três abordagens DEA-SBM empregadas neste estudo. Considerando os resultados consistentes dessas OM, sugere-se a elaboração de um manual de orientação de práticas administrativas e operativas, para cada grupo, de forma que se possa compartilhar as boas práticas gestão dessas unidades, com aquelas consideradas ineficientes.

Releva mencionar, que as divergências de resultados encontrados são resultantes das configurações das modelagens, quando a análise se baseia em mais de um período. Na modelagem DEA-SBM tradicional, a eficiência é mensurada de forma estática, tratando cada capitania como uma unidade distinta em cada ano do período analisado (2021-2023). Isso resulta em um número de unidades avaliadas (DMUs) três vezes maior que número de capitanias. Por outro lado, na estrutura dinâmica, além de se considerar a dependência intertemporal de determinadas variáveis, os resultados são obtidos por período, mantendo-se o número de DMUs igual ao número de capitanias. Essa diferença na quantidade de unidades avaliadas, em relação ao número de variáveis *inputs* e *outputs* utilizadas, pode impactar na a capacidade de discriminação da eficiência nas duas abordagens.

Em que pese as diferenças dos resultados, decorrentes das modelagens empregadas, a mensuração da eficiência, sob um espectro analítico e comparativo, é imperativa, na busca pelo melhor emprego dos recursos. Portanto, observa-se como potencial contribuição desta pesquisa, a proposta de uma metodologia objetiva, que possibilite o aperfeiçoamento das informações gerenciais disponíveis no SCM. Destarte, demonstrou-se, neste estudo, que o emprego da DEA,

operacionalizado pelo *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2024), o qual pode ser adquirido de forma gratuita pela MB, pode ser um elemento interessante para potencializar os dados gerenciais fornecidos pelo SCM, visto que tem a capacidade de proporcionar informações que permitam aos gestores da Força efetuarem a comparação entre as OM, que possuem as mesmas atribuições e utilizam dos mesmos recursos, indicando os pontos específicos que requerem maior atenção. A partir integração do modelo DEA-SBM, ao seu sistema de custos, a MB poderá dispor de um método para a avaliação de desempenho, para a promoção da competição administrada, para a adoção de melhores práticas operativas e administrativas, bem como para ser empregado como um dos métodos de tomada de decisão, quanto à alocação do orçamento, o que pode contribuir para otimização da aplicação dos recursos dos contribuintes.

Além disso, os resultados encontrados e analisados poderão contribuir para a melhorar a transparência, quanto à gestão dos recursos públicos aplicados em atividades operativas de STA, dada a pouca disponibilidade de dados estatísticos sobre as diversas atividades desenvolvidas por essas unidades, e às dificuldades de obtenção de informações pormenorizadas dos custos que compõem cada OM. Destaca-se, que esta foi uma das principais dificuldades enfrentadas nesta pesquisa. Assim, a coleta dos dados, referentes aos custos e aos valores dos ativos imobilizados líquidos de cada OM estudada, foi proporcionada pelo acesso ao SCM, concedido pela Diretoria de Finanças da Marinha, assim como a obtenção pormenorizada dos dados relacionados à quantidade de inspeções e vistoria navais realizadas anualmente pelas CF e CP, foram obtidos no SISGEVI, com autorização da Diretoria de Portos e Costas. Esses bancos de dados são alimentados pelos gestores das OM, estando sujeito a falhas de lançamentos. Destarte, possíveis registros inadequados, tanto no SCM, quanto daqueles referentes aos produtos das CP e CF, talvez sejam as principais limitações dos resultados apresentados nesta pesquisa.

Nesse contexto, releva mencionar que, não obstante à ampla aplicação da DEA para análise de entidades públicas, durante desenvolvimento desta pesquisa, foram encontrados poucos trabalhos, que se dedicaram a mensurar a eficiência de unidades operativas de instituições de segurança e defesa, principalmente no país, o que torna este estudo uma contribuição para esta temática.

Para realização de pesquisas futuras, sugere-se a ampliação das análises das CF e das CP, com a inclusão de variáveis socioambientais aos modelos DEA, que possam melhor refletir as características das regiões de operações, com potencial de impactar a apropriação de custos dessas unidades. Também, sugere-se a aplicação do modelo DEA dinâmico em redes, com a inclusão de variáveis referentes aos processos internos das unidades do SSTA. Ademais,

sugere-se a aplicação da DEA, no processo de mensuração da eficiência de outras unidades operativas da MB, sob a ótica de custos, com a finalidade contribuir para a literatura, assim como para o contínuo aperfeiçoamento do SCM, o qual pode possibilitar a otimização da aplicação dos limitados recursos oriundos dos contribuintes.

REFERÊNCIAS

AFSHARIAN, M. A metafrontier-based yardstick competition mechanism for incentivising units in centrally managed multi-group organisations. **Annals of Operations Research**, v. 288, n. 2, p. 681 - 700, 1 maio 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (Brasil). **Estatístico Aquaviário**: Transporte Via Longo Curso. [*S. l.*], 2024. Disponível em: https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/transplongocurso.html#pt. Acesso em: 1 maio 2024.

ALBUQUERQUE, N. A.; OLIVEIRA, N. P. Sistema de Custos: um diagnóstico da implementação nas Forças Armadas brasileiras. *In*: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA, 10., 2017, Brasília. **Anais** [...]. Brasília: Conselho Nacional de Secretários de Estado da Administração, 2017. p. 1-11. Disponível em: https://consad.org.br/wp-content/uploads/2017/05/Painel-42_02.pdf. Acesso em: 7 fev. 2024.

ALENCAR, C. O.; FONSECA, A. C. P. D. da. Excelência na gestão pública: a contribuição do controle interno da Marinha do Brasil. **REGE-Revista de Gestão**, v. 23, n. 2, p. 172 - 184, 2016.

ALKHARS, M. A.; ALNASSER, A. H.; ALFARAJ, T.. A Survey of DEA Window Analysis Applications. **Processes**, v. 10, n. 9, p. 1836, 2022.

ALMEIDA, M. R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. Análise por Envoltória de Dados-Evolução e possibilidades de aplicação. *In*: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9. 2006, Bauru. **Anais** [...]. Bauru: Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2006. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/816.pdf. Acesso em: 24 jun. 2024.

ALONSO, M. Custos no serviço público. **Revista do Serviço Público**, v. 73, n. b, p. 127 - 152, 2022.

ALJUHMANI, H. Y. *et al*. Strategic stances and organizational performance: Are strategic performance measurement systems the missing link? **Asia-Pacific Journal of Business Administration**, v. 16, n. 2, p. 282 - 306, 2024.

ALQUDAH, O. M.; MANSOR, N.; SALLEH, S. I. M. Difficulties in accounting system implementation for service costs in the public sector. **Cogent Business and Management**, v. 9, n. 1, 2022.

ANAGBOSO, M; SPENSE, A. Measuring defence. **Economic & Labour Market Review**, v. 3, p. 44 - 52, 2009.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical ad scale efficiency in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078 - 1092, 1984.

BARRETO, B. A importância da inspeção naval para a prevenção de acidentes no mar. **Revista Marítima Brasileira**, v. 139, n. 01/03, 2019.

BARROS, G. O.; ALMEIDA, E. S. Mensuração da eficiência portuária na região norte aplicando a análise envoltória dos dados (DEA). **Exacta**, v. 17, n. 2, p. 105 - 118, 2019.

BARROS, A. M. A.; LIRA, R. O. A atuação da Marinha do Brasil frente aos desastres, tanto marítimos, quanto terrestres, bem como a política nacional de proteção de defesa civil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 6. 2023.

BASTIAN, N. D.; KANG, H.; SWENSON, E. R.; FULTON, L. V.; GRIFFIN, P. M. Evaluating the impact of hospital efficiency on wellness in the military health system. **Military Medicine**, v. 181, n. 8, p. 827 - 834, 1 ago. 2016.

BOEHMKE, B. C.; JACKSON, R. A.; JOHNSON, A. W.; WHITE, E. D.; WEIR, J. D.; GALLAGHER, M. A. Measuring US air force installation support activities via data envelopment analysis. **Military Operations Research**, v. 22, n. 1, p. 39 - 58, 2017.

BORGES, T. B.; MARIO, P. C.; CARNEIRO, R. A implementação do sistema de custos proposto pelo governo federal: uma análise sob a ótica institucional. **Revista de Administração Pública**, v. 47, p. 469 - 491, 2013.

BOUERI, R. Modelos paramétricos: fronteira estocástica. *In*: : BOUERI, R.; ROCHA, F. F.; RODOPOULOS, F. M. A (org.) **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. p. 211 - 233. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Presidência da República, [2016]**.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 12 jan. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 6.976,de 07 de outubro de 2009**. Dispõe sobre o Sistema de Contabilidade Federal e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2009]. Disponível em: https://planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6976.htm. Acesso em: 13 jan. 2024.

BRASIL. **Decreto-lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967**. Dispõe sobrea organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [1967]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm. Acesso em: 14 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964**. Estatui Normas Gerais de Direito Financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. Brasília: Presidência da República, [1964]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4320.htm. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.537, de 11 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [1997]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9537.htm. Acesso em: 8 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.724, de 1º de dezembro de 1998**. Dispõe sobre a autonomia de gestão das Organizações Militares Prestadoras de Serviços da Marinha e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [1998]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9724.htm. Acesso em: 15 jan. 2024.

BRASIL. **Lei nº 10.180, de 06 de fevereiro de 2001**. Organiza e disciplina os Sistemas de Planejamento e de Orçamento Federal, de Administração Financeira Federal, de Contabilidade Federal e de Controle Interno do Poder Executivo Federal, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2001]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10180.htm?origin=instituicao. Acesso em: 18 jan. 2024.

BRASIL. **Lei n° 10.524, de 25 de julho de 2002**. Dispõe sobre as diretrizes para a elaboração da lei orçamentária de 2003 e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2002]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/////LEIS/2002/L10524.htm. Acesso em: 15 jan. 2024.

BRASIL. **Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999**. Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. Brasília: Presidência da República, [1999]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp97.htm. Acesso em: 8 jan. 2024.

BRASIL. **Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000**. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2000]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm. Acesso em: 9 jan. 2024.

BRASIL. Marinha. **Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)**. Brasília, DF, 2020a.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **Relatório de Gestão Comando da Marinha 2021**. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Secretaria-Geral da Marinha. **Normas sobre o Sistema de Custos da Marinha do Brasil – SGM-307**. 1. ed., Brasília, DF, 2020b.

BRASIL. Secretaria-Geral da Marinha. **Normas para a gestão do Plano Diretor – SGM-301**. 3ª ed. rev., Brasília, DF, 2024.

BRASIL. Diretoria de Portos e Costas. **Normas da Autoridade Marítima para atividades de inspeção naval – NORMAM-301**, Rio de Janeiro, RJ, 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Execução Orçamentária dos Orçamentos Fiscal e da Seguridade Social do Ministério da Defesa**. [*S. l.*], 31 mar. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/orcamento-e-financas-1/arquivos/03-atualiza-consolidado-2015-a-2024-v-ascom-dot-atualizada-e-empenhadas-marco.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

BRASIL. **Portaria nº 437, de 12 de julho de 2012**. Aprova Procedimentos Contábeis, Patrimoniais, Procedimentos Contábeis Específicos, o Plano de Contas Aplicado ao Setor Público, as Demonstrações Contábeis Aplicadas ao Setor Público [...]. Brasília, DF: MF, STN. Disponível em: https://fiorilli.com.br/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/Portaria_STN_437_MCASP_16.pdf. Acesso em: 1 maio 2024.

BRASIL. Secretaria do Tesouro Nacional. **Manual de Contabilidade Aplicada ao Setor Público (MCASP) – MCASP**. 10. ed., Brasília, DF, 2023.

BYE, R. J.; AALBERG, A. L. Maritime navigation accidents and risk indicators: An exploratory statistical analysis using AIS data and accident reports. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 176, p. 174 - 186, 1 ago. 2018.

CAMARGO, F. O.; GUIMARÃES, K. M.S. O princípio da eficiência na gestão pública. **Revista CEPPG – CESUC – Centro de Ensino Superior Catalão**, v. 28, p. 133 - 145, 2013.

CAMPOS, M. C. **Avaliação da eficiência dinâmica na saúde**: um estudo nos hospitais do sistema único no Rio Grande do Norte. 2014. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFRN_60aff9478278707ed0ae3aafb4fc134d. Acesso em: 25 fev. 2025.

CARDOSO, R. L.; AQUINO, A. C. B.; BITTI, E. J. S. Reflexões para um framework da informação de custos do setor público brasileiro. **Revista de Administração Pública**, v. 45, p. 1565 - 1586, 2011.

CARMO JÚNIOR, O. M.; PEÑA, C. R. Análise envoltória de dados: eficiência dos contratos de georreferenciamento na Administração Pública. **Revista de informação legislativa**, v. 56, n. 223, p. 213 - 234, 2019.

CARVALHO, G. L. B.; FERREIRA, D. H. L.; SUGAHARA, C. R. Índice de desempenho ambiental em portos brasileiros: aplicação da análise envoltória de dados. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, p. e021013-e021013, 2021.

CARVALHO JUNIOR, S. P.; RODRIGUES, L. F. A análise envoltória de dados como ferramenta de avaliação de eficiência de distribuidoras de energia elétrica: uma abordagem via análise de cluster. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 49., 2017, Blumenau. **Anais** [...]. Blumenau: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2017. Disponível em: http://www.din.uem.br/~ademir/sbpo/sbpo2017/pdf/168259.pdf. Acesso em: 31 ago. 2024.

CASTRO, B.M.; BRANDINI, F.P.; DOTTORI, M.; FORTES, J.F.; A Amazônia Azul: recursos e preservação. **Revista USP**, n. 113, p. 7 - 26, 2017.

CAVALCANTE, P. Gestão pública contemporânea: do movimento gerencialista ao pós-NPM**. Texto para Discussão Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, n. 2319, 2017.

CESARO, L. *et al*. Methodology for analysing competitiveness, efficiency and economy of scale: use and applications of DEA. **FACEPA Deliverable**, n. D5, p. 13, 2009.

CESARONI, Giovanni. Technically and cost-efficient centralized allocations in data envelopment analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 70, p. 100734, 2020.

CHARNES, A.; COOPER, W. W., RHODES, E. D. Measurement the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, n. 6, p. 429 - 444, 1978.

CHAUDHRY, N. I.; AMIR, M. From institutional pressure to the sustainable development of firm: Role of environmental management accounting implementation and environmental proactivity. **Business Strategy and the Environment**, v. 29, n. 8, p. 3542 - 3554, 2020.

CICHOWICZ, E.; ROLLNIK-SADOWSKA, E.; DEDYS, M.; ELKES, M. The DEA method and its application possibilities for measuring efficiency in the public sector—The case of local public employment services. **Economies**, v. 9, n. 2, p. 80, 2021.

CLARK, C. T. **Data envelopment analysis and extensions for decision support and management planning**. 1983. Tese (Ph. D. Graduate School of Business) - University of Texas, Austin, 1983.

COLL-SERRANO, V.; BOLÓS, V.; SUAREZ, R. B. **deaR: Conventional and Fuzzy Data Envelopment Analysis**. R package version 1.4.1, 2023. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=deaR. Acesso em: 4 jun. 2024.

COLLYER, W. O. **Lei dos portos**: o conselho de autoridade portuária e a busca da eficiência. São Paulo: Lex Editora, 2008.

CONTRERAS, I.; LOZANO, S. Size efficiency, splits and merger gains, and centralized resource reallocation of Spanish public universities. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 81, 1 jun. 2022.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on data envelopment analysis**. 2.ed. Londres: Springer, 2011.

COOPER, W.W., SEIFORD, L.M., TONE, K. **Data envelopment analysis**: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver *software*. New York: springer, 2007.

CORRÊA, A. C.; COSTA, N. R.; CORRÊA, D. C. G.; MIRANDA, J. L. S. Análise envoltória de dados com apoio do *software* R: uma aplicação nos Institutos Federais. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 11, n. 2, p. 1 - 13, 2019.

COSTA, E. M.; RAMOS, F. S.; SOUZA, H. R. Static versus dynamic DEA in Federal higher Education Institutions-IFES. **Revista Análise Econômica**, n. 61, p. 105 - 124, 2014.

CUADRADO-BALLESTEROS, B.; BISOGNO, M.; VAIA, G. Public-Sector Accounting Reforms and Governmental Efficiency: A Two-Stage Approach. **International Journal of Accounting**, v. 57, n. 4, 1 dez. 2022.

DAVRI, E. C. *et al*. Cyber security certification programmes. *In*: PROCEEDINGS OF THE 2021 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER SECURITY AND RESILIENCE, 2021, Danvers. **Anais [**...]. Danvers: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2021.

DAVTALAB-OLYAIE, M.; MAHMUDI-BARAM, H.; ASGHARIAN, M. Incentivizing units in centralized systems: A slacks-based approach. **Journal of the Operational Research Society**, v. 73, n. 8, p. 1724 - 1741, 2022.

DESPIĆ, D.; BOJOVIĆ, N. J.; KILIBARDA, M. J.; KAPETANOVIĆ, M. V. Assessment of efficiency of military transport units using the DEA and SFA methods. **Vojnotehnicki glasnik**, v. 67, n. 1, p. 68 - 92, 2019.

DIMAGGIO, P. J.; POWELL, W. W. The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. **American sociological review**, p. 147 - 160, 1983.

DOUMPOS, M.; COHEN, S. Applying data envelopment analysis on accounting data to assess and optimize the efficiency of Greek local governments. **Omega**, v. 46, p. 74 - 85, 2014.

DURLIK, I.; MILLER, T.; CEMBROWSKA-LECH, D.; KRZEMINSKA, A.; ZLOCZOWSKA, E.; NOWAK, A. Navigating the Sea of Data: A Comprehensive Review on Data Analysis in Maritime IoT Applications. **Applied Sciences**, v. 13, n.17, p. 9742, 2023.

ELIAS, J. V. E. Evolução da legislação para apuração de custos no governo federal: a contabilidade de custos como aliada da Administração Pública Gerencial. *In*: CONGRESSO UnB DE CONTABILIDADE E GOVERNANÇA, 3., 2017, Brasília. **Anais** [...]. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. Disponível em: https://www.conferencias.unb.br/index.php/ccgunb/ccgunb3/paper/view/6081. Acesso em: 11 set. 2024.

EMROUZNEJAD, A.; BRZEZICKI, L.; LU, C. Development and Evolution of Slacks-Based Measure Models in Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Review of the Literature. **Journal of Economic Surveys**, 2025.

ESMAEILI, M. A slacks-based measure of efficiency for the case of exogenously fixed factors. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 3, p. 4822 - 4825, 2009.

FANG, L. An incentive approach based on data envelopment analysis for intra-organization yardstick competition. **Journal of the Operational Research Society**, v. 71, n. 1, p. 153 - 160, 2020.

FARAH, M. A. *et al*. Cyber Security in the Maritime Industry: A Systematic Survey of Recent Advances and Future Trends. **Information**, v. 13, n. 1, p. 22, 2022.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S. Intertemporal production frontiers: with dynamic DEA. **Journal of the operational research society**, v. 48, n. 6, p. 656, 1997.

FÄRE, R.; LOVELL, C.A K. Measuring the technical efficiency of production. **Journal of Economic theory**, v. 19, n. 1, p. 150 - 162, 1978.

FEITÓSA, C. G.; SCHULL, A. N.; HEIN, A. F. Análise da eficiência dos gastos em segurança pública nos estados brasileiros através da análise envoltória de dados (DEA). **Revista Capital Científico-Eletrônica**, v. 12, n. 3, p. 91 - 105, 2014.

FENG, C.; FU, B.; LUO, Y.; LI, H. The design and development of a ship trajectory data management and analysis system based on ais. **Sensors**, v. 22, n. 1, 2022.

FERRADAES, A. G. Uma síntese da importância dos indicadores para a avaliação da gestão pública. **Coletânea de Pós-Graduação Instituto Serzedello Corrêa**, v. 2, n. 1, 2019.

FERREIRA, C. M. de C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados:** teoria, modelos e aplicações. 2. ed. Viçosa: UFV, 2020.

FERREIRA, L. S.; SILVA, B. L. P. Fiscalização da Capitania Fluvial do Pantanal na atividade pesqueira dos pescadores na fronteira Brasil/Bolívia. **Revista GeoPantanal**, v. 16, n. 31, p. 153 - 164, 2021.

FERREIRA, N. S. F. A importância da fiscalização do tráfego aquaviário para a prevenção da poluição por óleo nas águas. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v. 11, n. 240, 2023.

FERREIRA, R. J. A Marinha do Brasil na Amazônia Oriental. **Revista do IGHMB**, v. 78, n. 106, p. 129 - 150, 2019.

FERRY, L.; AHRENS, T.; KHALIFA, R. Public value, institutional logics and practice variation during austerity localism at Newcastle City Council. **Public Management Review**, v. 21, n. 1, p. 96 - 115, 2019.

FILGUEIRAS, M.V. Apoio logístico integrado e gestão do ciclo de vida dos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais. **Caderno de Ciências Navais**, v. 3, n. 1, p. 313 - 345, 2019.

FONSECA, F.B.C; SARDINHA, J.C. Contabilidade de Custos em Órgãos Públicos Industriais: Um Estudo de Caso sobre as Organizações Militares Prestadoras de Serviços da Marinha. **Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 35 - 56, 2003.

FREIRE, A. P. F.; LUCENA, W. G. L. **Teorias aplicadas à pesquisa em contabilidade**: Uma introdução às teorias econômicas, organizacionais e comportamentais. João Pessoa: Editora UFPB, 2021.

FREITAS, M. L. G. Vigilância da fronteira brasileira: uma aplicação do Método de análise envoltória de dados. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 12, n. 2, p. 112 - 137, 2020.

FREZATTI, F.; ROCHA, W.; NASCIMENTO, A. R.; JUNQUEIRA, E. **Controle Gerencial**: uma abordagem da contabilidade gerencial no contexto econômico, comportamental e sociológico. São Paulo: Atlas, 2009.

FULTON, L.; LASDON, L. S.; MCDANIEL, R. R. Cost drivers and resource allocation in military health care systems. **Military medicine**, v. 172, n. 3, p. 244 - 249, 2007.

GAO, J. Performance Measurement and Management in the Public Sector: Some Lessons from Research Evidence. **Public Administration and Development**, v. 35, n. 2, p. 86 - 96, 2015.

GARENGO, P.; SARDI, A. Performance measurement and management in the public sector: state of the art and research opportunities. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 70, n. 7, p. 1629 - 1654, 2020.

GERGED, A. M.; BEDDEWELA, E.; COWTON, C. J. Is corporate environmental disclosure associated with firm value? A multicountry study of Gulf Cooperation Council firms. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 1, p. 185 - 203, 2021.

GICO JUNIOR, I. T. Bem-Estar Social e o Conceito de Eficiência. **Revista Brasileira de Direito**, v. 16, n. 2, p. 1 - 43, 2020.

GOMES, E. G.; MELLO, J.C.C.B.S.; LINS, M. P. E. Redistribuição de inputs e outputs em modelos de análise envoltória de dados com ganhos de soma zero. **Pesquisa Operacional**, v. 24, n. 2, p. 269 - 284, 2004.

GOMES, E. G.; SOUZA, G.S. Allocating financial resources for competitive projects using a zero sum gains DEA model. **Engevista**, v. 12, n. 1, p. 4 - 9, 2010.

GOMES, E. G. M. **Gestão por resultados e eficiência na administração pública**: uma análise à luz da experiência do governo de Minas Gerais. 2009. 187 f. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2009.

GONTIJO, T. S.; REIS, I. A. Os determinantes da eficiência na Atenção Primária à Saúde dos municípios paulistas: um modelo georreferenciado. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 31, n. 1, 2021.

GOSSELIN, M.; JOURNEAULT, M. The implementation of activity-based costing by a local government: an actor-network theory and trial of strength perspective. **Qualitative Research in Accounting and Management**, v. 19, n. 1, p. 18 - 44, 2022.

GUO, Y.; YIN, Q.; WANG, Y.; XU, J.; ZHU, L. Efficiency and optimization of government service resource allocation in a cloud computing environment. **Journal of Cloud Computing**, v. 12, n. 1, 2023.

GUEDES, J. B. A. A.; FABRIZ, D. C. Dever fundamental do marítimo na segurança do tráfego aquaviário: uma análise sob a perspectiva tecnológica. **Prisma Juridico**, v. 21, n. 2, p. 386 - 408, 2022.

GUERREIRO, R.; FREZATTI, F.; CASADO, T. Em busca de um melhor entendimento da contabilidade gerencial através da integração de conceitos da psicologia, cultura organizacional e teoria institucional. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 17, p. 7 - 21, 2006.

GUERREIRO, R.; FREZATTI, F.; LOPES, A. B.; PEREIRA, C. A. O entendimento da contabilidade gerencial sob a ótica da teoria institucional. **Organizações & Sociedade**, v. 12, p. 91 - 106, 2005.

HANSON, T. Efficiency and productivity in the operational units of the armed forces: A Norwegian example. **International Journal of Production Economics**, v. 179, p. 12 - 23, 2016.

HARTLEY, K. Conflict and defence output: An economic perspective. **Revue d'Economie Politique.** n.2, p. 171 - 195, 2012.

HASAN, H.; AZMI, N. F.; MUD, N. N. N.; AHMAD, I. Waqf efficiency: CRS, VRS and malmquist total factor productivity index via data envelopment analysis (DEA). **International Journal of Innovation, Creativity and Change**, v. 10, n. 10, p. 71 - 83, 2020.

HOKKINEN, S. **Cost accounting methods supporting public sector organizations and decision-making**: an analysis of the Finnish rescue services. 2021. 73 f. Master thesis (Master in Business Administration) - Abo Academy University, Turku, 2021. Disponível em: https://www.doria.fi/handle/10024/181380. Acesso em: 16 abr. 2024.

HOLANDA, V.B.; LATTMAN-WELTMAN, F.; GUIMARÃES, F. C. **Sistema de informação de custos na administração pública federal: uma política de Estado**. Rio de Janeiro: FGV, 2010. Disponível em:

https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/359d20ec-724d-49d9-a6d4-53f1c837499a/content. Acesso em: 21 abr. 2024.

HOOD, C. The “new public management” in the 1980s: Variations on a theme. **Accounting, organizations and society**, v. 20, n. 2-3, p. 93 - 109, 1995.

IBÁÑEZ, J. S.; GARRATÓN, M. C.; MECA, A. S. literature review of DEA efficiency methodology in defence sector. **Academia Revista Latinoamericana de Administración**, v. 33, n. 3/4, p. 381 - 403, 2020.

IBGE. **Cidades e Estados** [*S. l.*], 2024. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados. Acesso em: 20 abr. 2024.

JESUS, A. R.; PEREIRA FILHO, A. V.; DINIZ, N. C.; SIQUEIRA, G. W. Causas e Efeitos ambientais dos acidentes marítimos: implicações legais da ocorrência desses eventos nas águas jurisdicionais do Brasil. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 15., 2018, Poços de Caldas. **Anais** [...]. Poços de Caldas: Instituto Federal Sul de Minas, 2018. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/328294390_CAUSAS_E_EFEITOS_AMBIENTAIS_DOS_ACIDENTES_MARITIMOS_IMPLICACOES_LEGAIS_DA_OCORRENCIA_DESSES_EVENTOS_NAS_AGUAS_JURIDICIONAIS_DO_BRASIL. Acesso em: 8 fev. 2024.

JORGE, M. J.; CARVALHO, F. A.; CARVALHO, M. P.; JORGE, M. F. Gestão por Avaliação de Desempenho: uma aplicação ao serviço de saúde da Marinha do Brasil. **Revista de Ciências da Administração**, p. 69 - 84, 2013.

KANNAN, K. S.; MANOJ, K.; ARUMUGAM, S. Labeling methods for identifying outliers. **International Journal of Statistics and Systems**, v. 10, n. 2, p. 231 - 238, 2015.

KIYMAZ, E.; JOHNSON, A. W.; CUNNINGHAM, W. Fuel efficiency assessment with data envelopment analysis. **Journal of Defense Modeling and Simulation**, v. 12, n. 1, p. 57 - 66, 2015.

KORHONEN, P.; SYRJÄNEN, M. Resource allocation based on efficiency analysis. **Management Science**, v. 50, n. 8, p. 1134 - 1144, 2004.

KOSMAS, I. D.; DIMITROPOULOS, P. E. Activity based costing in public sport organizations: evidence from Greece. **Research Journal of Business Management**, v. 8, n. 2, p. 130 - 138, 2014.

KOSOWSKA-STAMIROWSKA, Z. Network effects govern the evolution of maritime trade. **Economic Sciences Computer Sciences PNAS**, v. 117, n. 23, p. 12719 - 12728, 2020.

KOUKAKI, T.; TEI, A. Innovation and maritime transport: A systematic review. **Case Studies on Transport Policy**, v. 8, n. 3, p. 700 - 710, 2020.

LAMPE, H. W.; HILGERS, D. Trajectories of efficiency measurement: A bibliometric analysis of DEA and SFA. **European journal of operational research**, v. 240, n. 1, p. 1 - 21, 2015.

LEÃO, A. C. C. **Eficiência e produtividade da gestão em educação**: evidências das escolas públicas do Distrito Federal. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade

de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/32074. Acesso em: 21 abr. 2024.

LETA, F. R.; GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B.C.; MELLO, M.H.C.S Análise de Envoltória de Dados para alocação de recursos: uma proposta de algoritmo sequencial. 2003. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 35., 2003, Natal. **Anais** [...]. Natal: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2003. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/17048/1/1155.PDF. Acesso em: 5 mar 2024.

LEVINTHAL, D. A. Resource Allocation and Firm Boundaries. **Journal of Management**, v. 43, n. 8, p. 2580 - 2587, 2017.

LI, C.; LIU, Q. Framework design of Changjiang River water traffic safety management information platform. *In*: 2010 INTERNATIONAL CONFRENCE OF INFORMATION SCIENCE AND MANAGEMENT ENGINEERING, 1., 2010, Xi'an. **Anais** […]. Xi'an: Shaanxi University of Science & Technology, 2010.

LIANG, Y.; QI, G.; WEI, K.; CHEN, J. Exploring the determinant and influence mechanism of e-Government cloud adoption in government agencies in China. **Government Information Quarterly**, v. 34, n. 3, p. 481 - 495, 2017.

LIMA FILHO, S. S.; PEIXE, B. C. S. Análise de eficiência na gestão de recursos das Instituições Federais de Ensino Superior à luz da nova administração pública. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, v. 17, n. 43, p. 88 - 103, 2020.

LINHARES, M. N. S.; AGUIAR, P. D. C. As atividades dos agentes da autoridade marítima brasileira na garantia da segurança da navegação, salvaguarda da vida humana no mar e hidrovias interiores e na prevenção da poluição hídrica por embarcações. **Revista FT**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 129, 2023. DOI:10.5281/zenodo.10257762. Disponível em: evistaft.com.br/as-atividades-dos-agentes-da-autoridade-maritima-brasileira-na-garantia-da-seguranca-da-navegacao-salvaguarda-da-vida-humana-no-mar-e-hidrovias-interiores-e-na-prevencao-da-poluicao-hidrica-por-embar/. Acesso em: 24 jan. 2024.

LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. **Análise Envoltória de Dados e Perspectivas de Integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 2000.

LIU, Z.; WU, Z.; ZHENG, Z.; YU, X. A Molecular Dynamics Approach to Identify the Marine Traffic Complexity in a Waterway. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 10, n. 11, p. 1678, 2022.

LOBO, M. S. C.; LINS, M. P. E.; MENEGOLLA, I. A. A new approach to assess the performance of the Brazilian National Immunization Program (NIP). **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 48, n. 1, p. 49 - 56, 2014.

LORENZETT, J. R.; LOPES, A. L. M.; LIMA, M. V. A. Aplicação de método de pesquisa operacional (DEA) na avaliação de desempenho de unidades produtivas para área de educação profissional. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 3, n. 1, p. 168 - 190, 2010.

LOVATO, E. L.; OLIVEIRA, A.G.; GUIMARÃES, I. A.; CATAPAN, A. Sistemas de información de costos en el sector público en Brasil: Un análisis de la percepción del usuarios

acerca de el enfoque de gestión de gobierno. **Journal Globalization, Competitiveness and Governability**, v. 10, n. 1, p. 16 - 41, 2016.

LU, W. M. Benchmarking management in military organizations: A non-parametric frontier approach. **African Journal of Business Management**, v. 5, n. 3, p. 915, 2011.

LUQUE, C. A.; CRUZ, H. N.; AMARAL, C. M.; BENDER, S.; SANTOS, P. M. O processo orçamentário e a apuração de custos de produtos e serviços no setor público do Brasil. **Revista do Serviço Público**, v. 59, n. 3, p. 309 - 331, 2008.

MACHADO, N.; HOLANDA, V. B. de. Diretrizes e modelo conceitual de custos para o setor público a partir da experiência no governo federal do Brasil. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, RJ, v. 44, n. 4, p. 791 - 820, 2010.

MARJANOVIĆ, I.; STANKOVIĆ, J. J.; POPOVIĆ, Ž. Efficiency estimation of commercial banks based on financial performance: Input oriented DEA CRS/VRS models. **Economic Themes**, v. 56, n. 2, p. 239 - 252, 2018.

MARQUES, L.B.; FERRAZ, S. E..S. S.; SILVA, A. O PAPEL DA Marinha do Brasil nas águas internacionais no Rio Paraguai. **Revista GeoPantanal**, v. 18, n. 34, p. 57 - 73, 2023.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINEZ-MARQUEZ, D. *et al*. Application of eye tracking technology in aviation, maritime, and construction industries: A systematic review. **Sensors**, v. 21, n. 13, 2021.

MÄTTÖ, T.; SIPPOLA, K. Cost Management in the Public Sector: Legitimation Behaviour and Relevant Decision Making. **Financial Accountability and Management**, v. 32, n. 2, p. 179 - 201, 2016.

MATTOS, E.; TERRA, R. Conceitos de Eficiência. *In*: : BOUERI, R.; ROCHA, F. F.; RODOPOULOS, F. M. A (org.) **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. p. 211 - 233. Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015.

MAUSS, C. V.; DIEHL, C. A.; BLEIL, C. A gestão de custos como instrumento da eficiência pública no Brasil e em outros países. **Revista Eletrônica de Administração e Turismo-ReAT**, v. 6, n. 3, p. 595 - 609, 2015.

MELLO, J.C.C.B.S.; GOMES, E. G.; LETA, F.R.; MELLO, M.H.C.S. Algoritmo de alocação de recursos discretos com análise de envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, v. 26, p. 225 - 239, 2006.

MELLO, L. S. C.; CARDOSO, L. F.; PESSANHA, J. F. M. Análise envoltória de dados na avaliação de eficiência da gestão contábil de alimentos em navios da Marinha do Brasil. *In*: Anais do CONGRESSO UFG DE CONTABILIDADE, CONTROLADORIA E FINANÇAS, 2., 2021, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2021.

MELLO, L. S. C.; SANTOS JUNIOR, M. T.; PESSANHA, J. F. M. Um modelo de regressão linear múltipla para a gestão contábil de alimentos dos navios da Marinha do Brasil. *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, GESTÃO E INOVAÇÃO 4.,2021, Juazeiro do Norte. **Anais** [...]. Juazeiro do Norte: Universidade Regional do Cariri, 2021.

MELO, R. S. S.; DO, D.; TILLMAN, G.B.; GRANJA, A.D. Target value design in the public sector: evidence from a hospital project in San Francisco, CA. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 12, n. 2, p. 125 - 137, 2016.

MERGONI, A; EMROUZNEJAD, A; WITTE, K. Fifty years of data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, no prelo, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.12.049. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/387491498_Fifty_years_of_Data_Envelopment_Analysis Acesso em: 25 fev. 2025.

MERGONI, A.; WITTE, K. Policy evaluation and efficiency: A systematic literature review. **International transactions in operational research**, v. 29, n. 3, p. 1337 - 1359, 2022.

MESSIAS, D.; FERREIRA, J. C.; SOUTES, D. O. Gestão de custos no setor público: um panorama de experiências internacionais. **Revista do Serviço Público - RSP**, v. 69, n. 3, p. 63 - 82, 2018.

MEYER, J.W.; ROWAN, B. Institutionalized organizations: Formal structure as myth and ceremony. **American journal of sociology**, v. 83, n. 2, p. 340 - 363, 1977.

MITU, N. E.; STANCIU, C. V. Public Sector Performance and Public Sector Efficiency: An Analysis for CEE Countries. **Eastern European Economics**, v. 61, n. 6, p. 700 - 722, 2023.

MORAES, A. **Direito constitucional**. 33ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MORAES, F. P. Novos paradigmas para a segurança marítima na Amazônia Azul. **Revista Passadiço**, v. 33, n. 40, p. 14 - 14, 2020.

MOUSINHO, F. E. P. *et al*. Variabilidade Espacial dos Percentis 75 da precipitação pluvial anual para o Estado do Piauí. **Revista Irriga**, v. 11, n. 2, 2006.

MUHAMMAD, A.; RAO, T.; FAROOQ, Q. DEA Window Analysis with slack-based measure of Efficiency in Indian Cement Industry. **Statistics, Optimization & Information Computing**, v. 6, n. 2, p. 292 - 302, 2018.

NARBÓN-PERPIÑÁ, I.; WITTE, K. Local governments' efficiency: a systematic literature review - part I. **International Transactions in Operational Research**, v. 25, n. 2, p. 431 - 468, 2018.

NATARAJA, N. R.; JOHNSON, A. L. Guidelines for using variable selection techniques in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 215, n. 3, p. 662 - 669, 2011.

NEGRI, C.; DINCĂ, G. Public sector's efficiency as a reflection of governance quality, an European Union study. **PLoS ONE**, v. 18, n. 9, 2023.

NEUENFELDT JÚNIOR, A. L.; MACHADO, C. M.; SILUK, J. C. M.; SOLIMAN, M.; HUPFER, N. T.; PARIS, S. R. Comparativo entre as metodologias MCDA-C, DEA e AHP. **Revista da FAE**, v. 18, n. 1, p. 6 - 19, 2015.

NUNES, G. C.; NASCIMENTO, M. C. D.; ALENCAR, M. A. C. Pesquisa científica: conceitos básicos. **ID on line Revista Multidisciplinar e de psicologia**, v. 10, n. 29, p. 144 - 151, 2016.

OLIVEIRA, A. A. Todo militar é gestor: breves reflexões sobre boas práticas de planejamento das contratações públicas. **Revista da Secretaria de Economia e Finanças - O Gestor Militar**, v. 3, n. 4, p. 21 - 25, 2023.

OLIVEIRA JUNIOR, J.N. Orçamento por resultados: aprimoramentos ao processo orçamentário na Marinha do Brasil. **Acanto em Revista**, v. 7, n. 7, 2020.

OLIVEIRA, K. P.; PAULA, A.P.P. Herbert Simon e os limites do critério de eficiência na nova administração pública. **Cadernos de Gestão Pública e Cidadania**. v. 19, n. 64, p. 113 - 126, 2014.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Catalão: UFG, 2011.

ONYANGO, S.; OWIREDU, S. A.; KIM, K. I.; YOO, S. L. A Quasi-Intelligent Maritime Route Extraction from AIS Data. **Sensors**, v. 22, n. 22, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **ONU News Perspectiva Global Reportagens Humanas**. [*S. l.*], 2023. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2023/01/1807502. Acesso em: 24 set. 2024.

PACHECO, F.; SÁNCHEZ, R.; VILLENA, M. G. A Longitudinal Parametric Approach to Estimate Local Government Efficiency. **Munich Personal RePEc Archive**. n. 54918, 2014. Disponível em: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/54918/. Acesso em: 23 fev. 2024.

PACHECO, R. S. Mensuração de desempenho no setor público: os termos do debate. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 14, n. 55, 2009.

PEREIRA, D. A.; SAUERBRONN, F. F.; FONSECA, A.C. P. D.; MACEDO, M. A. S. Práticas Estratégicas de Orçamentação e Faturamento na Administração Pública: Um Estudo de Caso na Marinha do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Estratégia**, v. 15, n. 02, p. 71 - 89, 2016.

PEREIRA, F. A. M. A evolução da teoria institucional nos estudos organizacionais: um campo de pesquisa a ser explorado. **Revista Organizações em Contexto**, v. 8, n. 16, p. 275 - 295, 2012.

PEREIRA, J. M. P. Teoria institucional aplicada à contabilidade: Evolução e perspectivas Institutional Theory applied to accounting: Evolution and perspectives. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 96651 - 96699, 2021.

PEREIRA, M. S.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; LIMA, P. M.; TABAK, B. M.; CONSTANTINO, M. Sanitation and water services: Who is the most efficient provider public or private? **Evidences for Brazil.** Socio-Economic Planning Sciences, v. 79, p. 101149, 2022.

PEREIRA, N. A.; TAVARES, M. Eficiência do setor sucroenergético com base na análise de janelas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 59 - 82, 2020.

PEREIRA, O. L. C. B.; SPINK, P. K. **Reforma do Estado e administração pública gerencial**. Editora FGV, 2015.

PEREIRA, R. S.; VIEIRA, S. F. A.; MADKUR, F. N. A Eficiência na alocação dos recursos de escolas municipais de São José dos Pinhais/PR: um estudo a partir da análise envoltória de dados (DEA). **Revista Interdisciplinar de Gestão Social**, v. 7, n. 3, 2018.

PESSANHA, J. F. M.; MELO, A. C.G. Benchmarking the operational expenditures of Brazilian transmission utilities by using DEA models. **Electric Power Systems Research**, v. 190, p. 106675, 2021.

PIMENTEL, V. H. P.; BATISTA, B. B. Levantamento das principais infrações cometidas pelas embarcações na região oeste do Pará. **Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos**. v. 2, p. 150 - 163, 2021.

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A. Eficiência e eficácia na administração: proposição de modelos quantitativos. **Revista Unemat de Contabilidade**, v. 6, n. 11, 2017.

PROFETA, G. A.; CAMPOS, S. A. C.; BARROSO, P. S.; NEY, V. S. P. Eficiência dos municípios da Região Norte Fluminense no uso dos recursos públicos: uma análise de 2011 a 2016. **Petróleo Royalties e Região**, v. 18, n. 68, 2021.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2024. Disponível em: http://www.R-project.org. Acesso em: 5 abr. 2024.

REIS, M. V. S. A.; WEITZEL, L. Análise experimental da eficácia de algoritmos de aprendizado de máquina na classificação de registros de acidentes da navegação. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, n. 19, p. 42 - 52, 2017

RAZMJOOEI, D.; ALIMOHAMMADLOU, M.; KORDSHOULI, H. R.; ASKARIFAR, K. A bibliometric analysis of the literature on circular economy and sustainability in maritime studies **Environment, Development and Sustainability**, v. 26, n. 3, p. 5509 - 5536, 2024.

REZENDE, F.; CUNHA, A.; CARDOSO, R. L. Custos no setor público. **Revista de Administração Pública**, v. 44, p. 789 - 790, 2010.

ROSANO-PEÑA, C.; GOMES, E. B. P. Eficiência e produtividade no setor público: conceitos e medidas. *In*: MADURO-ABREU, A. (org.). **Gestão judiciária**: conteúdos e disciplina. Brasília: Editora IABS, p. 188 - 249, 2018.

SADEGHI, J.; DEHNOKHALAJI, A. A comprehensive method for the centralized resource allocation in DEA. **Computers and Industrial Engineering**, v. 127, p. 344 - 352, 2019.

SALES, J. C.; PEIXE, B. C. S. Mensuração da eficiência e produtividade da rede estadual de ensino médio. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, 2022.

SANO, H.; MONTENEGRO FILHO, M. J. F. As técnicas de avaliação da eficiência, eficácia e efetividade na gestão pública e sua relevância para o desenvolvimento social e das ações públicas. **Desenvolvimento em Questão**, v. 11, n. 22, p. 35 - 61, 2013.

SANTANA, E. C.; CORRÊA, C. R. O emprego do Sistema de Informação de Custos (SIC) do Governo Federal na Marinha do Brasil: Uma análise gerencial dos custos no setor público. **Pensar Contábil**, v. 16, n. 61, 2015.

SANTHIAPILLAI, F. P.; RATNAYAKE, R. M. C. Risk-based prioritization method for planning and allocation of resources in public sector. **TQM Journal**, v. 34, n. 4, p. 829 - 844, 2022.

SANTOS, J. **Aplicação da análise de envoltória de dados no estudo da eficiência dos grupamentos de bombeiros militar do estado do Pará**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPE_3cfd90db15cfff4411662c61ecdccd28. Acesso em: 17 set. 2024.

SANTOS, J. T. A. N.; CARDOSO, P.; MOITA, M. H. V. Análise envoltória de dados como mecanismos de avaliação e monitoramento do desempenho do programa de manutenção de hidrovias interiores. **Journal of Transport Literature**, v. 6, p. 66 - 86, 2012.

SANTOS JUNIOR, M. T.; MELLO, L.S.C.; ALVES; F.J.S.; PESSANHA, J.F.M.; FILGUEIRAS, M.V. Avaliação da Eficiência na Realização de Inspeções e Vistorias Navais sob o prisma do Sistema de Custos da Marinha (SCM) e da Análise Envoltória de Dados (DEA). *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, 10., 2023, Brasília. **Anais** [...]. Brasília: Sociedade Brasileira de Administração Pública, 2023a. Disponível em: https://sbap.org.br/ebap-2023/anais/documento_final-74.pdf. Acesso em: 4 set. 2023.

SANTOS JUNIOR, M. T.; MELLO, L.S.C.; CARDOSO, I.L.S.; MIRAS, T.F.; PESSANHA, J.F.M. Eficiência nas Organizações Militares de Saúde da Marinha do Brasil: Um Estudo dos Custos com Atendimentos Médicos e Hospitalares por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA). **Pensar Contábil**, v. 25, n. 88, p. 49 - 59, 2023b.

SAUERBRONN, F. F.; MARTINS, M. R. Análise da eficiência dos municípios brasileiros na gestão dos recursos da Atenção básica em saúde nos anos de 2010 e 2011. *In*: CONGRESSO DE CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 15., 2015, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015.

SCARPIN, J. E.; SLOMSKI, V. A precisão na previsão das Receitas Orçamentárias antes e após a Lei de Responsabilidade Fiscal. **Revista Universo Contábil**, v. 1, n. 2, p. 23 - 39, 2005.

SHAW, E. H. A general theory of systems performance criteria. **International Journal of General Systems**, v. 38, n. 8, p. 851 - 869, 2009.

SILVA, A. S.; GRACILIANO, E. A.; SIQUEIRA, J. R. O Emprego do Custeio por Absorção na Marinha do Brasil: O Caso das Organizações Militares Prestadoras de Serviços. **Pensar Contábil**, Rio de Janeiro, v. 12, ed. 49, p. 42 - 51, set/dez. 2010.

SILVA, C. L. M.; GONÇALVES, S. A. Nota técnica: a teoria institucional. **Handbook de estudos organizacionais**, v. 1, p. 211 - 242, 1999.

SILVA, C. R. M.; CRISÓSTOMO, V. L. Gestão fiscal, eficiência da gestão pública e desenvolvimento socioeconômico dos municípios cearenses. **Revista de Administração Pública**, v. 53, n. 4, p. 791 - 801, 2019.

SILVA, F. G. F.; MARTINS, F. G. D.; ROCHA, C. H.; ARAÚJO, C. E. F. Análise exploratória da eficiência produtiva dos portos brasileiros. **Transportes**, v. 19, n. 1, p. 5 - 12, 2011.

SILVA, M. C.; OLIVEIRA, A. F.; MARTINS, J. D. C.; SILVA, J. D. G. Análise envoltória de dados na avaliação da eficiência das despesas de investimentos dos Estados e do Distrito Federal. **Revista Universo Contábil.** v. 10, n. 3, p. 114 - 133, 2014.

SILVA, S. A. L.; MENEZES, J. P. C. B.; PAULA, J. S.; CHAIN, C. P. Métodos e técnicas quantitativas em contabilidade e finanças: Uma análise sob a ótica do *software* R. **Pensar Contábil**, v. 19, n. 68, p. 37 - 46, 2017.

SILVA, T. B.; COSTA, J. A. Utilização da metodologia DEA (Data Envelopment Analysis) para avaliar a eficiência do Municiamento em Organizações Militares da Marinha do Brasil. **Acanto em Revista**, v. 10, n. 10, 2023.

SILVEIRA, C. R.; FLÔR, R.C.; MACHADO, R. R. **Metodologia da pesquisa**. Florianopolis: IFSC, 2011.

SILVEIRA, H.V. O princípio constitucional da eficiência sob uma perspectiva multidimensional. **Revista Jurídica Eletrônica do TRE-SE**, n. 1, p. 58 - 76, 2011.

SLOMSKI, V.; CAMARGO, G. B.; AMARAL FILHO, A. C. C; SLOMSKI, V. G. A demonstração do resultado econômico e sistemas de custeamento como instrumentos de evidenciação do cumprimento do princípio constitucional da eficiência, produção de governança e accountability no setor público: uma aplicação na Procuradoria-Geral do Município de São Paulo. **Revista de Administração Pública**, v. 44, p. 933 - 937, 2010.

SOARES, R. C. F. **O emprego das forças armadas em atividades subsidiárias**: o caso da Marinha do Brasil. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Pública) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/3af86e95-11c5-415d-9563-0706788ed54d/content. Acesso em: 30 ago. 2024.

SOUZA, A. A.; AVELAR, E. A.; LARA, A. L.; GONÇALVES, M. R.; SOUZA, C. U. Análise dos padrões de investimentos dos hospitais brasileiros com base na análise envoltória de dados (DEA). **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 11, n. 3, p. 701 - 720, 2018.

SOUSA, K. M. Eficiência em educação dos governos locais brasileiros: a qualidade da informação contábil ajuda? **Revista Universo Contábil**, v. 18, 2023.

SOUZA, F.; ANDRADE, A.; SILVA, M. C. Eficiência na Alocação de Recursos Públicos destinados ao Ensino Fundamental: um Estudo da sua relação com a condição financeira de Municípios Brasileiros. **ConTexto,** v. 15, n. 31, p. 81 - 99, 2015.

SOUZA, M. F.; SILVA, L. S. Contabilidade de Custos: Um Estudo Na Administração Pública. **Revista São Luis Orione**, v. 6, n. 1, 2019.

SOUZA, P. C.; SCATENA, J. H. G.; KEHRIG, R. T. Aplicação da Análise Envoltória de Dados para avaliar a eficiência de hospitais do SUS em Mato Grosso. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v. 26, p. 289 - 308, 2016.

STASTNÁ, L.; GREGOR, M. **Local government efficiency:** Evidence from the Czech municipalities**.** IES Working Paper 14/2011. IES FSV. Charles University, 2011.

SUN, S. Assessing joint maintenance shops in the Taiwanese Army using data envelopment analysis. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 3, p. 233 - 245, 2004.

TAJ, S., SHIRVANI, H., MIRSHAB, B., ZIYA, A. A. Bank efficiency in Turkey during the recent global crisis. **Banks & bank systems**, n. 7, Iss. 2, p. 5 - 10, 2012.

TAO, X.; XIONG, B.; AN, Q. DEA-based centralized resource allocation with network flows. **International Transactions in Operational Research**, v. 28, n. 2, p. 926 - 958, 2021.

TAYEBI, A.; LILA, A.; CHEIKH, S.; LUTFI, B. Technical efficiency measurement in insurance companies by using the slacks-based measure (SBM-DEA) with undesirable outputs: analysis case study. **Competitiveness Review**, v. 34, n. 1, p. 229 - 243, 2024.

TEIXEIRA, A. M. C. A segurança do tráfego aquaviário nas águas jurisdicionais brasileiras. **Revista Científica Semana Acadêmica**, v.10, n. 217, 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.352/2236-6717-217-12337. Disponível em: emanaacademica.org.br/system/files/artigos/a_seguranca_do_trafego_aquaviario_nas_aguas_jurisdicionais_brasileiras.pdf. Acesso em: 15 fev. 2024.

TOLBERT, P. S.; ZUCKER, L. G. The institutionalization of institutional theory. Studying organization. **Theory & method**, v. 1, p. 169 - 184, 1999.

TONE, K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European journal of operational research**, v. 130, n. 3, p. 498 - 509, 2001.

TONE, K. Data envelopment analysis as a Kaizen tool: SBM variations revisited. **Bulletin of Mathematical Sciences and Applications**, v. 16, n. 3, p. 49, 2016.

TONE, K.; TOLOO, M.; IZADIKHAH, M. A modified slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 287, n. 2, p. 560-571, 2020.

TONE, K.; TSUTSUI, M. Dynamic DEA: A slacks-based measure approach. **Omega**, v. 38, n. 3-4, p. 145-156, 2010.

TONE, K.; TSUITSUI, M. Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. **Omega**, v. 42, n. 1, p. 124 - 131, 2014.

TUTTLE, B.; DILLARD, J. Beyond competition: Institutional isomorphism in US accounting research. **Accounting Horizons**, v. 21, n. 4, p. 387-409, 2007.

VAILATTI, J. L.; ROSA, F. S.; VICENTE, E. F. R. A Teoria Institucional aplicada à Contabilidade Gerencial: análise da contribuição teórica e metodológica de publicações internacionais ocorridas no período de 2006 a 2015. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 16, n. 47, 2017.

VARELA, P. S.; MARTINS, G. A.; FÁVERO, L. P. L. Desempenho dos municípios paulistas: uma avaliação de eficiência da atenção básica à saúde. **Revista de Administração**, v. 47, n. 4, p. 624-637, 2012.

VARELA, P. S. **Financiamento e controladoria dos municípios paulistas no setor saúde**: uma avaliação de eficiência. 2008. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade:

Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. DOI:10.11606/T.12.2008.tde-19012009-113206. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-19012009-113206/pt-br.php. Acesso em: 30 ago. 2024.

XU, S.; MA, M.; YIN, K.; TANG, S. Risk evaluation system of navigation security based on coupled wind and wave model: A case of study of Qiongzhou strait. **IET Intelligent Transport Systems**, v. 14, n. 10, p. 1311 - 1318, 2020.

YANG, T.; WANG, P.; LI, F. Centralized Resource Allocation and Target Setting Based on Data Envelopment Analysis Model. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2018, p. 1 - 10, 2018.

APÊNDICE – Dados das amostras, referentes aos insumos e produtos anuais coletados

Tabela 23 - Insumos e produtos coletados das CF 2021 – 2023

Ano	DMU	MA 04.00 (R$)	MA 59.00 (R$)	AIL (R$)	IN/VS T (UN)	ACD (UN)	EMB (UN)	AJ (Km²)
2021	CF-1	197461,31	1644408,94	1530522,41	1748	3	4609	586513,991
2021	CF-2	49644,78	15810,59	877220,20	2189	5	4948	115066,577
2021	CF-3	401420,52	313151,78	2802966,25	4435	35	12488	434339,514
2021	CF-4	198712,37	1054962,96	1882666,00	453	13	32342	135114,950
2021	CF-5	318146,86	17556,28	3288834,22	2610	10	16700	357142,081
2021	CF-6	245239,07	143542,46	3442032,10	3548	8	9969	277423,627
2021	CF-7	196601,72	118317,59	2412181,05	3742	4	54580	99136,007
2021	CF-8	20897,67	17905,41	1233195,57	878	1	1592	246867,635
2021	CF-9	69003,11	1095400,92	4125529,94	2872	12	19538	139500,684
2021	CF-10	342424,46	495280,39	1992326,85	1868	12	88589	156482,426
2021	CF-11	4529547,83	835051,39	14765133,32	7797	36	17514	594184,984
2021	CF-12	617565,96	892829,41	7566140,96	7310	25	7353	237754,173
2021	CF-13	965883,52	242795,36	3402925,50	13002	4	3757	201156,295
2022	CF-1	631163,09	1555745,78	1572176,41	937	7	5211	586513,991
2022	CF-2	67882,31	8012,68	854081,10	1644	8	4994	115066,577
2022	CF-3	767151,24	627057,52	2714417,92	4745	41	12503	434339,514
2022	CF-4	373071,32	2146715,95	1955980,96	530	15	32377	135114,950
2022	CF-5	371761,41	39876,31	3262196,64	1954	12	16894	357142,081
2022	CF-6	255874,12	70869,87	2989009,06	3828	4	10039	277423,627
2022	CF-7	168911,45	91097,21	2508986,77	3927	10	53342	99136,007
2022	CF-8	89104,28	78989,94	1435244,73	2412	4	3053	246867,635
2022	CF-9	575804,26	1400205,59	4244940,96	2366	8	19600	139500,684
2022	CF-10	493364,44	318972,14	2402701,79	1503	14	88913	156482,426
2022	CF-11	3998964,35	1071395,83	14099124,12	8436	30	17487	594184,984
2022	CF-12	1558235,08	1597973,23	9184075,27	7655	18	7374	237754,173
2022	CF-13	1167009,83	363772,53	3444342,93	14799	6	3758	201156,295
2023	CF-1	229499,52	2241623,49	2139079,33	1780	3	6315	586513,991
2023	CF-2	73067,47	27210,60	1036004,35	1755	4	5065	115066,577
2023	CF-3	552220,96	2082772,42	3410766,03	5783	31	12516	434339,514
2023	CF-4	427913,79	1508344,97	2529837,80	529	15	32590	135114,950
2023	CF-5	536578,06	15106,70	3260138,16	4705	3	17292	357142,081
2023	CF-6	247696,85	21326,49	2963082,26	3306	11	10052	277423,627
2023	CF-7	142451,11	199522,97	3103473,72	2587	11	52161	99136,007
2023	CF-8	104386,24	28588,85	1183732,67	856	6	4334	246867,635
2023	CF-9	504898,84	1559199,72	5387728,83	2083	10	19655	139500,684
2023	CF-10	823408,67	388609,67	2605179,95	1466	22	89182	156482,426
2023	CF-11	3197752,48	2460138,60	16471973,84	8450	51	17425	594184,984
2023	CF-12	1057332,60	2321604,67	10887196,82	5078	17	7411	237754,173
2023	CF-13	743028,49	905606,42	3763649,20	12828	8	3761	201156,295

Fonte: BRASIL. Marinha, 2024.

Tabela 24 - Insumos e produtos coletados das CP 2021 – 2023 (continua)

Ano	DMU	MA 04.00 (R$)	MA 59.00 (R$)	AIL (R$)	IN/VST (UN)	ACD (UN)	EM (UN)	AJ (Km²)
2021	CP-1	445292	2279340,82	5590579,63	5734	49	21028	46095
2021	CP-2	1428299,81	1075354,35	8325991,89	8215	35	58888	16809,137
2021	CP-3	633214,7	694223,31	2958389,02	4589	56	5477	7696,846
2021	CP-4	590158,87	60436,58	4970269,34	6264	8	22115	564760,43
2021	CP-5	768788,97	378225,83	2839580,51	3381	3	4472	21938,188
2021	CP-6	353347,78	520238,09	5527123,38	4319	16	12539	98086,486
2021	CP-7	261983,94	164818,7	2279555,78	7611	19	5910	52809,599
2021	CP-8	540311,15	378079,95	6404664,13	3341	23	6898	148894,45
2021	CP-9	1442692,96	939814,26	6582740,28	5468	54	22430	654796,02
2021	CP-10	1129459,79	806289,83	4439394,88	5976	51	14409	249205,94
2021	CP-11	1163023,63	1250502,01	7242505,54	5056	25	7199	329651,5
2021	CP-12	52931,35	646327,57	1725466,13	1916	9	3785	251755,48
2021	CP-13	319694,02	39556,61	3483619,45	1048	25	13220	55054,283
2021	CP-14	1002946,28	729448,04	5191136,81	3681	18	22554	95730,685
2021	CP-15	2578542,38	944226,66	3492951,22	5211	15	32284	59798,292
2021	CP-16	2796669,51	1339765,27	5676381,23	4727	60	98987	161312,68
2022	CP-1	1018271,28	1472519,85	5758651,31	5194	51	20949	46095
2022	CP-2	1284795,09	871602,2	8363251,9	9424	56	58607	16809,137
2022	CP-3	729506,24	587939,88	3094471,02	3741	47	5432	7696,846
2022	CP-4	446866,96	123504,75	4917083,37	7440	12	22096	564760,43
2022	CP-5	561182,81	460008,59	2812136,71	5109	6	4445	21938,188
2022	CP-6	383394,32	820096,14	5545570,95	8828	14	12454	98086,486
2022	CP-7	391407,77	213171,27	2413886,54	7046	19	5912	52809,599
2022	CP-8	428473,92	457681,08	6532347,63	6931	23	6892	148894,45
2022	CP-9	452503,81	1405049,63	10202858,9	6254	53	22396	654796,02
2022	CP-10	981873,3	994751,41	5552273,75	5688	35	14395	249205,94
2022	CP-11	1138193,01	1355013,72	7289050,37	8478	21	7197	329651,5
2022	CP-12	414339,47	771728,69	1855415,46	1876	2	3803	251755,48
2022	CP-13	604606,6	98233,83	3662021,95	1201	29	13219	55054,283
2022	CP-14	935232,37	1052121,7	5555010,64	2738	14	22547	95730,685
2022	CP-15	1108339,67	1225821,33	4488888,3	3181	18	32317	59798,292
2022	CP-16	2828251,67	1529313,68	5920938,36	4703	72	98387	161312,68
2023	CP-1	1259968,19	2114160,67	5734865,35	5919	57	20678	46095
2023	CP-2	1245636,08	916383,08	8111520,72	14385	57	58094	16809,137
2023	CP-3	798051,7	583896,16	3119528,54	4410	63	5352	7696,846
2023	CP-4	481072,6	132426,91	4958103,53	19287	16	22042	564760,43
2023	CP-5	527885,61	567270,23	3206667,58	5403	4	4403	21938,188
2023	CP-6	395787,83	963428,65	6142314,15	8675	14	12382	98086,486
2023	CP-7	360709,35	179969,95	2414821,54	7206	14	5904	52809,599
2023	CP-8	397497,74	650014,11	6587109,64	6546	32	6889	148894,45
2023	CP-9	3575196,45	1141467,44	9969341,19	4360	41	22387	654796,02
2023	CP-10	1071793,39	1096249,48	5732746,13	7131	23	14360	249205,94
2023	CP-11	925340,29	872314,64	6948114,05	5002	24	7203	329651,5
2023	CP-12	454920,26	803431,22	2660251,96	839	5	3802	251755,48

Tabela 24 - Insumos e produtos coletados das CP 2021 – 2023 (conclusão)

Ano	DMU	MA 04.00 (R$)	MA 59.00 (R$)	AIL (R$)	IN/VST (UN)	ACD (UN)	EM (UN)	AJ (Km²)
2023	CP-13	344661,11	65077,17	3880446,79	1062	32	13196	55054,283
2023	CP-14	871019,3	1598298,06	5877838,27	3043	9	22698	95730,685
2023	CP-15	1001292,2	1318124,44	4751478,51	3911	16	32465	59798,292
2023	CP-16	2244101,17	6685209,94	9153440,85	7471	63	97768	161312,68

Fonte: BRASIL. Marinha, 2024