

## **Diagnóstico e perspectivas da infraestrutura logística da Bahia**

## **Sizing and prospects for Bahia's logistics infrastructure**

## **Diagnóstico y perspectivas de la infraestructura logistica de Bahia**

**Ademar Nogueira do Nascimento**

Doutor em Engenharia Química

Instituição: Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Endereço: Salvador – Bahia, Brasil

E-mail: annas@ufba.br

**André Bergsten Mendes**

Doutor em Engenharia Naval e Oceânica

Instituição: Universidade de São Paulo (USP)

Endereço: São Paulo – São Paulo, Brasil

E-mail: andbergs@usp.br

### **RESUMO**

O presente artigo avalia a infraestrutura portuária da Bahia, apresentando diagnóstico e perspectivas de seus portos e terminais privados, destacando sua movimentação de cargas com evidências de necessária ampliação da capacidade de parte dessas instalações, diante da elevada taxa de utilização destas. O Complexo Portuário da Bahia, constituído de três portos públicos e sete terminais, encontra-se predominantemente instalado na Baía de Todos-os-Santos, porto natural, configurando-se como um dos mais importantes *cluster* de apoio transporte marítimo nacional. Revelam-se as vantagens de suas aquavias e as limitações dos modais rodo-ferroviário para atendimento à *supply chain* destas instalações. Contribuindo para as análises de opções de ampliação da capacidade, desenvolve-se modelo matemático de teoria de filas com o objetivo de avaliar o estado atual da fila de navios de seu único terminal de contêiner (TECON), empregando-se os softwares R e QSB<sup>+</sup>, bem como avalia-se a recomendação da Associação de Usuários de Portos – USUPORT, que propõe a construção de novo terminal, cuja capacidade atenderia em quase cinco vezes a atual movimentação de contêineres. Os resultados desta modelagem revelam as limitações desta proposta, em relação ao impacto gerado no Porto de Salvador e seu entorno, em termos de fluxo de veículos, bem como ao provável aumento de emissões gasosas (NOx).

**Palavras-chave:** portos, infraestrutura, teoria de filas, capacidade instalada, *supply chain*

### **ABSTRACT**

This article evaluates Bahia's current port infrastructure and its prospects, highlighting its significant cargo movement with evidence of a necessary expansion of capacity, given its high utilization rate. This port site, made up of ten terminals and ports, is predominantly in the Bay of All Saints, a natural port, and is one of the most important waterway support clusters in Brazil. It reveals the advantages of its waterways and the limitations of road and rail modes aimed at serving the supply chain of these facilities. Contributing to the analysis of capacity expansion options, it presents a mathematical model of queuing theory with the aim of evaluating the current state of the queue of ships at its only container terminal (TECON), using the QSB+ software, as

well as the recommendation from the Bahia Port Users Association – USUPORT, which proposes the construction of a new terminal, expanding its current installed capacity by almost five times. The results of this modeling also reveal the limitations of this proposal, both from the point of view of the impact generated on the current Port of Salvador and its surroundings, as well as the significant increase in gaseous emissions (NOx) to be generated.

**Keywords:** ports, Infrastructure, queuing theory, Installed capacity, supply chain

## RESUMEN

Este artículo evalúa la infraestructura portuaria de Bahía, presentando un diagnóstico y perspectivas de sus puertos y terminales privadas, destacando su manejo de carga con evidencias de la necesaria ampliación de la capacidad de parte de estas instalaciones, dada la alta tasa de uso. El Complejo Portuario de Bahía, compuesto por tres puertos públicos y siete terminales, se instala predominantemente en la Bahía de Todos los Santos, un verdadero puerto natural, configurándose como uno de los más importantes clústeres de apoyo para el transporte marítimo nacional. Se revelan las ventajas de sus vías navegables y las limitaciones de los modos carretera-ferrocarril para servir a la cadena de suministro de estas instalaciones. Contribuyendo al análisis de opciones para la expansión de capacidad, se desarrolla un modelo matemático de teoría de colas con el objetivo de evaluar el estado actual de la cola de buques de su terminal única de contenedores (TECON), utilizando los softwares R y QSB+, así como la propuesta de la Asociación de Usuarios Portuarios – USUPORT, para la construcción de una nueva terminal, para atender casi cinco veces el movimiento actual de contenedores. Los resultados de esta modelización revelan las limitaciones de esta propuesta, en relación con el impacto generado en el Puerto y su entorno, en términos de flujo vehicular, así como el probable aumento de las emisiones gaseosas (NOx).

**Palabras clave:** puertos, infraestructura, teoría de las colas, capacidad instalada, *supply chain*.

## 1 INTRODUÇÃO

Em seu litoral (1075 km), a Bahia abriga três portos públicos organizados (Salvador, Aratu-Candeias e Ilhéus) e sete terminais de uso privado -TUP (Madre de Deus, Dow Química, Cotelândia, Usiba, Regaseificação, Belmonte e Enseada Industrial). Inclui-se no Porto de Salvador o Terminal de Contêineres (TECON). Abriga, assim, um dos mais importantes complexos portuários do país, certamente em razão da natural e propícias condições portuárias (Baía de Todos-os-Santos/BTS).

Quanto aos modais de transporte, a Bahia é servida pelas principais rodovias federais, tais como as BRs 242, 116, 101 e 324, além de importantes rodovias estaduais a exemplo da BA 093 e BA 524, esta última servindo diretamente ao seu mais importante porto (Aratu-Candeias). São

por essas e outras estradas que são transportadas as cargas rodoviárias que se destinam ao complexo portuário da BTS.

No que se refere ao modal aquaviário, trafegam e aportam os maiores navios de *contêiners* do atlântico sul (*new panamax*), com comprimento de 366 metros e capacidade de até 14 mil TEUs (contêineres). As principais rotas são de cabotagem (norte-sul) e longo curso (América do Norte, Europa e Ásia).

Quanto ao modal ferroviário, dispõe-se da Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), administrada pela Valor da Logística Integrada (VLI), tendo no corredor Minas-Bahia a extensão de 2.375 km. Apesar desta dimensão, a FCA na Bahia representa pouco quando comparada com o atendimento à demanda potencial dos portos públicos e TUPs, que movimentam cargas de derivados de petróleo, produtos químicos, minérios, fertilizantes, frutas e cargas em contêineres, dentre outras, servindo apenas o Porto de Aratu em um pequeno ramal de 10 km.

Apesar desta infraestrutura, a Associação de Usuários de Portos da Bahia – USUPORT (2023), defende no relatório “Agenda Mínima 2023-2026”, que a capacidade portuária da Bahia seja ampliada, construindo-se mais um terminal de contêiner, controversa proposta que precisa ser técnica e cientificamente avaliada, e mais um pier de atracação de navios de granéis líquidos (porto de Aratu), arguindo-se que há crescente perda de cargas para portos de outros estados.

Assim, considerando-se esse cenário, este artigo tem por objetivos: 1) realizar diagnóstico do cenário portuário da Bahia para avaliar a infraestrutura disponível, capacidade e quantitativo de movimentação de cargas, 2) avaliar, com base em modelagem de filas de espera, o comportamento do sistema de filas do atual TECON para comparar com a proposição da USUPORT (2023), aferindo sua sustentabilidade técnica e suas consequências ambientais (emissões gasosas).

Adotou-se, portanto, uma abordagem em forma de pesquisa exploratória, com interpretação da realidade (diagnóstico) e dedutiva, amparado em método matemático (teoria de filas) para predizer e comparar, com indicadores, estados de filas de navios em portos.

A pesquisa revela que no estado da Bahia, apesar de sua relevância econômica, e apresentar excesso de capacidade para *contêiner*, de fato há indícios de demanda reprimida para outras cargas, podendo implicar em perdas de mercado pelos portos, principalmente em razão das dificuldades de interconexão logística, e desbalanceamento da capacidade, visto que existem algumas instalações com excesso e outras com falta deste indicador. Especificamente em relação

a *contêiner*, os resultados indicam elevados impactos ambientais, em termos de emissões gasosas, caso a proposta de instalação de novo terminal seja implementada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

As instalações portuárias da Bahia podem ser classificadas, dadas as suas localizações e características operacionais no ambiente geográfico da Baía de Todos-os-Santos (BTS), como um típico *cluster*. Segundo Hatje e Andrade (2009), a localização desta baía, praticamente no meio do Brasil e diante de suas características, a configuram como um porto natural, revelando ótimas condições para se instalar infraestruturas industriais a exemplo de estaleiros e portos.

Tais características naturais, entretanto, podem não assegurar a competitividade destas instalações caso não se disponha de densas funcionalidades aderentes a esses tipos de empreendimentos. De acordo com Snieska, Zykene, Burksaitiene (2019), a localização de empresas, baseada por fatores e indicadores estáticos, já não é suficiente para representar este conceito e atrair a atenção de clientes e fornecedores, uma vez que muitas localizações são avaliadas utilizando elementos semelhantes para sua atratividade, de modo que para se desenvolver com vantagem locacional competitiva é preciso estar em ambiente dinâmico e inteligente, que promova inovação, globalização de processos e facilidades de investimento, dentre outros índices modernos, visando assegurar uma produtiva e comum rede de *supply chain*.

Com base em ampla pesquisa sobre decisão locacional vinculada ao conceito de *Supply Chain Network Design* (SCND), analisando-se 900 bibliografias sobre este tema, Farahani *et al.* (2014) indicam que em um futuro próximo, em vez de ocorrer competição entre empresas individuais, os *supply chain* inteiros de determinado *cluster*, imbuídos de estratégias de operação para manter a competitividade, deverão inevitavelmente competir com agrupamentos equivalentes, em outros locais.

Nesse mesmo sentido, Wang e Du (2019) destacam, contudo, que o necessário diagnóstico de uma SC é uma ação de longo prazo, mas que implica em positivos efeitos sobre a qualidade e a competitividade desta, visto que pode identificar e possibilitar soluções para seus principais problemas, através de uma análise estrutural, o que certamente contribui para o desenvolvimento de portos e sua logística.

Por sua vez, com o objetivo de auxiliar nos planos públicos de expansão do *cluster* portuário do município de Santos, São Paulo, Kawashima *et al.* (2016), utilizaram modelos dinâmicos espaciais para identificar vias secundárias e a importância estratégica da hidrografia local, representando os canais logísticos de escoamento de mercadorias do Porto de Santos. As consequências ambientais previstas neste modelo evidenciam a necessária incorporação de valores de sustentabilidade e “*green Supply Chain*”.

Por sua vez, modelos matemáticos de teoria de filas são também úteis para prever o comportamento do sistema de movimentação de navios em um determinado porto e, certamente, também pode ser útil para se aferir a eficiência da *Supply Chain* na qual encontra-se inserido, podendo contribuir em consequente etapa de simulação de suas operações e impactos ambientais.

Com esse propósito, Nascimento, Wahrhating e Ribeiro (2018) aplicaram modelo matemático de teoria de filas para comparar o desempenho de terminal de contêiner italiano (Sech/Genova) com equivalente terminal brasileiro (TECON/Salvador), empregando o *software Quantitative Systems Business Plus – QSB +*. Aplicando-se teste estatístico de aderência para a frequência das chegadas e o tempo de serviço das embarcações, considerando-se um número s de instalações de serviço geraram no modelo desenvolvido (M/G/1) dados de tempos de espera e número de navios no sistema de filas, bem como a correspondente taxa de ocupação das instalações portuárias operadoras de contêiner, que foram tomados como indicadores de comparação e desempenho desses terminais. Portanto, com base nesse modelo, pode-se estimar a necessidade de infraestrutura de retroárea a exemplo de veículos de movimentação de cargas no pátio, a formação de filas de veículos transportadores de contêiner, bem como estimativa de emissões gasosas em zonas portuárias.

De modo equivalente, Navarro *et al.* (2015), com auxílio do *software Promodel®*, desenvolveram modelo de rede de filas no terminal de contêiner do porto de Manila, contemplando não apenas a fila de navios, mas também de caminhões transportadores de contêiner para o porto. Ao demonstrar a utilidade do modelo empregado, concluem pela oferta ótima de seis berços implicando em taxa de ocupação de 86%.

Modelos matemáticos de filas, contudo, ainda são limitados. De acordo com Hillier e Lieberman (2013), apenas os modelos em que os tempos entre chegadas e de serviço se caracterizem por distribuição exponencial, (M/M/s) ou M/G/1 e M/D/1, são suportados por soluções analíticas, existindo consistentes formulários que atendem representações

caracterizadas por estes comportamentos. Ainda assim, esses modelos, de acordo com Peña-Zarzuelo, Freire-Seoane e López-Bermúdez (2019), caso não sejam representativos do sistema real de filas em portos, podem chegar a soluções aproximadas em forma de gráficos e tabelas.

Uğurlu, Yüksekyıldız e Köse (2014) empregaram modelagem matemática seguida de simulação com base no software AWESIM para planejar as operações no terminal marítimo de petróleo de Botas, Turquia. Além das variáveis do sistema de filas como tempo (espera e atendimento) e número de navios no sistema de fila, os autores desenvolveram modelagem e simulação deste, considerando também os tempos de manobras dos rebocadores até o cais, bem como operações em dias de tempestade, a qual compromete a navegação no canal de acesso interferindo na modelagem da fila. A simulação permitiu avaliar o serviço de infraestrutura e capacidade já instalada no terminal, e sua taxa de ocupação, aferida entre 30% e 60%.

No que se refere à modelagem de filas de navios para dimensionar as emissões gasosas, Garbatov e Georgiev (2020) modelaram a fila no porto de Varna, mar negro, Bulgária, utilizando estatística Gaussiana para aferir a dispersão de gases como SOx, NOx e material particulado (PM) presentes na combustão dos óleos combustíveis de navios fundeados e aportados. O sistema de fila modelada para este porto indicou a emissão de 4347 kg de NOx/dia, 2344 Kg de SOx/dia e 276 kg/dia de PM. A depender das condições atmosféricas, os efeitos dessas emissões podem gerar custos médios de 2.000 €/µg/m<sup>3</sup> sobre o ambiente urbano, sendo que os custos para a remoção desses gases, empregando-se filtros, separadores eletrostáticos e conversão catalítica, são estimados em de 0,71€/ kg de PM, 0,55€/kg de SO<sub>2</sub> e 0,55€/kg de NO<sub>x</sub>.

A consolidada metodologia em relatório da Environmental Protection Agency (EPA) estabelece fundamentos técnicos e apresenta formulário para quantificar as emissões gasosas de navios, com base na quantidade e tempos de estada de navios em portos dos Estados Unidos, permitindo calcular a deposição na baixa atmosfera de gases como Nox, SOx, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO e PM. Dentre os oitenta portos em que a metodologia foi empregada, pode-se citar Anacortes (pacífico norte), Baltimore (costa oeste), Brownsville (costa do golfo) e Los Angeles (pacífico sul), computando-se navios de diferentes tipos, incluindo-se de contêiner e cargas gerais, (United States of America, 2009, 2023). Os resultados apurados indicam geração de até 18,60, g/kwh de NOx, 970 g/kwh de CO<sub>2</sub>, 18,10 g/kwh de SOx, 1,47 g/kwh de PM pelos navios aportados.

Observa-se, portanto, que as referências citadas, direta ou indiretamente evidenciam que abordagens baseadas em diagnóstico (pesquisa exploratória), combinada com modelagem

matemática (método dedutivo) podem, sim, ser aplicadas na pesquisa científica, conforme esta, delimitada no ambiente da BTS, uma real *Supply Chain Network Design* (SCND), gerando resultados e discussões úteis para a tomada de decisão locacional e capacidade portuária, como é o caso da controversa proposta da Associação de Usuários dos Portos da Bahia (2023) para novo terminal de contêiner.

### **3 METODOLOGIA**

Adota-se nesta pesquisa uma abordagem dialética, baseada na lógica discursiva, contradição e interpretação dos fatos (diagnóstico), para avaliar o cenário do complexo portuário da Bahia, sobretudo sua infraestrutura e movimentação de cargas, compondo assim uma pesquisa exploratória, qualitativa e quantitativa, lastreada em levantamento bibliográfico e documental, e discussão com especialistas. A base investigativa adotou ainda o método dedutivo, amparado em modelagem matemática (teoria de filas) para predizer e comparar, com indicadores, diferentes estados de filas de navios em terminais portuários e seus impactos (emissões gasosas).

A análise bibliográfica baseou-se em avaliação de artigos científicos pertinentes ao objeto desta pesquisa, enquanto que a base documental concentrou-se na avaliação dos resultados contidos nos “Relatórios de Operacionalização e Manutenção do Plano de Logística de Transporte do Estado da Bahia”, da Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado da Bahia (SEINFRA), bem como no Plano Mestre dos Portos, divulgado pelo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA). A contabilização da movimentação de cargas utilizou dados disponíveis nos painéis estatísticos eletrônicos da Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ), da Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA) e do Terminal de Contêineres (TECON). Consultas a essas fontes de dados e informações contribuíram para elaborar o diagnóstico portuário da Bahia e a modelagem da fila do Terminal de Contêiner.

As cargas gerais foram medidas em toneladas, enquanto que a movimentação de contêiner foi expressa em termos de *twenty-foot equivalent unit* (TEU). Os dados pesquisados compreendem os últimos cinco anos (2019 a 2023). Exceto Belmonte e Ilhéus, todas as demais, localizam-se no entorno da Baía de Todos-os-Santos (BTS).

Para aplicar o teste estatístico de aderência a diferentes modelos de filas, foram feitas contagens de chegadas e tempos de atendimentos dos navios de contêiner no TECON Salvador

(cais 611). Assim sendo, foram registrados, para o cais 611, um total de 1.687 eventos (chegadas e partidas) de navios de contêiner.

A partir desses dados foram realizados testes de aderência a determinadas distribuições de probabilidade (teste de Hipótese,  $H_0$ ), de acordo com Hillier e Lieberman (2013), como requisito para a modelagem matemática da fila de navios. Os procedimentos metodológicos para aplicação deste teste estão descritos em Nascimento, Wahrhating e Ribeiro (2018), tendo sido aplicada a estatística de *qui-quadrado* ( $\chi^2$ ) para Poisson, exponencial, Erlang e gama, para as chegadas e, especificamente, para o tempo de atendimento dos navios, empregou-se o teste não paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov* para diferentes distribuições.

O recurso computacional de auxílio empregado nos testes foi o *software R* versão 3.4.1, bem como planilhas eletrônicas Excel® (Microsoft Corporation). Para os cálculos do comportamento dos sistemas de filas empregou-se o *software QSB+* (*Quantitative Systems Business Plus*) (1994), bem como planilhas eletrônicas Excel® (Microsoft Corporation).

Visando implementar o modelo matemático de filas, calculou-se a taxa média de chegada de navios ( $\lambda$ ) e a taxa média de serviço ( $\mu$ ). Uma vez calculadas essas variáveis de entrada, e após o teste de aderência, foram calculados, através do *software QSB+*, os parâmetros de saída deste modelo, quais sejam:

- a) L: Número de navios no sistema (em espera e em atendimento);
- b) Lq: Número de navios na fila (em espera para ser atendido);
- c) W: Tempo de espera no sistema (em espera e em atendimento);
- d) Wq: Tempo de espera na fila (em espera para ser atendido);
- e)  $\ell$ : Taxa de ocupação do terminal;
- f)  $P_o$ : Probabilidade do terminal encontrar-se ocioso
- g)  $P_w$ : Probabilidade de espera para ser atendido
- h) S: Número de berços de atracação

Tanto para o TECON quanto para a proposta USUPORT, foram considerados os seguintes pressupostos: a) capacidade de retroárea ilimitada; b) população potencial de clientes (navios) admitida infinita; c) disciplina da fila: FIFO (primeiro a chegar, primeiro a ser atendido). Assim sendo, adotou-se a notação Kendall (1953), resumida como A/B/s, indicando, após teste de aderência, as distribuições de chegadas e de serviço (A e B), e o número s de berços de atendimento aos navios. Nesse sentido tem-se que a notação do tipo M/M/s, *markoviana*, é

denotada como entrada de *Poisson*, tempo de serviço exponencial com s servidores. Caso seja M/G/1, terá entrada de *Poisson*, distribuição de serviço geral com 1 servidor.

Uma vez modelada a fila, procedeu-se a avaliação do quantitativo de emissões gasosas geradas pelos navios. Adotou-se o método da EPA (United States of America, 2009), o qual demanda resultados das filas de navios e de coeficientes, com base na equação 1:

$$EG(g) = L \cdot W \cdot EN \cdot FP \cdot FE \quad (1)$$

onde:

EG (g) = emissões gasosas (gramas); L = número de navios no sistema de fila; W = tempo de espera por navio (h); EN = Potência nominal (KWh); FP = fator de potência (%); FE = fator de emissão gasosa (g/kWh).

O custo social, medido em termos de recursos financeiros necessários para minimizar as emissões de gases, foi calculado com base na equação 2:

$$CS(\text{€}) = EG(t) \cdot \lambda_{\text{tot}} \cdot CA \quad (2)$$

onde:

CS = Custo Social (€); EG = emissões gasosas (t/navio);  $\lambda_{\text{tot}}$  = total de chegadas de navios por ano; CA = Custo Ambiental (€/t).

Destaca-se que para emprego referencial desta metodologia calculou-se apenas emissões de NOx, por ser de maior escala neste ambiente (exceto o tradicional CO<sub>2</sub>), conforme Garbatov e Georgiev (2020), United States of America (2023) e Song (2013).

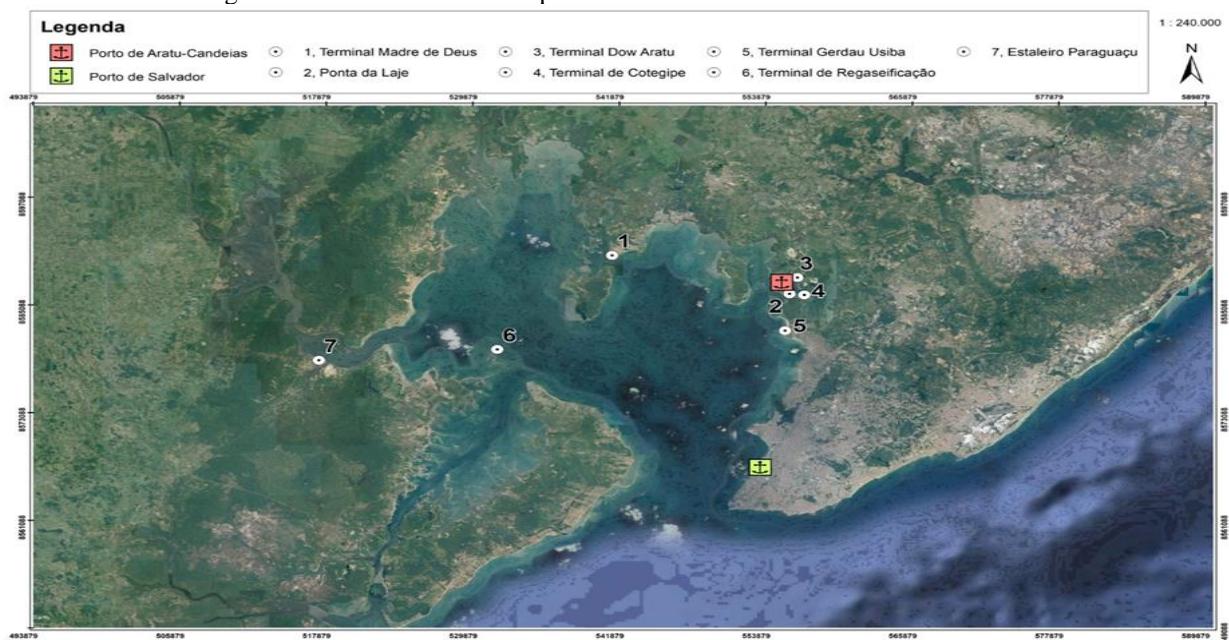
#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os principais resultados obtidos durante a presente pesquisa serão apresentados e discutidos conforme a seguir.

#### 4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE *SUPPLY CHAIN* DAS INSTALAÇÕES PORTUÁRIAS NA BTS

As principais instalações portuárias da Bahia localizam-se no entorno da BTS, existindo facilidades logísticas, exceto ferroviária, para a interconexão na *supply chain*. A localização geográfica desta baía, com extensa área superficial (1.250 Km<sup>2</sup>), a constitui como um típico porto natural. A Figura 1 apresenta a localização das instalações portuárias na BTS, quais sejam os Portos públicos de Salvador e Aratu-Candeias, e os Terminais de Uso Privados (Madre-de-Deus, Ponta da Laje, Aratu, Cotelipe, Gerdau, Regaseificação e Enseada/Estaleiro Paraguassu).

Figura 1 – Posicionamento dos portos e terminais na Baía de Todos-os-Santos



Fonte: Brasil (2018b).

Constata-se, pela Figura 1, que essas instalações, configuram-se como verdadeiro *cluster*, usufruindo das características e infraestrutura de apoio aos *supply chain* disponíveis, principalmente canais de transporte multimodais.

## 4.2 INSTALAÇÕES PORTUÁRIAS E SUAS CORRESPONDENTES MOVIMENTAÇÕES DE CARGAS NA BAHIA

Os Portos Públícos de Salvador e Aratu-Candeias situam-se na região metropolitana de Salvador, e o porto de Ilhéus no litoral sul. Os TUPs por sua vez, assim como o Porto de Salvador e Aratu-Candeias, situam-se no entorno da BTS (exceto Belmonte, ao sul). A Tabela 1 apresenta as movimentações de cargas nestas instalações, nos últimos 5 anos, totalizando em média, quase 40 milhões de toneladas.

Tabela 1 – Movimentação de cargas (t) em Portos e TUPs da Bahia

Porto/Terminal	2019	2020	2021	2022	2023	Média	Participação (%)
TUP M. Deus	16.575.517	19.773.916	16.625.559	19.928.675	20.937.232	18.768.180	47,74
Porto Aratu	6.368.990	6.108.057	7.365.248	6.993.405	6.684.832	6.704.106	17,05
TUP Cotelipe	4.788.816	4.981.978	4.701.978	5.801.998	5.903.015	5.235.557	13,32
Porto Salvador	5.100.835	5.173.804	5.582.340	4.936.568	4.677.084	5.094.126	12,96
TUP Belmonte	1.100.784	1.092.766	1.078.706	1.129.496	1.128.100	1.105.970	2,81
TUP Regaséif	62.885	939.633	1.564.461	882.587	307.606	751.434	1,91
TUP Dow Arat	571.336	473.093	564.005	523.757	531.666	532.771	1,36
TUP Gerdau	602.860	525.286	297.475	256.885	381.483	412.798	1,05
Porto de Ilhéus	147.411	322.095	464.591	403.900	527.675	373.134	0,95
TUP Enseada			427.868	566.264	679.707	557.946	0,85
Total	35.319.434	39.390.628	38.672.231	41.423.535	41.758.400	39.312.846	100,00

Fonte: *Painel Estatístico Aquaviário* (2014).

Conforme observado, a maior operadora de cargas (47,74%) é o Terminal de Madre-de-Deus, operado pela Transpetro/Petrobrás. Constata-se ainda que as participações médias dos portos organizados (Aratu-Candeias, Salvador e Ilhéus) são muito inferiores, ou seja, 17,05%, 12,96% e 0,95%, respectivamente.

Quanto aos Públícos, Aratu-Candeias é o que mais se destaca e movimenta 6,7 milhões de toneladas. Localiza-se na BTS, entre Salvador e Candeias. Sua infraestrutura de cais tem 4 piers, sendo 2 para granéis sólidos (TGS), 1 para granéis líquidos (TGL) e 1 para produtos gasosos (TGS), totalizando 6 berços de atracação. O segundo maior Porto, Salvador, movimenta, em média, aproximadamente 5,1 milhões de toneladas. A acostagem é composta por um cais contínuo com extensão de 2.075 m, dividido em cais comercial (1.460 m) e de contêiner (800 metros), totalizando dez berços. Por fim, o Porto de Ilhéus, localiza-se no entorno da área urbana do município de Ilhéus, a aproximadamente 220 km da capital (Salvador). A movimentação de cargas em Ilhéus foi relevante até o final dos anos de 1980, quando a cultura cacauíra entrou em

declínio. Com movimentação média de 373,1 mil toneladas, representa apenas, aproximadamente, 1,0% das cargas portuárias da Bahia.

Anexo ao Porto Público de Salvador, encontra-se o Terminal de Contêiners – TECON, pertencente ao grupo Wilson Sons que, segundo a Companhia Docas do Estado da Bahia (2023), movimentou nos últimos 5 anos, aproximadamente 4,1 milhões de toneladas (375 mil TEUs), equivalendo a aproximadamente a 80% de toda a carga servida pelo Porto. A infraestrutura disponível (cais de 800 m e 6 guindastes) o habilita a atender navios *full contêiner* (366 m), um dos poucos no Brasil com essa capacidade.

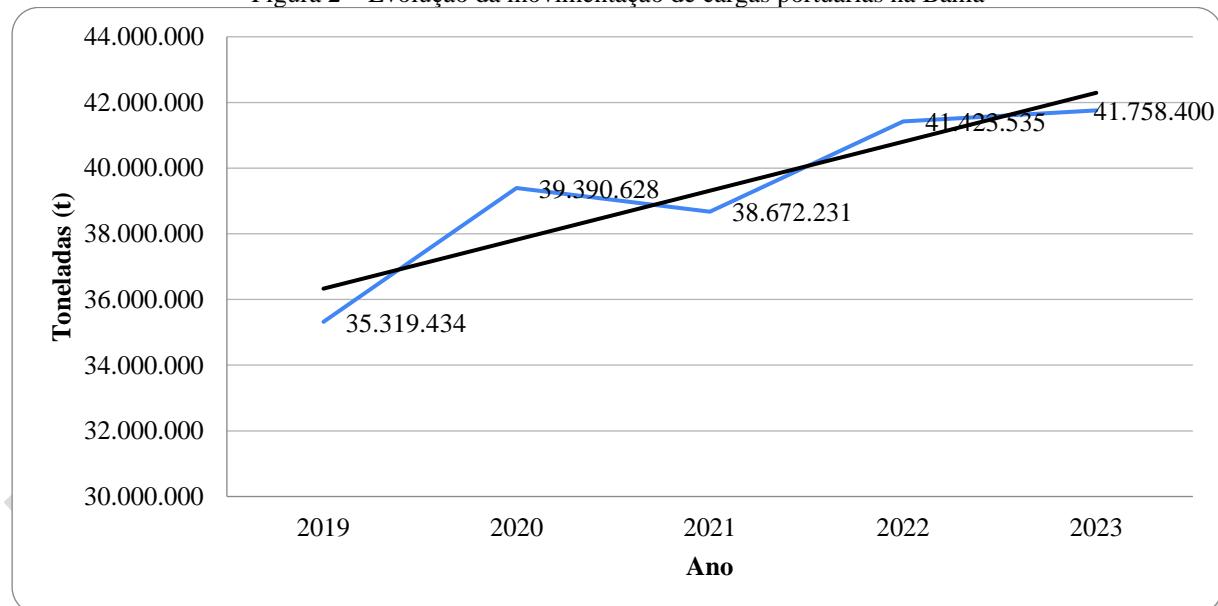
Analizando-se os demais TUPs, Cotelipe, instalado em 2005, movimenta grãos, especialmente soja do oeste baiano, operando em torno de 5,2 milhões de toneladas, ficando na segunda posição. O destaque mais recente desta relação, contudo, refere-se ao TUP Belmonte, pertencente à empresa Veracel, localizado no município de Belmonte, fora da BTS. Inaugurado em 2015, movimenta pasta de madeira e celulose oriunda de sua fábrica no município de Eunápolis, sul da Bahia, representando aproximadamente 2% (1,1 milhão de toneladas) de toda a carga operada no estado.

Localizado próximo à Ilha dos Frades, na BTS, encontra-se o Terminal de Regaseificação da Bahia (TRBA), operado pela Transpetro, caracterizado em estrutura *offshore*, construída em 2013, movimenta gás natural liquefeito. Tem capacidade de regaseificar e injetar em gasoduto até 14 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Nos últimos cinco anos transferiu para navios gaseiros em média 751,4 mil toneladas/ano (aproximadamente 2,0% da movimentação estadual). Também instalados no entorno da Baía de Todos-os-Santos, os terminais privativos da Gerdau-Usiba e Dow Química são muito antigos, remontando ao início da década de 1970. Representando aproximadamente entre 1,0% e 2,0% de toda a operação baiana, esses terminais detêm infraestruturas de cais equivalentes (1 berço de atracação) promovendo movimentações médias de 532,7 mil toneladas e 412,7 mil toneladas anuais, respectivamente.

O TUP Enseada, movimenta, em média, em torno de 1,0% (aproximadamente 558 mil toneladas) das cargas navais da Bahia. A partir de 2021, passou a movimentar minério de ferro da Empresa Bahia Mineração – BAMIN, enquanto não é concluída a Estrada de Ferro 334 (Ferrovia de Integração Oeste-Leste/FIOL), a ser utilizada por esta empresa, para exportar o minério de ferro pelo Porto Sul, a ser construído no município de Ilhéus.

Esses resultados evidenciam que existe tendência de aumento de demanda por essas instalações, podendo ou não confirmar as avaliações da Associação de Usuários dos Portos da Bahia - USUPORT (2023) de que há crescente perda de cargas para portos de outros estados (2,0 milhões de toneladas de carga geral mais 1,5 milhão de toneladas de carga conteinerizada). Os resultados obtidos indicam essa tendência, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Evolução da movimentação de cargas portuárias na Bahia



Fonte: elaborada pelos autores a partir dos dados da Companhia Docas do Estado da Bahia ([2024]) e Agência Nacional de Transporte Aquaviário (2024).

Ao longo do quinquênio pesquisado (2019/2023) constata-se uma tendência de crescimento de cargas de 26,31%, saltando de 35,32 milhões de toneladas para 41,76 milhões de toneladas. A pequena redução registrada entre os anos de 2020 e 2021 (1,9%) pode ser atribuída à pandemia da covid-19, que reteve muitas mercadorias em razão das limitações *contêineres*.

Por sua vez, quando se segregam Portos e TUPs, constata-se que a participação de TUPs em relação à movimentação total de cargas nos últimos 5 anos é relevante, conforme pode ser observado na Tabela 2, a qual indica a expressiva predominância dos terminais privados.

Tabela 2 – Movimentação média e participação relativa de TUPs e Portos

INSTALAÇÃO	VALORES MÉDIOS (T)	PARTICIPAÇÃO (%)
<b>TUPs</b>	27.141.479	69,04
<b>PORTOS</b>	12.171.367	30,96
<b>TUPs E PORTOS</b>	39.312.846	100,00

Fonte: elaborada pelos autores a partir dos dados da Companhia Docas do Estado da Bahia ([2024]) e Agência Nacional de Transporte Aquaviário (2024).

Esse resultado, que implica numa diferença de 14,97 milhões de toneladas a maior para os TUPs, que absorvem quase 70% das cargas, está dentro do esperado no contexto nacional. A auditoria do Tribunal de Contas da União – TCU (2020) relata que desde a implementação do novo marco regulatório houve aumento da participação de TUPs, com investimentos de R\$ 38,9 bilhões em 112 novos terminais, enquanto nas 159 áreas projetadas pelo governo para arrendamento nos Portos, apenas 21 foram licitadas, somando um total de R\$ 3,6 bilhões, inferior a 10% do que fora investido pelos TUPs. Tais resultados também estão de acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2022), “hub de Projetos”, que afere em 66% e 34% as respectivas participações de TUPs e Portos organizados no Brasil (ano de 2019).

#### 4.2.1 Concentração de cargas e capacidade instalada nos Portos e TUPs

Com o objetivo de se avaliar a concentração da movimentação de cargas pelas instalações portuárias da Bahia (portos e TUPs), pode-se compor a Tabela 3.

Instalação	Temadre	Tabela 3 – Concentração da movimentação de cargas na Bahia <sup>1</sup>						
		Aratu	Cotegipe	Salvador	Demais	Total	Total (4 bases)	Participação das 4 bases
Cargas ( $10^6$ t)	18,8	6,7	5,2	5,1	3,7	39,5	35,8	90,56 %

<sup>1</sup> Com base nos valores médios aproximados contidos na Tabela 2.

Fonte: elaborada pelos autores a partir dos dados da Companhia Docas do Estado da Bahia ([2024]) e Agência Nacional de Transporte Aquaviário (2024).

Os resultados da Tabela 3, indicam que apenas 2 terminais (Temadre e Cotegipe) e apenas 2 Portos (Aratu-Candeias e Salvador), portanto 40%, concentram 90,56% das cargas.

Essa concentração deve ainda aumentar em razão de investimentos em curso, principalmente em Aratu-Candeias e no TUP de Cotegipe. Em Aratu, de acordo com o Grupo

SIMPAR (2024), arrendatária do terminal de granéis sólidos e vegetais, encontra-se em execução planos de passar dos atuais 300 t/h para 2000t/h em 2025, ampliando sua capacidade de 2 milhões de toneladas/ano para 12,5 milhões de toneladas/ano. Em Cotelipe, por sua vez, de acordo com o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, os investimentos, permitem aumentar em 1,5 milhão de toneladas a sua capacidade de movimentação, para 6,5 milhões t/ano (Brasil, 2017).

Com base nas capacidades de projeto e correspondentes cargas movimentadas, informadas no *Plano Mestre do Complexo de Salvador e Aratu-Candeias* (2018b), pode-se calcular as respectivas taxas de utilização, observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Taxa de utilização (TU) das capacidades portuárias da Bahia

	Temadre	Aratu-Candeias	Cotelipe	Salvador
Capacidade (C) <sup>1</sup>	21.016.000	5.993.000	7.033.000	5.440.000
Movimentação (M) <sup>2</sup>	18.768.180	6.704.106	5.235.557	5.094.126
TU (%) <sup>3</sup>	89,30	111,86	74,44	93,64

<sup>1</sup> t/ano e conforme BRASIL (2019); <sup>2</sup> t/ano (média), conforme Tabela 2; <sup>3</sup> TU (%) = (M/C) \*100

Fonte: elaborada pelos autores a partir dos dados da Companhia Docas do Estado da Bahia ([2024]) e Plano Mestre Complexo de Salvador e Aratu-Candeias (2018b).

Pelo exposto, Aratu-Candeias está operando acima de sua capacidade, o que pode dificultar novos contratos, além de riscos de interrupções. Esses resultados indicam ainda que Salvador e Temadre já estão se aproximando de suas respectivas capacidades efetivas, enquanto o TUP de Cotelipe provavelmente ainda teria uma folga de aproximadamente 25%.

O uso de suas respectivas capacidades, contudo, difere dos resultados encontrados em Brasil (2020), indicando uma ociosidade média de 56% dos Portos públicos brasileiros, o que é muito alta. Isto não é observado nos principais Portos e TUPs da Bahia, conforme evidenciam os resultados da Tabela 5 (todos com taxa de utilização praticamente a partir de 75%).

Quanto a contêineres, a presente pesquisa desenvolveu modelagem da fila do correspondente terminal de Salvador (TECON) para avaliar a proposta de construir nova instalação, de 1,5 milhão de TEUS/ano, conforme proposta da USUPORT (2023).

#### 4.2.2 Infraestrutura para terminais de contêiner

Dante de possíveis estimativas de demanda reprimida indicadas pela USUPORT (2023), esta Associação propõe instalar um novo terminal, anexo ao Porto de Salvador, com quase 3

vezes a capacidade do atual TECON. Um resumo da infraestrutura atual e da proposta da USUPORT encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Infraestrutura atual para contêiner no TECON e proposta da USUPORT (2023)

Terminal	TEU (max)	Cais (m)	Berços	Profundidade (m)	Portainer	Área(m <sup>2</sup> )
TECON	530.000 <sup>1</sup>	1040	3	16	9	120.000
USUPORT	1.500.000	1000	2	20	6	300.000

1. Com a ampliação, já em curso, essa capacidade deverá ser de 925 mil TEU e área de 208 mil m<sup>2</sup>

Fonte: elaborada pelos autores a partir dos dados do Terminal de Contêineres do Porto de Salvador (2015) e da Associação de Usuários dos Portos da Bahia (2023).

Dos 1040 metros de cais disponível no TECON, 800 m referem-se à ampliação do cais 611 (2 berços) que são servidos por 6 portêineres super postpanamax, enquanto que o cais 300, com 240 metros, em desuso para contêiner, com profundidade de 12 metros, é servido por 3 portêineres panamax (menor capacidade).

Considerando-se que a movimentação do TECON nos últimos 5 anos, a proposta da USUPORT (2023) seria 4 vezes maior (1,5 milhão de TEUs). Além do mais a relação entre a movimentação e capacidade de projeto (925 mil), indica uma taxa de utilização de apenas 41%. Faz-se, portanto, necessário avaliar a sustentabilidade técnica e ambiental desta proposta, modelando-se os sistemas de filas.

#### 4.3 MODELAGEM DA FILA DE ESPERA ATUAL E PARA O TERMINAL DE CONTÊINER PROPOSTO

Para proceder a modelagem do sistema de fila, foram considerados os procedimentos estatísticos necessários (testes de aderência), para as frequências de chegadas de navios e suas respectivas taxas de serviço, bem como sua caracterização, de acordo com Kendall (1953).

##### 4.3.1 Resultados para os testes estatísticos

Os testes de aderência para as chegadas e tempos de serviço está de acordo com Nascimento, Wahrhating e Ribeiro (2018) e validado para a distribuição de Poisson. Para a distribuição dos tempos de serviço foi aplicado o teste de kolmogorov-smirnov, tendo

apresentado aderência para a distribuição gama. Assim, é possível compor o Quadro 1, resumindo as características do sistema de filas no TECON.

Quadro 1 – Características do sistema de filas no TECON<sup>1</sup>

Item	A	B	S	N	M	Z	Kendall
Resultado	Poisson	Gama	1	Ilimitada	Infinita	FIFO	M/G/1

<sup>1</sup> A (distribuição das chegadas); B (distribuição tempo de serviço); S (número de berços); N (capacidade para fundeamento de navios); M (população de navios); Z (disciplina da fila). Admite-se S =1 (para 1 cais) visto que foi contabilizada a taxa de serviço ( $\mu$ ) total dos 2 berços em um único cais.

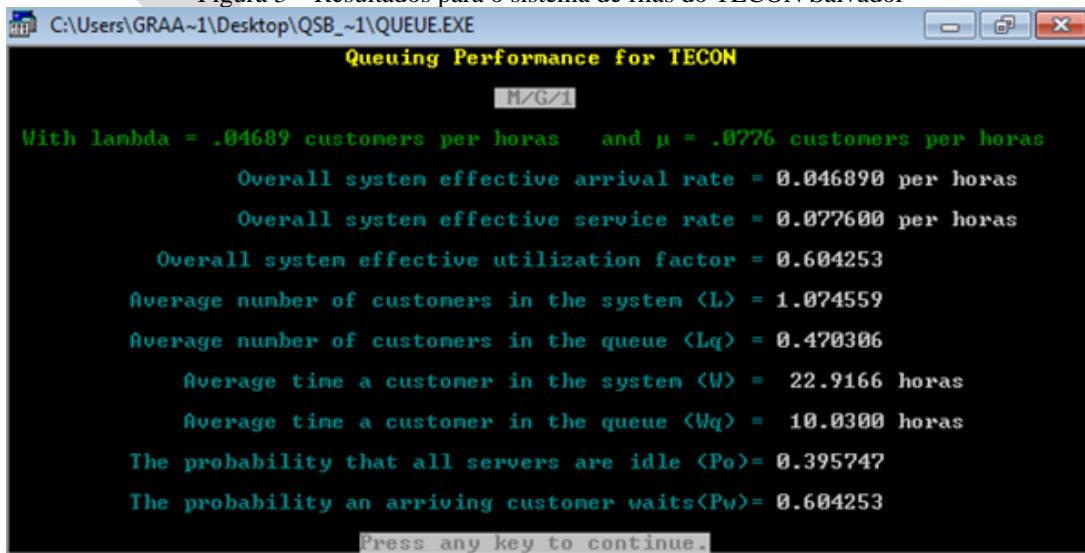
Fonte: elaborado pelos autores.

Pelo exposto pode-se então caracterizar o sistema de filas, no atendimento à clássica notação de Kendall (1953), como sendo do tipo M/G/1 para o referido terminal.

#### 4.3.2 Resultados para o sistema de filas atual (TECON)

Com base na infraestrutura disponível, conforme evidenciado na Tabela 6, bem como com base nas frequências de chegadas e tempos de atendimento dos navios, foram calculadas as taxas médias de chegadas ( $\lambda$ ) e de serviço ( $\mu$ ) do TECON. Simulou-se, assim, o comportamento de filas deste terminal, empregando-se como recurso de informática o software QSB+, cujos resultados, encontram-se na Figura 3.

Figura 3 – Resultados para o sistema de filas do TECON Salvador



```
C:\Users\GRAA~1\Desktop\QSB_~1\QUEUE.EXE
Queuing Performance for TECON
M/G/1
With lambda = .04689 customers per horas and mu = .0776 customers per horas
Overall system effective arrival rate = 0.046890 per horas
Overall system effective service rate = 0.077600 per horas
Overall system effective utilization factor = 0.604253
Average number of customers in the system <L> = 1.074559
Average number of customers in the queue <Lq> = 0.470306
Average time a customer in the system <W> = 22.9166 horas
Average time a customer in the queue <Wq> = 10.0300 horas
The probability that all servers are idle <P0>= 0.395747
The probability an arriving customer waits<Pw>= 0.604253
Press any key to continue.
```

$\lambda = 33,76$  navios/mês (0,04689 navios/h) e  $\mu = 55,9$  navios/mês (0,0776 navios/h). Desvio-padrão para o tempo de serviço igual a 1,8 horas. Dados brutos extraídos de: <https://portal.teconsvonline.com.br/programacao-navios>

Fonte: print de tela do software QSB+.

Os resultados indicam que no estado atual é servida, em média, 1 embarcação por dia, que demandam aproximadamente 23 horas de tempo total (atendimento mais tempo de espera na fila). Destaca-se ainda que em média esse terminal encontra-se razoavelmente ocupado (60%), situando-se dentro do esperado para os indicadores ( $L$ ,  $L_q$ ,  $W$  e  $W_q$  e seu fator de utilização) quando compara-se com outros terminais.

As dimensões e infraestrutura do berço de atracação deste terminal (800 m de comprimento e calado de 16 m) permitem atender navios com 14 mil TEUs, muito embora a maior frequência seja de embarcações contendo em torno de 4 mil TEUs, movimentando-se, em média, em torno de 400 TEUs/navio. Com essas dimensões, pode atender os navios *full contêiner* que navegam no Atlântico Sul (366 m).

#### **4.3.3 Resultados para a modelagem da fila com base na proposta da USUPORT**

De modo análogo, foram avaliados 2 cenários para o sistema de filas da proposta USUPORT. Admitiu-se a distribuição estatística básica do tipo M/M/2, já que não se dispõe de série histórica anterior para aplicação de teste de aderência. Foram ainda consideradas as seguintes premissas para cada um dos cenários desta proposta:

##### **Cenário 1:**

Considera apenas a proposta da USUPORT (2 novos berços), movimentando 1,5 milhão de TEUs/ano. Admite-se a produtividade de 100 contêiners/h (entre as mais elevadas do Brasil).

Admite-se taxa de serviço ( $\mu$ ) de 40 navios/mês (0,0556 navios/h). Isso com base na produtividade assumida e processando-se 4,5 vezes a média de movimentação atual por navio, conforme a proposta (1800 contêineres/navio). Sendo, por sua vez, a taxa de chegadas ( $\lambda$ ) de 72 navios/mês (0,1 navios/h). Os resultados obtidos para este cenário estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da fila para o cenário 1 (proposta USUPORT<sup>1</sup>)

	$\ell$ (%)	$P_w$ (%)	$L$	$L_q$	$W$ (H)	$W_q$ (H)
<b>USUPORT</b>	91	87	11	9	105	87

<sup>1</sup> Resultados gerados com base no software *QSB<sup>+</sup>*, considerando-se o modelo do tipo M/M/2.

Fonte: elaborada pelos autores.

### Cenário 2:

Considera o cais 611 (2 berços), em operação no TECON, e a reforma do cais 300 (1 berço), dotando-o de infraestrutura necessária, com aumento de profundidade para 14m, e substituição dos atuais portêineres por new panamax. Nesse caso o terminal operaria com 3 berços, sendo capaz de atender a capacidade máxima prevista para o ano de 2050 (1,2 milhão de TEUs), de acordo com o Terminal de Contêineres do Porto de Salvador (2015).

Admite-se taxa de serviço ( $\mu$ ) de 59 navios/mês (0,0820 navios/h). Com base na produtividade assumida e processando-se em média 850 *contêiners*/navio (equivalente ao dobro da média de movimentação atual do TECON). A taxa de chegadas ( $\lambda$ ) seria de 118 navios/mês (0,1632 navios/h), para os 3 berços (cais 611 e cais 300). Os resultados obtidos, também gerados pelo *QSB+*, encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados da fila para o cenário 2<sup>1</sup>

VALOR	$\ell$ (%)	$P_w$ (%)	L	LQ	W (H)	WQ(H)
	66	44	3	1	18	5

Fonte: elaborada pelos autores, considerando-se modelo M/M/3

Os resultados do Cenário 1, indicam que nesta proposta, o sistema de filas teria, em média, 11 navios que demandariam, em média, 105 horas de operação. Consiste em um sistema de fila altamente congestionado (91%) com uma fila praticamente 11 vezes maior que o TECON e um correspondente tempo de espera aproximadamente 9 vezes. Dificilmente um navio seria atendido tão logo demandasse o serviço de cais, já que a probabilidade de ter que esperar seria de 87%. Esse sistema de fila poderia se agravar, caso algum recurso crítico de cais, a exemplo de um portêiner, fique inativo.

Observa-se que o Cenário 1 prever operar o novo terminal com o TECON recebendo 1.800 navios/ano, tendo efeito sobre a movimentação de veículos transportadores de contêiners em vias urbanas, elevando o impacto tanto em termos de tráfego quanto ambiental.

O cenário 2, contudo, indica ser menos agressivo em relação ao estado atual do TECON, visto que a taxa de ocupação neste caso seria apenas 6,0% maior, ou seja 66%, gerando tempos de espera no sistema e na fila menores, em 5 h ( $W = 18h$  e  $W_q = 5h$ ), visto que haveriam 3 berços de atendimento, muito embora os valores de L (=3) e Lq (=1) sejam um pouco superiores ao atual, dado o esperado aumento da demanda.

#### 4.3.4 Resultados para o impacto ambiental (emissões gasosas)

Com base na metodologia da EPA (Environmental Protection Agency), pode-se quantificar as emissões gasosas (NOx) geradas pelos sistemas de filas atual (TECON) e cenários (USUPORT), cujos resultados encontram-se disponíveis na Tabela 8.

Tabela 8 – Emissões (tNOx) em função do estado da fila (L e W)<sup>1</sup>

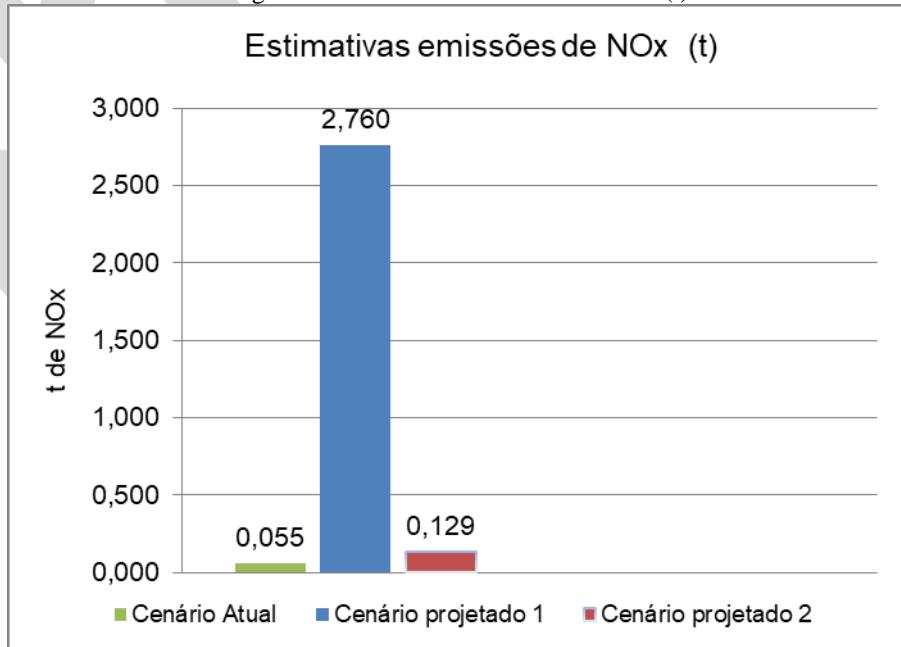
ATUAL (TECON)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
0,055	2,76	0,129

<sup>1</sup> Considera-se: EN = 320 kW·h; FP = 0.4; FE = 13.9 g/HPh; kW·h = 1.34 HPh

Fonte: elaborada pelos autores, com base nos dados da United States of America (2023).

Para uma melhor avaliação relativa pode-se confrontar o comportamento gráfico destes cenários, conforme destacado na Figura 4.

Figura 4 – Estimativas emissões de NOx(t)



Fonte: elaborada pelos autores.

Constata-se, com esses resultados, que o cenário 1 é também bastante agressivo no que se refere à situação ambiental, gerando emissões de NOx 50 vezes maior quando comparado ao estado atual de operações do TECON (55 Kg contra 2,76 t), enquanto no cenário 2 as emissões são relativamente bem menores (0,129 t), muito embora seja 2,3 vezes ao calculado para o estado atual do sistema de filas.

Os custos sociais anuais, para minimizar as emissões de NOx, resultam em €11.041, €554.070 e €25.896, para o estado atual e cenários 1 e 2, respectivamente, considerando-se o coeficiente de remoção de €0,55/kg, segundo Garbatov e Georgiev (2020). Constatase, mais uma vez, que a proposta da USUPORT (cenário 1) também não se sustenta do ponto de vista dos dispêndios financeiros necessários à “limpeza” da atmosfera, e isto considerando-se apenas um único poluente (NOx).

## 5 CONCLUSÃO

Constatase, com a metodologia adotada, que a movimentação de cargas pelos Portos Organizados e Terminais Privados na Bahia é crescente, com um aumento acumulado de 26% no último quinquênio, muito embora encontra-se concentrado nos terminais privados. Apesar deste perfil estar na média nacional, não necessariamente seria adequado para o estado da Bahia, visto que diante das dimensões de seu litoral, a expressiva maioria dessas instalações encontram-se localizadas apenas na Baía de Todos-os-Santos que, se por um lado pode racionalizar o *supply chain*, por outro deixa-se de aproveitar os potenciais de outras regiões, também possivelmente adequadas, como o litoral norte (minérios e fertilizantes) e sul (madeira e celulose).

No que diz respeito à movimentação de contêineres os resultados apurados, apesar de não confirmarem ou negarem as “fugas de cargas” informadas pela USUPORT, avalia que, pelo menos em médio prazo (20 anos) não haveria necessidade de se instalar novo terminal, sobretudo com a capacidade indicada (1,5 milão de contêineres/ano), diante da baixa taxa de utilização do atual TECON, o que não ocorre com o Porto de Aratu, que já opera acima de sua capacidade de projeto.

A modelagem da fila para a proposta da USUPORT nas vizinhanças deste (Cenário 1), portanto, revela-se insustentável tanto do ponto de vista das dimensões exigidas e dos parâmetros operacionais, sobretudo pelo expressivo número e tempo de espera dos navios fundeados e atracados, quanto de dificuldades para as vias urbanas de acesso (insuficiência de espaços para ampliação de capacidade e excesso de trânsito) bem como pela geração de emissões gasosas de navios muito superior, em particular de NOx, quando comparado ao comportamento do sistema de filas do terminal existente (TECON) e do Cenário 2 (TECOM atual com mais 1 berço).

Uma das grandes deficiências reveladas na pesquisa indica que a malha ferroviária baiana, servida pela Ferrovia Centro-Atlântica, é bastante ineficiente e muito pouco atende o Porto de Aratu, único na Bahia com essa ligação, indicando que novo plano estratégico seja implementado, visando dotar o estado de necessária malha ferroviária adequada à sua importância econômica no cenário nacional. Outro relevante ponto que se faz necessário reavaliar diz respeito à elevada concetração da participação dos Terminais de Uso Privado (TUPs) em relação aos Portos Públicos.

Destaca-se, por fim, que o sítio portuário da Bahia, configura-se como um dos mais importantes *cluster* de apoio aquaviário do Brasil, apresenta boas perspectivas de desenvolvimento caso sua infraestrutura logística seja reestruturada, incluindo-se a ampliação da capacidade em algumas instalações já existentes e construção de novos portos/terminais, inclusive fora do entrono da Baía de Todos-os-Santos, visando apresentar-se de modo mais competitivo com outros centros logísticos de destaque, a exemplo de Pernambuco (ao norte) e Espírito Santo (ao sul), onde o zoneamento de cargas já evidencia a necessidade de novos *trades*.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (Brasil). **Painel Estatístico Aquaviário**. Versão 1.0.1. Brasília, DF: ANTAQ, 2014. Disponível em: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/movport.html#>. Acesso em: 23 jan. 2024.

ASSOCIAÇÃO DE USUÁRIOS DOS PORTOS DA BAHIA. **Agenda Mínima da Bahia 2023-2026**: infraestrutura de transporte de cargas. [Salvador: USUPORT], 2023. Disponível em: <https://www.usuport.org.br/Secao/18/Agenda-Minima>. Acesso em:

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (Brasil). Perfis setoriais: Portos. **BNDES**: Hub de Projetos, Rio de Janeiro, [202-]. Disponível em: <https://hubdeprojetos.bnnes.gov.br/pt/setores/Portos>. Acesso em: 10 out. 2023.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Complexo Portuário de Salvador e Aratu-Candeias**. [Brasília, DF]: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2018a. Disponível em: [http://antigo.infraestrutura.gov.br/images/2019/Documentos/04-Sum\\_EXEC\\_SSA\\_ARB-dupla.pdf](http://antigo.infraestrutura.gov.br/images/2019/Documentos/04-Sum_EXEC_SSA_ARB-dupla.pdf). Acesso em: 23 jan. 2024.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Plano Mestre Complexo de Salvador e Aratu-Candeias**. [Brasília, DF]: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2018b. v. 1. Disponível em: [https://www.codeba.gov.br/eficiente/repositorio/Institucional/plano\\_mestre/12814.pdf](https://www.codeba.gov.br/eficiente/repositorio/Institucional/plano_mestre/12814.pdf). Acesso em: 9 dez. 2023.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Secretaria de Portos autoriza Cotelipe a ampliar terminal. **Portal Gov.Br**: Ministério dos Transportes, Brasília, DF, 31 out. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/secretaria-de-portos-autoriza-cotelipe-a-ampliar-terminal>. Acesso em: 10 dez. 2023.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Auditória operacional**. Brasília, DF: TCU, 2020. Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/auditoria-do-tcu-compara-portos-organizados-a-terminais-de-uso-privado.htm#:~:text=No%20porto%20p%C3%A1ublico%2C%20as%20%C3%A1reas,meio%20de%20contrato%20de%20ades%C3%A3o>. Acesso em: 21 nov. 2023.

CHANG, I. L.; SULLIVAN, R. S. **Queuing theory**. Quantitative Systems for Business plus Version 2.1. New Jersey: Ed. Prentice Hall, 1994.

COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DA BAHIA. **Movimentação de Cargas**. [Salvador]: Codeba, [2024]. Disponível em: <https://www.codeba.gov.br/eficiente/sites/portalcodeba/pt-br/modulos/inc.movimentacoescargas.php?ano=2022&porto=S>. Acesso em: 20 nov. 2023.

COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DA BAHIA. **PDZ**: Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) do Porto Organizado de Ilhéus. [Salvador]: Codeba: Ministério da Infraestrutura, 2018. Disponível em: [https://www.codeba.gov.br/eficiente/sites/portalcodeba/pt-br/porto\\_ilheus.php?secao=porto\\_ilheus\\_pdz](https://www.codeba.gov.br/eficiente/sites/portalcodeba/pt-br/porto_ilheus.php?secao=porto_ilheus_pdz). Acesso em: 5 set. 2023.

FARAHANI, R. Z. *et al.* Competitive supply chain network design: na overview of classifications, models, solution techniques and applications. **Omega: journal of death and dying**, Amityville, v. 45, p. 92-118, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030504831300090X>. Acesso: 9 out. 2023.

GARBATOV, Y.; GEORGIEV, P. Stochastic Air Quality Dispersion Model for Defining Queuing Ships Seaport Location. **Journal Maritime Science and Engineering**, [s. l.], p. 1-15, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-1312/10/2/140>. Acesso em: 12 nov. 2023.

GOMES, D. Com investimentos de R\$ 800 milhões, terminais de Aratu estarão modernizados até abril de 2025. **Correio**, Salvador, 29 fev. 2024. Disponível em <https://www.correio24horas.com.br/columnistas/donaldson-gomes/com-investimentos-de-r-800-milhoes-terminais-de-aratu-estarao-modernizados-ate-abril-de-2025-0224>. Acesso em: 29 fev. 2024.

GRUPO SIMPAR. **Cs Portos**. A logística que faz a diferença no Brasil. 2024. 1 fôlder.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. de (org.). **Baía de Todos os Santos**: aspectos oceanográficos. Salvador: Edufba, 2009.

HILLIER, F. S.; LEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2013.

KAWASHIMA, R. S. *et al.* Modelagem dinâmica espacial como ferramenta para simulação de cenários da paisagem na região portuária da baixada santista. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 4, p. 703718, out./dez. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/bP7DF8qTQZJfc5sGs8PqY4x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2023.

KENDALL, D. G. Stochastic Processes Occurring in Queuing Theory and Their Analysis by the Embedded Markov Chain Method. **Statist Mathematics**, [s. l.], v. 24 n. 3, p. 338-354, sep. 1953. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2221033>. Acesso em: 17 nov. 2023.

NASCIMENTO, A.; WAHRHATING, A. M.; RIBEIRO, H. Comparative Analysis of Ports Performance between Italy and Brazil. In: GUEDES SOARES, C.; SANTOS, T. A. (org.). **Progress in Maritime Technology and Engineering**. 4. ed. London: CRC Press: Balkema, 2018. v. 1, p. 3-11.

NAVARRO, M. *et al.* Queuing Theory Application using Model Simulation: Solution to address Manila Port Congestion. In: PROCEEDINGS CONFERENCE ASIA PACIFIC INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT SYSTEMS, 2015, [s. l.]. **Annals** [...]. [S. l.: s. n.], 2015. p. 1109-1114.

PEÑA-ZARZUELO, I.; FREIRE-SEOANE, M. J.; LÓPEZ-BERMÚDEZ, B. New Queuing Theory Applied to Port Terminals and Proposal for Practical Application in Contêiner and Bulk Terminals. **Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering**, New York, v. 16, n. 1, out, 2019. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/336717157\\_New\\_Queueing\\_Theory\\_Applied\\_to\\_Port\\_Terminals\\_and\\_Proposal\\_for\\_Practical\\_Application\\_in\\_Container\\_and\\_Bulk\\_Terminals](https://www.researchgate.net/publication/336717157_New_Queueing_Theory_Applied_to_Port_Terminals_and_Proposal_for_Practical_Application_in_Container_and_Bulk_Terminals). Acesso em: 23 set. 2023.

SNIESKA, V.; ZYKIENE, I.; BURKSAITIENE, D. **Evaluation of location's attractiveness for businessgrowth in smart development**. Economic Research-Ekonomska Istrazivanja, 2019, V. 32, N. 1, 925–946<https://doi.org/10.1080/1331677X.2019.1590217>

SONG, S. Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 82, p. 288-297, oct. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013007590>. Acesso em: 4 jan. 2024.

**TERMINAL DE CONTÊINERES DO PORTO DE SALVADOR. Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Plano de Investimentos para Adequação do Tecon Salvador**. Salvador: TECON, 2015.

UĞURLU, Ö.; YÜKSEKYILDIZ, E.; KÖSE, E. Simulation Model on Determining of Port Capacity and Queue Size: A Case Study for BOTAS Ceyhan Marine Terminal. **International Journal on Marine Navigation**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 143-150, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013007590>. Acesso em: <https://www.epa.gov/catc/clean-air-technology-center-products>. Acesso em: 20 out. 2023.

UNITED STATES OF AMERICA. Environmental Protection Agency. **Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories**. [S. l.]: ICF, 2009. Disponível em: <https://www.epa.gov/moves/current-methodologies-preparing-mobile-source-port-related-emission-inventories-final-report>. Acesso em: 11 set. 2023.

WANG, Y.; DU, W. Diagnosis of Port Supply Chain Based on Supply Chain Operations Reference Model. **Journal of Coastal Research**, Fort Lauderdale, p. 117-120, 2019.