

WORKING PAPER PSPHUB

Portos Públicos e Terminais de Uso Privado no Brasil

**Mario Antonio Margarido
Frederico Araujo Tuolla**

26 de agosto de 2026

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVO	7
3. DADOS.....	8
4. MÉTODO	9
5. ANÁLISE DE RESULTADOS	11
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
7. LITERATURA CITADA.....	17

Determinantes Locacionais dos Portos Públicos e Terminais de Uso Privado no Brasil: Uma Abordagem por Regressão Logística Penalizada

Mario Antonio Margarido¹
Frederico Araujo Turolla²

RESUMO: O modal aquaviário é o principal pilar do comércio exterior brasileiro, responsável pelo escoamento de mais de 90% do volume transacionado pelo país. Este artigo analisa os determinantes socioeconômicos e de infraestrutura de transportes que influenciam a probabilidade de localização de Portos Públicos e Terminais de Uso Privado (TUPs) nos municípios costeiros do Brasil. Devido ao desbalanceamento amostral e ao problema de separação quase-perfeita inerentes à raridade de instalações portuárias na malha municipal, utilizou-se a Regressão Logística Penalizada de Firth (1993), combinando dados do IBGE, ANTAQ e BC250 referentes ao período 2020–2023. Os resultados indicam que o Valor Adicionado Bruto da Agropecuária exerce impacto positivo e estatisticamente significativo ($\beta = 1,0476$; $p\text{-valor} = 0,0396$), elevando em cerca de 185% as chances de o município sediar uma infraestrutura portuária a cada incremento de 1 desvio-padrão. A proximidade com a malha ferroviária e a distância exógena em relação a portos concorrentes apresentaram significância marginal, corroborando a importância da intermodalidade para graneis e o efeito de dispersão regional para atendimento das hinterlands. Conclui-se que o dinamismo do agronegócio exportador e a conectividade ferroviária são os vetores centrais para a atração e consolidação dos complexos portuários no território nacional.

Palavras-chave: Infraestrutura Portuária; Terminais de Uso Privado; Regressão Logística de Firth; Geografia Econômica; Logística de Transportes.

Locational Determinants of Public Ports and Private Use Terminals in Brazil: A Penalized Logistic Regression Approach

ABSTRACT: The waterway transport mode represents the backbone of Brazilian foreign trade, handling over 90% of the country's total traded volume. This study analyzes the socioeconomic and transport infrastructure determinants that influence the probability of locating Public Ports and Private Use Terminals (TUPs) across coastal municipalities in Brazil. Due to sample imbalance and quasi-complete separation issues stemming from the rarity of port facilities within the municipal grid, Firth's Penalized Logistic Regression (1993)

¹ Doutor em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), Senior Partner e Líder de Econometria da Pezco Economics e Pesquisador do PSP Hub Estudos em Infraestrutura e Urbanismo. mario.margarido@pezco.com.br.

² Doutor em Economia de Empresas pela Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (EAESP/FGV), Senior Partner da Pezco Economics e Presidente do PSP Hub Estudos em Infraestrutura e Urbanismo. fredturolla@pezco.com.br

was employed, combining data from IBGE, ANTAQ, and BC250 for the 2020–2023 period. Empirical findings reveal that Agricultural Gross Value Added has a positive

and statistically significant impact ($\beta = 1.0476$; $p = 0.0396$), increasing the odds of hosting a port facility by approximately 185% per one standard deviation increase. Railway proximity and exogenous distance to competing ports showed marginal statistical significance, highlighting the crucial role of intermodality for bulk cargo and spatial dispersion for regional hinterland coverage. The study concludes that the dynamism of export agribusiness and rail connectivity serve as the primary drivers attracting and shaping port infrastructure across the Brazilian territory.

Keywords: Port Infrastructure; Private Use Terminals; Firth’s Logistic Regression; Economic Geography; Transport Logistics.

1. INTRODUÇÃO

Os portos representam a espinha dorsal do comércio exterior brasileiro. Por ser um país continental com fronteiras marítimas extensas e infraestrutura ferroviária ainda em desenvolvimento, o modal aquaviário é responsável por escoar mais de 90% de todo o volume de mercadorias que o Brasil compra e vende internacionalmente.

A eficiência dos complexos portuários, como o Porto de Santos (SP), o Porto de Paranaguá (PR) e os terminais do Arco Norte, impacta diretamente a competitividade das exportações e o custo dos suprimentos importados que abastecem a indústria e o consumo interno.

Segundo dados consolidados do Comex Stat, o qual é o sistema oficial do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), a pauta de comércio exterior brasileira demonstra forte dependência da infraestrutura portuária de grande porte:

No caso da pauta de exportação, as exportações brasileiras são predominantemente compostas por commodities agrícolas e minerais movimentadas a granel em grânéis sólidos e líquidos. Em relação às exportações, destacam-se soja e derivados, os quais, lideram as vendas externas, representando cerca de 16% do total exportado. A seguir, aparecem óleos brutos de petróleo, os quais, somam aproximadamente 15% das exportações. Na terceira posição, tem-se minério de ferro e concentrados, com cerca de 7% de participação. Outros destaques são carne bovina, açúcar, café e celulose, como pode ser observado na Tabela 1.

As exportações brasileiras em 2025 somaram cerca de US\$ 348,3 bilhões, impulsionadas predominantemente pelo setor do agronegócio e pelas indústrias extrativas.

Tabela 1. Top 10 Produtos Mais Exportados pelo Brasil em 2025

Posição	Produto	Participação Aprox. (%)	Valor FOB Aprox. (US\$)
1º	Soja (mesmo triturada)	~14,0% – 16,0%	US\$ 37,3 bilhões

2º	Óleos brutos de petróleo (crus)	~14,0% – 15,0%	US\$ 27,4 bilhões
3º	Minério de ferro e seus concentrados	~7,2% – 9,0%	US\$ 42,2 bilhões*
4º	Açúcares e melaços	~3,5% – 5,5%	US\$ 8,5 bilhões
5º	Carne bovina fresca, refrigerada ou congelada	~3,2% – 4,8%	US\$ 7,4 bilhões
6º	Farelos de soja e outros alimentos para animais	~2,7% – 3,1%	US\$ 7,2 bilhões
7º	Óleos combustíveis de petróleo (exceto crus)	~3,6% – 3,7%	US\$ 6,6 bilhões
8º	Celulose	~3,0% – 3,1%	US\$ 6,1 bilhões
9º	Carnes de aves e suas miudezas comestíveis	~2,6% – 2,8%	US\$ 6,3 bilhões
10º	Milho não moído (exceto milho doce) / Café	~2,5% – 3,0%	US\$ 5,4 bilhões

*Nota: O valor FOB de minério de ferro refere-se ao somatório consolidado de suas variações tarifárias do setor minerário.

Fonte: BRASIL/MDIC (2025).

Quanto à pauta de importação, o Brasil utiliza os portos para absorver insumos industriais, energia e tecnologia. Em relação às importações, destacam-se adubos e fertilizantes químicos, os quais, são insumo essencial para o agronegócio nacional. Também, destacam-se óleos combustíveis e derivados de petróleo para atender à demanda energética e de refino, além de bens de capital e eletrônicos, tais como, válvulas, tubos termiônicos, motores, máquinas e peças automotivas. Outros produtos que se destacam são veículos de passageiros e medicamentos/produtos farmacêuticos: Abastecem o mercado consumidor e o setor de saúde, como pode ser verificado na Tabela

2. As importações brasileiras em 2025 totalizaram US\$ 280,4 bilhões.

Tabela 2. Top 10 Produtos Mais Importados pelo Brasil em 2025

Posição	Produto / Categoria	Participação Aprox. (%)	Valor FOB Aprox. (US\$)
1º	Máquinas, reatores nucleares e caldeiras (bens de capital)	~17,4%	US\$ 48,76 bilhões
2º	Combustíveis minerais, óleos e derivados (Diesel, Gasolina etc.)	~11,6%	US\$ 32,58 bilhões
3º	Equipamentos elétricos, eletrônicos e semicondutores	~11,2%	US\$ 31,40 bilhões
4º	Veículos automóveis de	~8,6%	US\$ 24,07 bilhões

5º	passageiros e suas peças Adubos ou fertilizantes químicos (insumo para agronegócio)	~6,0%	US\$ 16,73 bilhões
6º	Produtos químicos orgânicos e compostos	~5,5%	US\$ 15,54 bilhões
7º	Medicamentos e produtos farmacêuticos	~5,3%	US\$ 14,82 bilhões
8º	Plásticos e suas obras	~4,2%	US\$ 11,66 bilhões
9º	Instrumentos e aparelhos ópticos, técnicos e médicos	~3,5%	US\$ 9,80 bilhões
10º	Outros produtos e insumos químicos	~3,1%	US\$ 8,77 bilhões

Fonte: BRASIL/MDIC (2025).

Basicamente, os impactos estratégicos dos portos na Economia Brasileira apresenta três vetores. O primeiro deles é a Capacidade de Carga e Escala, ou seja, o escoamento de dezenas de milhões de toneladas de soja, açúcar e minérios só é inviável por vias terrestres ou aéreas. Terminais automatizados garantem o carregamento contínuo de navios Capesize e Panamax. Em segundo lugar, tem-se o Custo Logístico (Custo Brasil), onde a modernização portuária, calados mais profundos e ampliação de berços reduzem o tempo de espera das embarcações (demurrage), impactando diretamente o preço final dos produtos. O terceiro vetor diz respeito a Integração de Cadeias Globais, onde a cabotagem e a navegação de longo curso conectam o setor produtivo nacional aos principais parceiros comerciais, como China, União Europeia e Estados Unidos.

É necessário destacar que, no Brasil, em linhas gerais, há dois tipos de instalações para movimentação de carga via aquaviária, os Portos Organizados (públicos) e os Terminais de Uso Privado (TUPs). A principal diferença entre Portos Organizados (públicos) e Terminais de Uso Privado (TUPs) no Brasil reside no regime jurídico de exploração, na propriedade da área e no modelo de outorga, conforme estabelecido pela Lei dos Portos (Lei nº 12.815/2013).

O Quadro 1 apresenta um comparativo entre essas duas estruturais de movimentação de cargas. O Quadro 1 tem como base a Lei dos Portos (Lei nº 12.815/2013) e/ou os documentos normativos da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

Quadro 1. Comparativo Direto: Porto Organizado vs. TUP, Brasil

Critério	Porto Organizado (Público)	Terminal de Uso Privado (TUP)
Natureza da Área	Bem público construído e aparelhado pelo Estado.	Propriedade privada (terreno do próprio investidor).
Localização	Dentro da área delimitada (poligonal) do porto público.	Fora da área do porto organizado.
Forma de Outorga	Arrendamento via licitação pública (processo mais lento e burocrático).	Autorização via contrato de adesão com a ANTAQ (chamada pública).
Gestão e Administração	Submetido à Autoridade Portuária pública (ex: Santos Port Authority).	Gestão 100% privada e autônoma da empresa proprietária.
Mão de Obra Avulsa	Regida compulsoriamente pelo Órgão Gestor de Mão de Obra (OGMO).	Liberdade de contratação CLT direta (sem obrigação do OGMO).
Exemplo Prático	Porto de Santos (SP), Porto de Paranaguá (PR).	Porto de Chibatão (AM), DP World Santos (SP), Terminais da Vale/Pebém (ES).

Fonte: Adaptado de Brasil (2013) e ANTAQ (2023).

Também, os principais impactos no comércio exterior apresentam três vertentes. A primeira delas é a Representatividade de Carga, sendo que, os TUPs respondem por cerca de 70% de todo o volume de cargas movimentado no Brasil, sendo predominantes no escoamento de commodities agrícolas e minerais, como soja, minério de ferro e petróleo brutos. A segunda vertente, reside na agilidade de investimento, como os TUPs operam sob autorização privada, a ampliação de berços, a compra de guindastes ou a expansão de pátios ocorrem sem a necessidade de licitações públicas demoradas, conferindo maior dinamismo ao terminal. Por último, mas não menos relevante, tem-se a flexibilidade de operação, dado que, a permissão legal para que TUPs movimentem tanto carga própria quanto de terceiros, a partir do marco de 2013, descentralizou as exportações brasileiras e reduziu os gargalos operacionais no país.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo consiste em identificar e mensurar empiricamente os determinantes socioeconômicos, geográficos e de infraestrutura de transportes que condicionam a probabilidade de presença de instalações portuárias, compreendendo Portos

Organizados (públicos) e Terminais de Uso Privado (TUPs), nos municípios da faixa costeira brasileira.

Para alcançar esse propósito, o estudo adota como estratégia metodológica a Regressão Logística Penalizada de Firth (1993). Tal abordagem justifica-se por contornar rigorosamente as limitações de viés de amostragem finita e de separação quase-perfeita (monotone likelihood) decorrentes da raridade do evento, como a baixa proporção de municípios portuários frente ao total de municípios costeiros, assegurando estimativas consistentes para os parâmetros e decisões de inferência estatística robustas.

3. DADOS

O Quadro 2 sintetiza as variáveis utilizadas no estudo, bem como, as respectivas fontes.

Quadro 2. Variáveis e Fonte de Dados

Variável	Tipo	Descrição / Operacionalização	Fonte dos Dados
Y_i (Variável Dependente)	Binária (0 ou 1)	Presença de instalação portuária ou Terminal de Uso Privado (TUP) ativo no município (1="Sim", 0="Não").	ANTAQ (Sistema de Informações Geográficas da ANTAQ / SIGTUP)
log_va_agro_z	Contínua (Padronizada)	Logaritmo do Valor Adicionado Bruto da Agropecuária a preços correntes (padronizado em Z-score).	IBGE (Pesquisa do PIB dos Municípios / SIDRA)
log_va_ind_z	Contínua (Padronizada)	Logaritmo do Valor Adicionado Bruto da Indústria a preços correntes (padronizado em Z-score).	IBGE (Pesquisa do PIB dos Municípios / SIDRA)
dummy_ferrovia	Binária (0 ou 1)	Dummy indicativa de presença/proximidade de malha ferroviária ativa no município ou no seu raio imediato.	IBGE / BC250 (Base Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo)
log_dist_rod_z	Contínua (Padronizada)	Logaritmo da distância euclidiana/em rede até a rodovia principal mais próxima (padronizado em Z-score).	IBGE / BC250

log_dist_porto_z	Contínua (Padronizada)	Logaritmo da distância euclidiana/em rede até o porto/complexo portuário concorrente mais próximo (padronizado em Z-score).	IBGE / BC250 e ANTAQ
factor(nivel_costeiro)	Categórica	Nível de defrontação marítima e influência costeira do município (Nível 1 = Defrontante direto; Nível 2 = Limítrofe ao nível 1).	IBGE (Malha Municipal / Delimitação de Municípios Defrontantes com o Mar)

Fonte: IBGE e ANTAQ.

O modelo utiliza dados socioeconômicos e malhas territoriais de 2020 combinados com a infraestrutura de transportes (BC250 IBGE) atualizada até novembro de 2023.

4. MÉTODO

A modelagem de escolha discreta da probabilidade de presença portuária emprega a Regressão Logística Penalizada de Firth (1993). Em amostras espaciais onde a ocorrência do evento ($Y=1$) é relativamente rara ou quando há subgrupos de variáveis explicativas com pouca variação, o estimador de Máxima Verossimilhança (MV) tradicional padece de viés de amostra pequena/moderada nos coeficientes β . Também, tem-se a questão da Separação Perfeita ou Quase-Perfeita (monotone likelihood), que faz com que as estimativas dos parâmetros divirjam para o infinito ($\beta^{\wedge} \rightarrow \pm\infty$) e os erros-padrão implodam.

O método de Firth corrige o viés de primeira ordem da estimativa de Máxima Verossimilhança ao introduzir um termo de penalização na função de log-verossimilhança derivado da informação de Fisher, conhecido como a prior de Jeffreys:

$$L^*(\beta) = L(\beta) \cdot |I(\beta)|^{\frac{1}{2}}$$

Onde $L(\beta)$ é a função de verossimilhança logística padrão e $|I(\beta)|$ é o determinante da Matriz de Informação de Fisher.

A função de Log-Verossimilhança Penalizada reduz-se a:

$$l^*(\beta) = l(\beta) + \frac{1}{2} \ln |I(\beta)|$$

Essa penalização assegura a existência de estimativas finitas e consistentes para os parâmetros β , mesmo sob separação quase-perfeita, além de fornecer intervalos de confiança

baseados no teste de razão de verossimilhança (Profile Likelihood) mais precisos para decisões de significância estatística.

Agora, serão abordados aspectos relacionados com a padronização e interpretação dos parâmetros.

Para neutralizar problemas de escala entre variáveis nominais em reais (Valores Adicionados) e medidas físicas (distâncias), as variáveis contínuas foram submetidas à transformação logarítmica e padronização por escore Z:

$$X_Z = \frac{\ln(X) - \mu_{\ln(X)}}{\sigma_{\ln(X)}}$$

A interpretação econômica é realizada via Razões de Chance (Odds Ratios - OR), obtidas pela exponenciação do coeficiente estimado ($OR = e^{\beta^{\wedge}}$):

$$OR = \exp(\beta^{\wedge})$$

Se $OR > 1$, o aumento de 1 desvio-padrão no logaritmo da variável explicativa eleva a chance de o município possuir um porto em $(OR - 1) \times 100\%$.

Se $OR < 1$, o aumento da variável reduz as chances relativas de sediar a instalação portuária em $(1 - OR) \times 100\%$.

A justificativa para a modelagem econométrica da probabilidade de presença de instalações portuárias ou Terminais de Uso Privado (TUPs) nos municípios costeiros brasileiros enfrenta dois obstáculos estruturais inerentes à geografia econômica de grandes infraestruturas, em primeiro lugar, tem-se a raridade do evento, isto é, a imensa maioria dos municípios não abriga um porto, resultando em forte desbalanceamento entre

$Y = 1$ e $Y = 0$) e a separação quase-perfeita dos dados (monotone likelihood), provocada por combinações de variáveis explicativas que preveem perfeitamente a ausência do evento em subamostras específicas.

Sob tais condições, o estimador tradicional de Máxima Verossimilhança (MV) padece do viés de amostragem finita apontado por King e Zeng (2001), tendendo a subestimar as probabilidades do evento nas caudas da distribuição, além de frequentemente divergir ($\beta^{\wedge} \rightarrow \pm\infty$) com erros-padrão inflados quando ocorre separação dos dados (HEINZE; SCHEMPER, 2002).

Para contornar essas limitações e assegurar a consistência dos parâmetros, adota-se a Regressão Logística Penalizada de Firth (1993). O método introduz uma penalidade baseada no determinante da Matriz de Informação de Fisher ($|I(\beta)|^{1/2}$) na função de log-

verossimilhança, o que equivale à aplicação da prior de Jeffreys em uma abordagem Bayesiana objetiva:³

$$P^*(\beta) = P(\beta) + \frac{1}{2} \ln |I(\beta)|$$

Essa modificação na função score elimina o viés de primeira ordem da estimativa de MV e garante a existência de estimativas finitas e únicas para os coeficientes β , mesmo sob separação estrita dos dados. Além disso, a inferência estatística e a construção dos intervalos de confiança para as Razões de Chance (Odds Ratios) são derivadas via Razão de Verossimilhança Perfilada (Profile Likelihood), imune às distorções do teste de Wald em amostras com fraca representatividade de eventos positivos (HAUCK; DONNER, 1977; FIRTH, 1993). Dessa forma, a abordagem de Firth proporciona estimativas não viesadas e estatisticamente robustas para os determinantes socioeconômicos e de infraestrutura da localização portuária no Brasil.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da estimação do modelo de Regressão Logística Penalizada de Firth para a amostra costeira expandida (1º e 2º níveis) trazem achados empíricos bastante interessantes e metodologicamente coerentes com a dinâmica econômica e geográfica dos portos no Brasil.

Em relação aos parâmetros estimados pelo modelo, ao nível padrão de significância ($\alpha = 0,05$), a única variável estatisticamente significativa é o Valor Adicionado da Agropecuária ($\log_va_agro_z$). A um nível marginal de 10% ($\alpha = 0,10$), a distância ao porto mais próximo ($\log_dist_porto_z$) e a dummy de ferrovia ($dummy_ferrovia$) também passam a fornecer sinal estatístico relevante (Tabela 3).

Quanto à análise estatística e econômica de cada parâmetro estimado e sua respectiva variável associada, tem-se que o coeficiente do Valor Adicionado Agropecuário ($\log_va_agro_z$) é estatisticamente significativo ao nível de 5%. Seu Odds Ratio (OR) = 2,8507 com p-valor = 0,0396. Sua interpretação é, aumento de um desvio padrão no

³ A adoção do raio de corte de 15 km para a definição da dummy de acesso ferroviário ($dummy_ferrovia$) fundamenta-se na delimitação da zona de influência imediata (catchment area) e de acessibilidade operacional dos pátios de manobra e terminais retroportuários. Sob a perspectiva metodológica, essa distância limiar (threshold) compensa o uso dos centroides geométricos municipais no cálculo das distâncias geográficas, evitando que municípios de maior extensão territorial cortados por ramais ferroviários fossem incorretamente classificados como desprovidos do modal devido ao afastamento do seu ponto médio territorial. Em logística de transportes, 15 km representa a distância média de transbordo / drayage curto entre uma ferrovia e um terminal/porto. Um porto não precisa ter o trilho passando exatamente dentro do seu limite municipal para ser servido por ele. Terminais retroportuários, pátios de manobra (rail yards) e acessos de last mile operam frequentemente nos municípios vizinhos ou no raio periférico de até 15 km da instalação portuária.

logaritmo do Valor Adicionado Agropecuário eleva em ~185% as chances de o município abrigar uma instalação portuária / TUP ($OR - 1 = 2,8507 - 1 = 1,8507$), como pode ser visualizado na Tabela 3. Em termos de racional econômico, esse resultado reflete a forte vocação exportadora de commodities agrícolas no Brasil, tais como, soja, milho, açúcar. Municípios ou regiões costeiras integradas a áreas produtivas agrícolas demandam infraestrutura de escoamento e terminais dedicados.

Quanto à variável dummy referente ao acesso ferroviário (*dummy_ferrovia*), esta apresentou significância estatística marginal ao nível de 11% ($p\text{-valor} = 0,1088$), exibindo uma Razão de Chance (Odds Ratio – OR) de 3,0254 (Tabela 3). Em termos de interpretação econômica, a localização a um raio de até 15 km³ de uma malha ferroviária ativa triplica, correspondendo a um aumento de aproximadamente 202,5%, as chances de o município abrigar uma instalação portuária ou TUP, em comparação àqueles desprovidos de acesso ferroviário próximo. Portos eficientes e de grande porte, como Santos, Paranaguá, Itaquí e Tubarão, dependem criticamente do modal ferroviário para movimentação de grande volume (bulk cargo).

Quanto ao parâmetro associado a variável Distância ao Porto Próximo (*log_dist_porto_z*), ela é significativa a 9%, com Odds Ratio (OR) = 1,7463, com $p\text{-valor} = 0,0879$. Esse resultado mostra que, quanto maior a distância exógena até outro complexo portuário aumenta a probabilidade de o município possuir seu próprio porto ($OR=1,75$), conforme consta na Tabela 3. Indica um efeito de dispersão espacial / raios de atração regional. Os portos tendem a manter certo espaçamento entre si para atender suas respectivas áreas de influência (hinterlands)⁴, evitando sobreposição direta de terminais concorrentes muito próximos, a menos que haja gargalo logístico severo.

Por outro lado, as variáveis Valor Agregado Industrial (*log_va_ind_z*) e Rodovias (*log_dist_rod_z*) não são estatisticamente significativas. No caso do Valor Agregado da Indústria, seu $p\text{-valor}$ é igual 0,5727 (Tabela 3). Portanto, o setor industrial não apresentou efeito estatisticamente relevante na probabilidade de presença de porto nesta amostra costeira. Também, a Distância à Rodovia, cujo $p\text{-valor}$ é 0,9182, mostra que, quase toda a faixa costeira brasileira possui acesso rodoviário próximo no BC250⁵, o que reduz a variância explicativa dessa variável no modelo, ou seja, com baixa discriminação entre $Y=1$ e $Y=0$.

⁴ O termo hinterland, ou área de atração/influência portuária, designa a região geográfica do interior continental cujas atividades econômicas de produção e consumo dependem de um determinado porto para o escoamento de exportações e o recebimento de importações. Delimitada pelas redes de transporte terrestre (rodovias, ferrovias e hidrovias), essa zona de influência define a capacidade de captação de carga do complexo portuário e é modelada tanto pela distância física quanto pelos custos logísticos de transbordo e infraestrutura de acesso.

⁵ A BC250 (Base Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo na escala 1:250.000) é a base de dados geoespaciais vetoriais oficial elaborada e mantida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). É a fonte primária utilizada em R/GIS para extrair a malha de transportes, calcular as distâncias euclidianas/matriciais aos centroides municipais e identificar a linha de costa (defrontantes) e a conectividade multimodal com os portos.

Quanto a variável Nível Costeiro 2 - Limítrofe (factor(nivel_costeiro)2_limitrofe), também, não significativa com p-valor = 0,1277 e Odds Ratio (OR) = 0,3766 (Tabela 3). No entanto, embora não seja significativa a 5%, o coeficiente aponta no sentido esperado (OR < 1): municípios de 2º nível têm ~62% menos chances de sediar um porto em comparação aos municípios defrontantes diretos com o mar (Nível 1).

Tabela 3. Estimativas do Modelo de Regressão Logística para a Presença de Infraestrutura Portuária nos Municípios Costeiros do Brasil (2020–2023)

Variável	Coefficiente (β)	Odds Ratio	p-valor	Efeito na Probabilidade de Porto
V.A. Agropecuária	+1,0476	2,8507	0,0396*	● Aumenta significativamente
Dummy Ferrovia	+1,1070	3,0254	0,1088	● Aumenta (marginalmente)
Distância ao Porto	+0,5575	1,7463	0,0879**	● Aumenta (dispersão geográfica)
Nível 2 (Limítrofe)	-0,9766	0,3766	0,1277	● Reduz (esperado)
V.A. Indústria	-0,2316	0,7933	0,5727	Sem efeito estatístico

*Significativo a 5%. **Significativo a 10%.

Fonte: ANTAQ e IBGE.

Visando verificar a possibilidade de ocorrência entre as variáveis explicativas do modelo, foi calculada a matriz de correlação entre essas variáveis. O grau de associação linear entre as variáveis exógenas foi mensurado por meio do coeficiente de correlação de Pearson (PEARSON, 1896; WOOLDRIDGE, 2020)

Quanto ao diagnóstico de multicolinearidade, tem-se que o coeficiente de correlação entre as variáveis Valor Agregado da Indústria versus Valor Agregado da Agropecuária foi aquele com maior coeficiente de correlação, com magnitude igual a ($r = 0,82$), sinalizando para uma correlação muito alta. Municípios com maior porte econômico tendem a registrar valores elevados em múltiplos setores agregados. Essa forte associação linear explica por que, na estimação conjunta, o V.A. Indústria perdeu significância estatística ($p = 0,5727$), enquanto o V.A. Agropecuária absorveu o efeito explicativo ($p = 0,0396$). Há um claro sobre ajuste de variância (shared variance) entre as duas séries (Tabela 4).

Para as demais variáveis do modelo, os respectivos coeficientes de correlação apresentam níveis moderados a baixos de correlação, situando-se em zonas seguras que não comprometem a estabilidade dos demais coeficientes, com ($|r| < 0,50$), como pode ser observado na Tabela 4.

A Tabela 4 apresenta análise detalhada com base nos resultados da matriz de correlação.

Tabela 4. Análise Detalhada dos Pares de Variáveis

Par de Variáveis	Correlação (r)	Força / Direção	Interpretação Econômica e Espacial
V.A. Indústria × V.A. Agropecuária	+0,82	Forte Positiva	Aglomeração econômica municipal. Municípios com grande escala produtiva acumulam dinamismo tanto industrial quanto no processamento/escoamento agropecuário.
V.A. Indústria × Dummy Ferrovia	+0,48	Moderada Positiva	A infraestrutura ferroviária no Brasil está historicamente conectada a grandes polos industriais e centros de processamento produtivo.
V.A. Agropecuária × Dummy Ferrovia	+0,45	Moderada Positiva	Reflete o traçado dos corredores de exportação agrícolas, onde a ferrovia atua no escoamento de safras em municípios com forte produção agrícola.
V.A. Agropecuária × Dist. Rodovia	-0,36	Moderada Negativa	Quanto maior o V.A. Agropecuário do município, menor é a sua distância à rede rodoviária principal (melhor acessibilidade rodoviária).
Dummy Ferrovia × Dist. Rodovia	-0,22	Fraca Negativa	Municípios atendidos por ferrovias também tendem a estar mais próximos das grandes artérias rodoviárias (intermodalidade).

Fonte: IBGE.

Para verificar a possível multicolinearidade entre as variáveis explicativas do modelo, foram calculadas as respectivas Variance Inflation Factor.

Em linhas gerais, se o valor do VIF é igual a unidade, isto indica ausência total de multicolinearidade. No caso de multicolinearidade fraca / moderada, tem-se que $1 < VIF < 5$, sendo que, nesse caso a multicolinearidade é aceitável, ou seja, sem impactos sérios nos erros padrão dos parâmetros estimados no modelo. No caso de multicolinearidade severa, a qual, pode inflar os erros-padrão e afetar a significância estatística dos coeficientes β o valor da $VIF \geq 5$ ou $VIF \geq 10$. Valores de VIF inferiores a 5 (ou 10 em critérios mais flexíveis) indicam a ausência de multicolinearidade severa, não afetando a estabilidade dos erros-padrão dos coeficientes (HAIR JR. et al., 2020; GUJARATI; PORTER, 2011).

Os resultados da Tabela 5 confirmam a ausência de multicolinearidade severa entre as variáveis explicativas do modelo, garantindo a estabilidade e a confiabilidade das estimativas dos coeficientes (β) e dos erros-padrão.

Tabela 5. Diagnóstico de Multicolinearidade: Fator de Inflação da Variância (VIF) e Tolerância para os Regressores do Modelo Costeiro (2020–2023)

Variável	VIF	Tolerância	Diagnóstico
<i>log_va_agro_z</i>	3.103249003	0.322242914	Baixa (Ideal)
<i>dummy_ferrovia</i>	1.305617256	0.76592125	Baixa (Ideal)
<i>log_dist_porto_z</i>	1.139209545	0.877801634	Baixa (Ideal)
<i>nivel_costeiro</i>	1.077224064	0.928311976	Baixa (Ideal)
<i>log_va_ind_z</i>	3.045885489	0.328311752	Baixa (Ideal)
<i>log_dist_rod_z</i>	1.141884763	0.875745112	Baixa (Ideal)

Fonte: IBGE.

O maior valor registrado na amostra permanece bem abaixo do limite conservador da literatura econométrica ($VIF < 5,0$) e extremamente distante do limiar crítico ($VIF \geq 10,0$). O valor médio próximo de 1,0 reforça que o grau global de associação linear entre as variáveis independentes é baixo (Tabela 5).

A Tolerância Mínima de 0,32, indica que mais de 32% da variação individual do Valor Adicionado Agropecuário e Industrial não é explicada pelas demais variáveis do modelo, garantindo variância própria suficiente para a estimação (Tabela 5).

A Figura 1, apresenta a matriz de correlação de Pearson no caso do modelo costeiro expandido (1 e 2 níveis).

Matriz de Correlação de Pearson - Modelo Costeiro Expandido (1º e 2º Níveis)

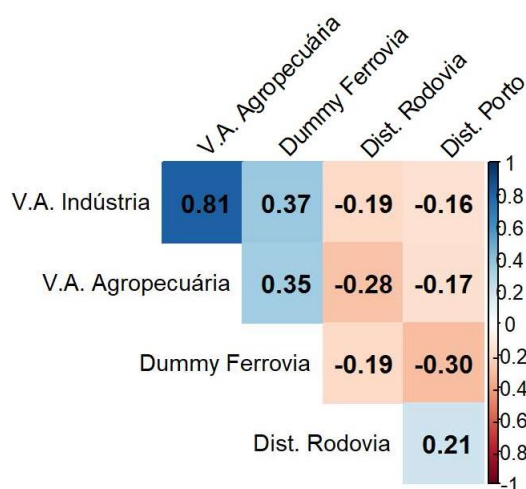


Figura 1. Matriz de Correlação de Pearson, Variáveis do Modelo Costeiro Expandido (1 e 2 Níveis)

Fonte: IBGE.

Finalmente, também foi testado o mesmo modelo contendo o Produto Interno Bruto (PIB) como alternativa de especificação a desagregação do PIB entre Indústria e Agropecuária, no entanto, o modelo contendo somente o PIB apresentou resultados com menor grau de robustez comparativamente ao modelo expandido, o qual utilizou de forma desagregada os Valores da Indústria e da Agropecuária.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo investigou os determinantes socioeconômicos, geográficos e de infraestrutura de transportes que condicionam a presença de Portos Organizados e Terminais de Uso Privado (TUPs) nos municípios costeiros do Brasil. Para contornar os desafios estruturais inerentes ao estudo de grandes obras de infraestrutura, notadamente a raridade do evento no espaço municipal e o problema da separação quase-perfeita, empregou-se a Regressão Logística Penalizada de Firth (1993) sobre uma base de dados integrada (IBGE, ANTAQ e BC250) cobrindo o período de 2020 a 2023. Os resultados empíricos revelaram que a vocação agropecuária municipal, medida pelo Valor Adicionado Bruto da Agropecuária, é o vetor econômico de maior relevância estatística e magnitude para a localização portuária no Brasil. A cada incremento de um desvio-padrão no logaritmo do V.A. Agropecuário, as chances de o município abrigar uma instalação portuária sobem aproximadamente 185% ($OR = 2,8507$; $p = 0,0396$). Esse achado reflete o papel decisivo do Brasil como grande provedor global de commodities agrícolas (soja, milho e açúcar), cujos volumes elevados exigem infraestruturas dedicadas de escoamento aquaviário de alta escala. Além disso, o acesso à malha ferroviária ($OR =$

$3,0254$; $p = 0,1088$) e a distância exógena em relação a portos concorrentes ($OR = 1,7463$; $p = 0,0879$) apresentaram significância estatística marginal, evidenciando dois aspectos centrais da geografia econômica portuária. Em primeiro lugar, a dependência da intermodalidade, uma vez que o modal ferroviário é indispensável para conectar o hinterland produtivo aos berços de atracação. Em segundo lugar, o efeito de dispersão espacial, demonstrando que os complexos portuários tendem a manter certo espaçamento regional para evitar sobreposição direta de suas áreas de atração e capturar cargas de suas respectivas bacias logísticas. Por outro lado, variáveis como a distância à rede rodoviária e o Nível 2 costeiro não apresentaram efeito estatisticamente significativo. A ubiquidade da malha rodoviária principal na faixa litorânea brasileira reduz seu poder de discriminação entre

municípios com e sem portos, enquanto a atividade portuária permanece fortemente concentrada nos municípios de defrontação marítima direta (Nível 1). Do ponto de vista de políticas públicas e planejamento de transportes, os achados reforçam a necessidade de integrar a concessão e a autorização de novos TUPs à expansão dos corredores multimodais de exportação (ferrovias e hidrovias), minimizando gargalos de acesso terrestre e otimizando o escoamento da produção nacional.

Apesar da robustez dos resultados obtidos pela modelagem de Firth, o avanço da agenda de pesquisa sobre economia portuária e logística no Brasil abre espaço para desdobramentos e extensões metodológicas. Sugere-se categorizar as instalações portuárias entre Portos Organizados (públicos) e TUPs (privados), bem como por tipologia de carga predominante, granéis sólidos agrícolas, granéis líquidos/petróleo, minérios e contêineres, avaliando se os fatores locais diferem entre regimes jurídicos e perfis operacionais.

Também, sugere-se empregar técnicas de Econometria Espacial para dados discretos (como o Spatial Autoregressive Logit/Probit ou modelos de dependência espacial por matrizes de contiguidade/distância), capturando possíveis efeitos de spillovers e dependência espacial vizinha entre municípios litorâneos.

Alternativamente, outra opção consiste na Análise Paineis e Dinâmica Temporal, ou seja, expandir a estrutura transversal (cross-section) para um painel de dados ao longo de duas ou três décadas, permitindo avaliar o impacto do Marco Legal dos Portos (Lei nº 12.815/2013) no ritmo de instalação de novos TUPs e na reconfiguração da atratividade espacial do litoral brasileiro.

Outra possibilidade reside na utilização de Variáveis de Capacidade e Infraestrutura Hídrica, incorporar variáveis geofísicas e de navegabilidade, tais como profundidade natural do calado, proteção contra ressacas, presença de estuários/mangues e restrições ambientais (unidades de conservação), que atuam como condicionantes físicos diretos para a viabilidade de engenharia de novos terminais.

Finalmente, incluir dados de custo de frete rodoviário e ferroviário provenientes das regiões produtoras, com, por exemplo, Centro-Oeste e Matopiba, até os nós portuários para mensurar a eficiência competitiva de cada hinterland.

7. LITERATURA CITADA

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). Comex Stat: sistema oficial para consulta e extração de estatísticas do comércio exterior do Brasil. Brasília, DF: MDIC, 2025. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br>. Acesso em: 20 ago. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários. Brasília, DF: Presidência da República, 2013. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12815.htm. Acesso em: 20 ago. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Instalações Portuárias: Terminais de Uso Privado (TUP). Brasília, DF: ANTAQ, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/antag>. Acesso em: 20 ago. 2026.

FIRTH, David. Bias reduction of maximum likelihood estimates. *Biometrika*, v. 80, n. 1, p. 27–38, 1993.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. *Econometria básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HAIR JR., Joseph F. et al. *Análise multivariada de dados*. 8. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

HAUCK, Walter W.; DONNER, Allan. Wald's test as applied to hypotheses in logit analysis. *Journal of the American Statistical Association*, v. 72, n. 360a, p. 851–853, 1977.

HEINZE, Georg; SCHEMPER, Michael. A solution to the problem of separation in logistic regression. *Statistics in Medicine*, v. 21, n. 16, p. 2409–2419, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base

Cartográfica Contínua do Brasil ao Milionésimo (BC250). Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produto

Interno Bruto dos Municípios. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2026.

KING, Gary; ZENG, Langche. Logistic regression in rare events data. *Political Analysis*, v. 9, n. 2, p. 137–163, 2001.

PEARSON, Karl. Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity, and panmixia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A*, v. 187, p. 253–318, 1896.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2020.

