# REVOLUÇÃO 4.0: A APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA NAS OPERAÇÕES DO PORTO DE SANTOS

# REVOLUTION 4.0: THE TECHNOLOGY' APPLICATION ON THE OPERATIONS OF THE PORT OF SANTOS

Bruna Fonseca, Maiara Soares, Murilo Carreira, Nicolle Torquato, Rafaela Ribeiro, Luiz André Silva Evangelista

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Relações Internacionais, Curso de Relações Internacionais / E-mail para contato: rs224451@alunos.unisanta.br

*RESUMO – Esta comunicação de pesquisa tem como objetivo realizar um estudo sobre a repercussão da utilização de tecnologias em operações portuárias no Porto de Santos, a partir da demonstração de dados que relacionem como as Tecnologias podem impactar o sucesso da parte operacional portuária. Para a análise serão utilizadas algumas teorias do Comércio Internacional, com foco nas Teorias Neotecnológicas. Serão analisadas as bases teóricas dessas correntes, destacando como cada uma pode influenciar a dinâmica do comércio global e o desenvolvimento das operações do maior porto da América Latina – Porto de Santos. Por meio dos pensamentos expressos em obras de Posner, busca-se compreender como as teorias influenciam o avanço do comércio internacional e a influência de ferramentas tecnológicas para a otimização e sucesso dos processos portuários em países desenvolvidos e subdesenvolvidos no mundo, objetivando maior eficiência na entrega resultante das trocas comerciais.*

**Palavras-chave:** Relações Internacionais; Tecnologias; Comércio Internacional; Teorias Neotecnológicas; Porto de Santos.

*ABSTRACT – This research communication aims to carry out a study on the repercussion of the use of technologies in port operations, focusing on the movement of cargo in the Port of Santos, based on the demonstration of data that relate how technologies can impact the success of the port operational part. For the analysis, some theories of International Trade will be used, with a focus on Neotechnological Theories. The theoretical bases of these currents will be analyzed, highlighting how each one can influence the dynamics of global trade and the development of operations of the largest port in Latin America – Port of Santos. Through the thoughts expressed in Posner's works, it seeks to understand how theories influence the advancement of international trade and the influence of technological tools for the optimization and success of port processes in developed and underdeveloped countries in the world, aiming at greater efficiency in the delivery resulting from commercial exchanges.*

***Keywords:*** *International relations; Technologies; International trade; Neotechnological Theories; Port of Santos.*

# 1 INTRODUÇÃO

O Porto de Santos, localizado no litoral do estado de São Paulo, se destaca como o maior complexo portuário da América Latina e um dos mais estratégicos do Brasil. Fundado em 1892, o porto desempenha papel importante na economia nacional, sendo responsável por cerca de 28% do comércio exterior brasileiro. Sua posição geográfica privilegiada, próxima a polos industriais e agrícolas como São Paulo e Campinas, o torna um hub essencial para exportações de commodities (como açúcar, café, soja e suco de laranja) e importações de insumos e produtos industrializados.

**Operações Principais:**

**1. Movimentação de Cargas:** - Contêineres: Representam cerca de 40% do total movimentado, com terminais especializados (como Tecon Santos, Brasil Terminal Portuário e Ecoporto Santos). - Carga Geral Solta e Granéis: Inclui granéis líquidos (óleos, combustíveis) e sólidos (grãos, minérios). - Carga Roll-on/Roll-off (Ro-Ro): Veículos e máquinas de grande porte.

**2. Infraestrutura:** - Dispõe de 16 km de cais, 60 berços de atracação e áreas de armazenagem de mais de 1 milhão de m². - Ligação direta com a malha ferroviária (como a Rumo) e rodovias (como a Via Anchieta e Imigrantes), facilitando a integração modal.

**3. Processos Operacionais:** - Pré-embarque: Planejamento logístico, conferência documental e inspeções. - Atracação: Utilização de guindastes, empilhadeiras e equipamentos automatizados. - Armazenagem: Controle de estoque em pátios e armazéns alfandegados. - Desembaraço Aduaneiro: Parceria com a Receita Federal para agilizar fiscalizações. Desafios: Apesar de sua relevância, o porto enfrenta gargalos como tráfego intenso, restrições de profundidade para navios de grande calado e urgência de modernização da infraestrutura histórica. A burocracia e a complexidade de processos também impactam a eficiência.

**4. Tecnologia e Inovação**: Iniciativas como o Porto Digital (gestão de dados integrada), sistemas de automação de gateways e uso de IoT para monitoramento de cargas têm sido implementadas para otimizar operações. A modernização é vista como chave para manter sua competitividade global. O Porto de Santos, portanto, é um eixo dinâmico da logística brasileira, cujas operações refletem tanto o potencial quanto os desafios de um país em desenvolvimento, dependente de sua capacidade de integração com o comércio internacional.

O objetivo desta pesquisa é analisar a relação entre as operações do Porto de Santos, maior complexo portuário da América Latina, e as teorias tecnológicas do comércio internacional, como o hiato tecnológico de Michael Posner e a fragilidade tecnológica, com o intuito de compreender como a inovação e as desigualdades no acesso à tecnologia impactam a eficiência logística.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho adotou uma abordagem descritiva a partir de revisão bibliográfica, a fim de explorar a relação entre as operações do Porto de Santos e as teorias neotecnológicas do comércio internacional, descrevendo a realidade operacional do maior porto da América Latina. Os materiais utilizados incluem: revisão bibliográfica e fontes teóricas primárias, como a visão de Posner.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

"A primeira regra de qualquer tecnologia utilizada nos negócios é que a automação aplicada a uma operação eficiente aumentará a eficiência" (GATES, 1995, p. 176). Nesse sentido, a aplicação de mecanismos tecnológicos no comércio internacional, mais especificamente nas operações portuárias é um elemento chave para o crescimento econômico global, impulsionando a troca de bens, serviços e ideias entre nações. De forma simplificada, o comércio internacional se refere às trocas de bens e serviços entre países e, ao longo da história, essa atividade tem sido crucial em termos macroeconômicos para todas as nações, destacando sua importância evolutiva (Han, Li e Li, 2015).

Hodiernamente, o cenário do comércio internacional está enfrentando transformações significativas decorrentes da Revolução 4.0, impulsionadas por uma série de fatores, incluindo avanços tecnológicos e mudanças geopolíticas. À medida que novas tecnologias emergem e se integram aos processos comerciais, surgem tendências que moldam o futuro do comércio internacional e é crucial destacar a importância da análise destas perspectivas em um contexto de mudanças tecnológicas aceleradas.

As teorias neotecnológicas do comércio internacional, sob a ótica de Michael Posner, destacam o papel da inovação e da tecnologia como fatores centrais para o comércio entre países. Posner introduziu o conceito de gap tecnológico, ou "hiato tecnológico", que propõe que as diferenças na capacidade de inovação tecnológica entre países são determinantes para as trocas comerciais. De acordo com ele, essas diferenças tecnológicas levam a uma vantagem temporária para os países que introduzem novas tecnologias primeiro, permitindo que exportem produtos inovadores antes que outros países consigam imitá-los.

A teoria se baseia em três pontos principais:

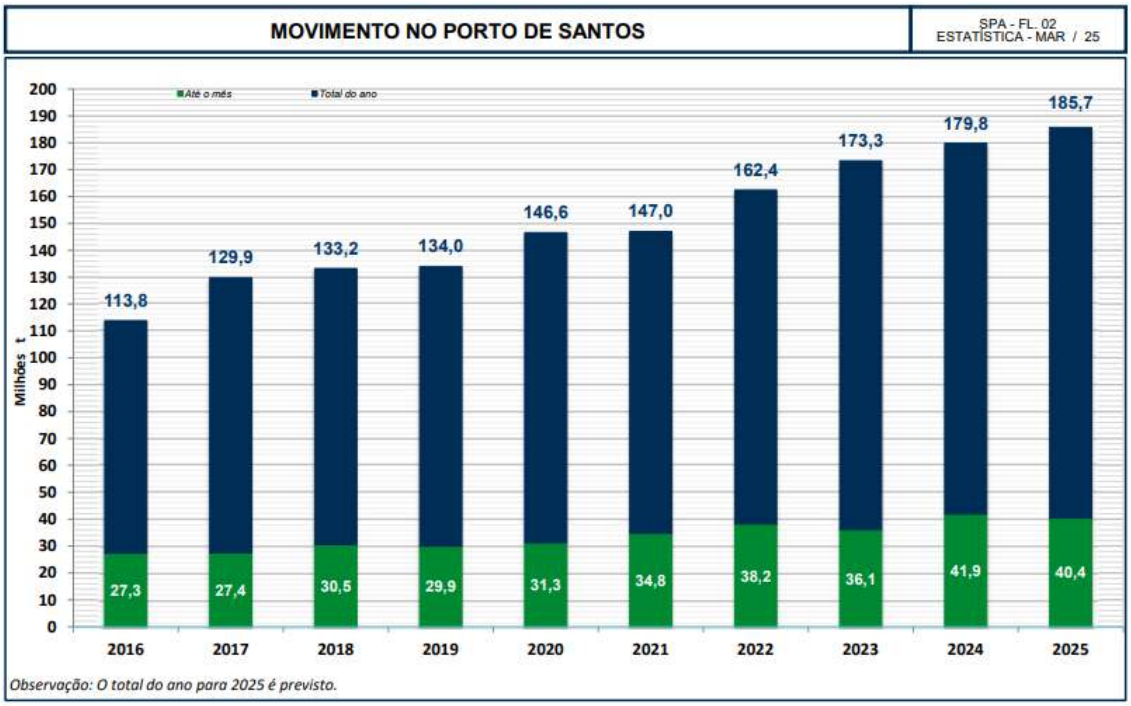
**Hiato Tecnológico:** Posner argumenta que as inovações tecnológicas criam um hiato entre o país inovador e os demais países. Enquanto outros países não conseguem replicar a nova tecnologia, o país inovador tem uma vantagem competitiva;

**Difusão de Tecnologia:** Após algum tempo, a tecnologia se dissemina, e outros países podem imitar ou adaptar a inovação, reduzindo a vantagem competitiva inicial do país inovador;

**Inovação Contínua:** Para manter essa vantagem, o país precisa de um processo contínuo de inovação, pois a imitação reduz o diferencial competitivo ao longo do tempo. Assim, os países com maior capacidade de inovação tendem a ser exportadores líquidos de produtos tecnologicamente avançados.

Essas ideias de Posner influenciaram outras teorias modernas do comércio, que focam na inovação e na diferenciação de produtos como motores do comércio internacional, em contraste com teorias clássicas que se baseavam na vantagem comparativa estática (como as de David Ricardo). Partindo-se para a observação da Teoria no contexto do Porto de Santos, é válido destacar que os números da movimentação de carga aumentaram nas estatísticas do mês de março:

*Gráfico 1: Movimento no Porto de Santos.*



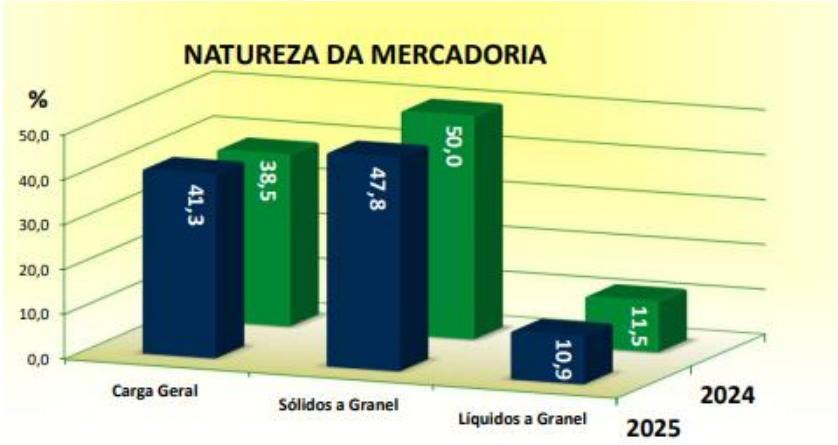

https://intranet.portodesantos.com.br/docs_codesp/doc_codesp_pdf_site.asp?id=156705

O gráfico 1 demonstra a movimentação de cargas no Porto de Santos até o mês de Março. No acumulado de 2025, o Porto de Santos atingiu a marca de 40,8 milhões de toneladas movimentadas, com um destaque para as cargas sólidas a granel, que são as mercadorias secas e não embaladas, geralmente medidas em quilogramas, que são transportadas em grandes volumes (milhos, soja, arroz), conforme apresentado no gráfico 2.

Em 2021, foi feita a assinatura de um acordo entre o Porto de Santos, Wilson Sons e DockTech referente a uma cooperação técnica para uso de tecnologia pioneira no Brasil. O acordo formalizou parceria que visava o estudo e colaboração entre as 3 empresas para aperfeiçoamento de solução de monitoramento em tempo real da profundidade operacional do canal de navegação e acesso aos berços de atracação do Porto de Santos. Desenvolvida pela startup israelense DockTech, a solução mapeia em tempo real a profundidade do canal de navegação e é capaz de entender o padrão de assoreamento dos portos, prevendo como as variações no leito afetam a segurança da navegação e o transporte de cargas.

No início deste ano, o Secretário Nacional de Portos, Alex Ávila, e o presidente da Autoridade Portuária de Santos, Anderson Pomini, realizaram diversas visitas estratégicas a complexos portuários na Europa, incluindo o Porto de Rotterdam, na Holanda, e o Porto de Antuérpia, na Bélgica.. Segundo o Secretário de Portos, Alex Ávila, a Europa é um parceiro comercial estratégico do Brasil, e conhecer de perto seus complexos portuários permite trocar experiências valiosas. “O Porto de Rotterdam e o terminal de contêineres MPET, na Bélgica, estão muito avançados em tecnologia, sustentabilidade e ESG. Essa visita reforça que estamos no caminho certo com nossa agenda de concessões e leilões, focada no desenvolvimento sustentável. Aprender com essas práticas nos ajuda a aprimorar nossa infraestrutura logística e criar oportunidades alinhadas ao que o mundo desenvolvido já pratica”, ressaltou o secretário.

*Gráfico 2: Movimento no Porto de Santos.*




https://intranet.portodesantos.com.br/docs_codesp/doc_codesp_pdf_site.asp?id=156705

O Porto de Roterdã é a porta de entrada para um mercado de 500 milhões de consumidores, e um dos principais centros logísticos e industriais do mundo, sendo o maior da Europa e o terceiro mais movimentado do mundo e têm atraído olhares pelo apelido atual e assustador – Porto Fantasma. A infraestrutura do Porto se destaca pela utilização de IA, pela informatização e os guindastes que não necessitam de operadores. Mais alguns exemplos de tecnologias:

- Sensores e dados em tempo real;

- Automatizando a inspeção de ativos;
- Inspetor de Aprendizado de Máquina de Projeto (MLI);
- Manutenção sem interrupção;
- Carga de linha de amarração inteligente;
- Segurança Náutica e drones.

Retornando à questão da infraestrutura do Porto de Santos, a Santos Brasil, empresa responsável pela gestão do porto de Santos, anunciou essa semana um balanço dos investimentos feitos em tecnologia entre 2023 e 2025. Serão no fim do período R$ 55 milhões investidos na melhoria dos centros logísticos aduaneiros e terminais. O objetivo declarado pela empresa é aumentar a segurança de pessoas e cargas e dar mais agilidade aos processos, além de reduzir impactos ao meio ambiente. Dentre os investimentos em andamento, cerca de R$ 36 milhões são destinados a tecnologias digitais, operacionais e de dados, e R$ 19 milhões à infraestrutura de suporte a essas tecnologias – a maioria rodando pelo sistema chamado "nuvem".

Entre as tecnologias enumeradas pela empresa estão gêmeos digitais, internet das coisas (IoT), aprendizado de máquinas e o uso de realidade aumentada e drones. No Clia Santos (Centro Logísticos e Industrial Aduaneiro), a Santos Brasil implantou um sistema de armazém 3D que atua integrado ao terminal de contêineres no porto de Santos e provê serviços de armazenagem alfandegada e de cargas especiais. A tecnologia mostra a ocupação e a movimentação do espaço em tempo real, com informações sobre as cargas.

A tecnologia funciona por uma visualização via computador como se fosse uma visita ao local físico, a partir de uma representação visual tridimensional. Entre as vantagens apontadas pela Santos Brasil estão a otimização do espaço, o gerenciamento de inventário e a identificação de riscos. O próximo passo é implantar a tecnologia em todas as unidades da empresa com armazém alfandegado. No campo da inteligência artificial, um modelo de aprendizado de máquina está em treinamento para previsão de entrada de caminhões no Tecon Santos. Baseado em um modelo matemático e nos agendamentos realizados, a empresa diz ser possível prever

os contêineres que entrarão no terminal nas horas seguintes, possibilitando o planejamento do pátio em curto prazo.

O uso de realidade estendida para o inventário de contêineres, a partir da utilização de óculos de realidade aumentada e tablets, está em planejamento. Ao visualizar contêineres, eles são identificados por meio da tecnologia OCR (reconhecimento de caractere óptico) e, a partir disso, as imagens reais são sobrepostas com elementos virtuais. A combinação de estratégia e tecnologia, segundo o **diretor de tecnologia da Santos Brasil, Ricardo Miranda** visa reduzir impactos ao meio ambiente, tempo e custos da operação: "Temos um olhar muito pragmático com as tecnologias digitais e como elas podem gerar valor às nossas operações e aos nossos clientes".

Além disso, outras tecnologias pretendem chegar no Porto de Santos, ainda esse ano, dentre elas o Gêmeo Digital, uma parceria entre Itaipu Parquetec e a Autoridade Portuária de Santos (APS), o que será uma consequência da instalação de uma rede privativa 5G no Porto de Santos, no âmbito do Projeto Conecta Santos. Segundo Anderson Pomini, presidente da APS, "com o gêmeo digital, teremos uma ferramenta poderosa para otimizar nossas operações e preparar o Porto para os desafios do futuro". Este projeto visa modernizar as operações portuárias, impulsionando a modernização digital e a eficiência no setor portuário. Tais avanços permitirão o monitoramento em tempo real do tráfego de embarcações, do movimento de cargas e do uso de berços de atracação; simulação de diferentes cenários operacionais, como alterações de rotas e mudanças estruturais; Antecipar problemas e otimizar respostas a situações adversas.

# 4 CONCLUSÃO

Em concordância com as teorias neotecnológicas de Posner, este estudo demonstrou como a implementação das tecnologias da Revolução 4.0 melhorou a eficiência operacional do Porto de Santos, otimizando a movimentação de cargas, reduzindo despesas e atenuando os impactos ambientais. De acordo com a análise, para superar os obstáculos do passado e preservar a competitividade global, avanços como IoT, gêmeos digitais, automação e colaborações com portos europeus (como Roterdã e Antuérpia) foram cruciais. O compromisso com a modernização é ainda demonstrado pelo investimento de R$ 55 milhões em tecnologias

digitais até 2025, reafirmando a importância da modernização portuária. Agradecemos à Universidade Santa Cecília, Santos Brasil, DockTech e Itaipu Parquetec por sua assistência técnica. Os efeitos socioeconômicos desses desenvolvimentos em outros portos latino-americanos e o desenvolvimento da exclusão tecnológica em economias emergentes podem ser objeto de pesquisas futuras.

# 5 REFERÊNCIAS


GOV BRASIL. **Brasil fortalece cooperação com portos europeus para sustentabilidade e inovação tecnológica**. Ministério de Portos e Aeroportos, 17 fev. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2025/02/brasil-fortalece-cooperacao-com-portos-europeus-para-sustentabilidade-e-inovacao-tecnologica. Acesso em: 28 abr 2025.

GUIMARÃES, B. C.; SANTOS, D. R. dos; SANTOS, G. M. S. dos; PINTO, M. de M. **Futuro do comércio internacional em um mundo em transição:** tendências e perspectivas em um contexto de mudanças tecnológicas. REVISTA DELOS, [S. l.], v. 17, n. 60, p. e2226, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n60-067. Disponível em: https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/2226. Acesso em: 01 maio. 2025.

ITAIPU PARQUETEC. ***Itaipu Parquetec firma parceria para transformação digital do setor portuário com o projeto Conecta Santos***. 12 dez. 2024. Disponível em: https://www.itaipuparquetec.org.br/itaipu-parquetec-firma-parceria-para-transformacao-digital-do-setor-portuario-com-o-projeto-conecta-santos/. Acesso em: 10 maio 2025.

PORTO DE SANTOS. ***Mensário Estatístico***. Disponível em: https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/. Acesso em: 05 maio 2025.

PORTO DE SANTOS. **Porto de Santos, Wilson Sons e DockTech assinam acordo de cooperação técnica para uso de tecnologia pioneira no Brasil.** Porto de Santos, 9 dez. 2021. Disponível em: https://www.portodesantos.com.br/2021/12/09/porto-de-santos-wilson-sons-e-docktech-assinam-acordo-de-cooperacao-tecnica-para-uso-de-tecnologia-pioneira-no-brasil/. Acesso em: 13 maio 2025.

POSNER (1961). **International trade and technical change**. Oxford Economic Papers, 13(3), 323-341.

SANTOS BRASIL. **Conheça as tecnologias digitais usadas no porto de Santos**. IT Forum, 21 dez. 2024. Disponível em: https://itforum.com.br/noticias/tecnologias-digitais-usadas-porto-santos/. Acesso em: 05 maio 2025.