



Eficiência e Produtividade: O Impacto da Automação em Operações Portuárias

Efficiency and Productivity: The Impact of Automation on Port Operations

BEATRIZ PEREIRA DE SOUSA (FACULDADE DE TECNOLOGIA
RUBENS LARA - FATEC) beatriz.sousa13@fatec.sp.gov.br

JOICE DONATO LEITE (FACULDADE DE TECNOLOGIA RUBENS
LARA – FATEC) joice.leite@fatec.sp.gov.br

LUIS FERNANDO COSTA COMPIANI (FACULDADE DE
TECNOLOGIA RUBENS LARA - FATEC)
luis.compiani@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A automação de sistemas, processos e equipamentos portuários vem se mostrando um elemento crucial para a modernização e competitividade dos portos no contexto mundial. Este artigo examina os efeitos práticos da automação no setor portuário, enfatizando suas vantagens em relação à eficiência operacional, segurança e sustentabilidade ambiental. Com uma abordagem qualitativa e exploratória, foram conduzidos estudos de caso nos portos de Santos (Brasil), complementados por uma revisão bibliográfica de fontes acadêmicas e institucionais recentes. Os resultados sugerem que a automação ajuda a diminuir os gargalos logísticos, reduzir o tempo de atracação de navios e otimizar o uso de recursos. Além disso, ela reduz os riscos para os trabalhadores ao substituir tarefas perigosas por processos automatizados. Além disso, são destacados os desafios para a adoção plena dessas tecnologias, incluindo altos investimentos iniciais, integração de sistemas, e a necessidade de capacitação da mão de obra. Ademais, práticas integradas de monitoramento ambiental demonstram que a automação promove operações portuárias mais responsáveis e alinhadas às exigências regulatórias. A automação deve ser vista como um processo complexo que exige planejamento estratégico, investimento em infraestrutura, digitalização e capacitação profissional. Isso é necessário para assegurar a sustentabilidade e a competitividade do setor portuário brasileiro em face das tendências globais.

PALAVRAS-CHAVE: Automação portuária; Eficiência operacional; Sustentabilidade; Tecnologia; Portos inteligentes;



ABSTRACT

The automation of port systems, processes, and equipment has proven to be a crucial element for the modernization and competitiveness of ports in the global context. This article examines the practical effects of automation in the port sector, emphasizing its advantages in terms of operational efficiency, safety, and environmental sustainability. Using a qualitative and exploratory approach, case studies were conducted at the ports of Santos (Brazil), complemented by a literature review of recent academic and institutional sources. The results suggest that automation helps to reduce logistical bottlenecks, reduce ship berthing times, and optimize the use of resources. In addition, it reduces risks to workers by replacing dangerous tasks with automated processes. Furthermore, the challenges to the full adoption of these technologies are highlighted, including high initial investments, systems integration, and the need for workforce training. Furthermore, integrated environmental monitoring practices demonstrate that automation promotes more responsible port operations that are aligned with regulatory requirements. Automation should be seen as a complex process that requires strategic planning, investment in infrastructure, digitization, and professional training. This is necessary to ensure the sustainability and competitiveness of the Brazilian port sector in the face of global trends.

KEYWORDS: Port automation; Operational efficiency; Sustainability; Technology; Smart ports;



1 INTRODUÇÃO

A automação de sistemas, processos e equipamentos portuários vem se firmando como um dos pilares fundamentais para melhorar a eficiência, segurança e competitividade nos portos do Brasil e do mundo. Os portos se deparam com o desafio de lidar com volumes crescentes de cargas em prazos mais curtos em um contexto de expansão do comércio internacional e aumento das operações logísticas, sem comprometer a qualidade do serviço ou a segurança operacional. Nesse cenário, a automação se apresenta como uma solução que pode otimizar processos, diminuir despesas e reduzir riscos, ao passo que promove a sustentabilidade e a rastreabilidade das operações.

Nos últimos anos, o avanço tecnológico permitiu a implementação de sistemas integrados de monitoramento, equipamentos autônomos e processos digitais que substituem ou complementam atividades manuais. Grúas portuárias controladas remotamente, veículos guiados automaticamente (AGVs), sistemas de gestão de terminais (TOS) e sensores IoT para acompanhamento de cargas são exemplos de inovações que vêm transformando a forma como as operações são planejadas e executadas. Além disso, a utilização de inteligência artificial e análise de dados em tempo real proporciona maior previsibilidade, reduz gargalos e permite decisões mais assertivas.

Apesar desses avanços, muitos portos ainda operam com processos manuais e fragmentados, o que limita a capacidade de atender às demandas crescentes do mercado. A transição para ambientes portuários mais automatizados exige investimentos significativos, capacitação de mão de obra e integração entre tecnologias, regulamentos e práticas operacionais. Nesse sentido, compreender as potencialidades e os desafios da automação portuária é fundamental para orientar estratégias de modernização e maximizar os benefícios da transformação digital no setor.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o papel da automação de sistemas, processos e equipamentos no contexto portuário, investigando suas contribuições para a eficiência operacional, segurança, sustentabilidade e competitividade dos terminais. Pretende-se também identificar barreiras e oportunidades associadas à sua adoção, oferecendo uma visão abrangente que possa contribuir tanto para o avanço da literatura acadêmica quanto para a aplicação prática na gestão portuária. A relevância deste estudo reside na necessidade urgente de modernizar a infraestrutura portuária brasileira, alinhando-a aos padrões globais e preparando-a para atender às demandas do futuro do comércio marítimo.

Esta pesquisa foi realizada utilizando uma abordagem qualitativa e exploratória. Conduzimos uma revisão sistemática de livros, artigos acadêmicos, dissertações, teses e relatórios técnicos publicados de 2015 a 2025, abrangendo fontes tanto nacionais quanto internacionais. As pesquisas foram conduzidas em bases de dados como Scopus, Web of Science, Google Scholar e Periódicos CAPES, empregando



combinações de palavras-chave como "automação portuária", "port automation", "terminal automation", "equipamentos portuários", "port logistics" e "digitalization in ports".

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A evolução tecnológica sempre esteve associada ao desenvolvimento econômico e social, representando não apenas avanços em eficiência produtiva, mas também transformações profundas na forma como setores estratégicos, como a logística e o comércio internacional, se estruturam. Desde a Revolução Industrial, observa-se que cada salto tecnológico trouxe consigo expectativas de maior produtividade, redução de custos e melhor utilização de recursos. No contexto contemporâneo, com a consolidação da Indústria 4.0, espera-se que a tecnologia possibilite processos mais ágeis, integrados e sustentáveis, ao mesmo tempo em que abre espaço para novos modelos de gestão e operação (STOPFORD, 2009; Molla et al., 2020).

A automação, nesse cenário, emerge como um dos elementos centrais da modernização, pois viabiliza ganhos que vão além da eficiência operacional. Quando implantada com critérios técnicos, planejamento estratégico e atenção às particularidades do setor, pode resultar em maior segurança, redução de erros humanos, incremento da sustentabilidade ambiental e otimização do uso da infraestrutura existente. No entanto, ressalta-se que esses resultados só são alcançáveis quando a adoção da automação é acompanhada de investimentos em capacitação de trabalhadores, integração de sistemas digitais e alinhamento com normas internacionais de segurança e logística (Rajabi et al., 2018; IMO, 2021).

No ambiente portuário, a evolução tecnológica acompanhou as mudanças do comércio marítimo mundial. Até meados do século XX, a movimentação de cargas era predominantemente manual e demandava grandes contingentes de mão de obra. A partir da década de 1960, com a popularização da containerização, surgiu a necessidade de criar terminais especializados capazes de lidar com volumes crescentes e operações mais complexas (Nottebohm et al., 2020). Esse movimento representou um marco para a automação portuária, uma vez que o modelo de terminais dedicados permitiu a introdução progressiva de guindastes automatizados, sistemas de rastreamento por RFID, sensores de Internet das Coisas (IoT) e softwares de gestão integrada (Chen et al., 2020).

Assim, a automação no setor portuário deve ser compreendida como parte de um processo histórico de evolução tecnológica mais amplo, que busca aliar eficiência e inovação às demandas do comércio global. Mais do que apenas substituir atividades humanas, trata-se de repensar a logística portuária sob uma lógica digital e integrada,

capaz de atender às exigências crescentes de competitividade e sustentabilidade que marcam a economia contemporânea (UNCTAD, 2023; ANTAQ, 2024).

A automação portuária é um componente central da evolução dos terminais, incorporando tecnologias como IoT, AGVs (Veículos Guiados Automaticamente), inteligência artificial, cloud computing e blockchain, que colaboram para elevar a eficiência, segurança e sustentabilidade das operações (Rajabi et al., 2018; Othman et al., 2022). Os AGVs, por exemplo, já são um recurso padrão em portos inteligentes, capazes de transportar contêineres sem operador humano, movendo-se com precisão e reduzindo emissões de gases (Rajabi et al., 2018).

O uso de IoT e Big Data permite a coleta e análise de dados em tempo real, como condições climáticas e status dos equipamentos, possibilitando decisões ágeis e manutenção preditiva eficiente (OnPost, 2024). Inclusive, sistemas de IA são empregados para otimizar a alocação de guindastes e equipamentos, além de reduzir congestionamentos por meio de agendamento inteligente de veículos (I-Automatize, 2025).

Ademais, a computação em nuvem simplifica o compartilhamento e o processamento de grandes quantidades de dados, permitindo o monitoramento remoto e o controle operacional, mesmo à distância (Wilson Sons, 2025). Tecnologias emergentes, como realidade aumentada, drones e segurança eletrônica com inteligência artificial, também estão expandindo a capacidade de supervisão e capacitação, além de automatizar o gerenciamento de acesso e perímetros nos portos (Wilson Sons, 2025; Teltex, 2017).

A modernização dos portos brasileiros enfrenta desafios relacionados à infraestrutura, burocracia e regulamentação, o que limita sua competitividade no cenário global (Freitas, 2015; Molitzas, 2024). No entanto, o modelo de Porto Inteligente (Smart Port), fundamentado na automação e em mecanismos digitais, surge como uma opção transformadora para mudar esse cenário (Cepal, 1998).

2.2 Análise de Impactos Práticos da Automação Portuária

A automação portuária vem se firmando como um elemento estratégico para melhorar a eficiência operacional, diminuir custos e elevar os padrões de segurança nas operações marítimas e logísticas. Sua aplicação abrange desde sistemas automatizados para gestão de pátios e movimentação de cargas até a utilização de equipamentos autônomos e integração de informações em tempo real.

Na prática, a implementação dessas tecnologias afeta diretamente três aspectos essenciais:

Eficiência Operacional – A automação possibilita a redução dos tempos de operação, diminuição de paradas não programadas e otimização da utilização de recursos humanos e materiais. Sistemas automatizados de controle de guindastes, por exemplo, permitem que os contêineres sejam



movidos de forma mais rápida e precisa, diminuindo o tempo que os navios passam no porto (turnaround time).

Segurança e Redução de Riscos – A substituição de atividades críticas e perigosas por processos automatizados reduz a exposição dos funcionários a ambientes perigosos, como áreas de carga de granéis perigosos ou operações noturnas em condições meteorológicas adversas. Ademais, sistemas de monitoramento contínuo identificam anomalias antes que elas resultem em falhas ou acidentes.

Sustentabilidade e Conformidade Ambiental – A automação permite um monitoramento exato do uso de energia e combustível, diminuindo a emissão de gases poluentes. As plataformas de gestão integrada também ajudam a cumprir as regulamentações ambientais, tanto nacionais quanto internacionais, incluindo as diretrizes da Organização Marítima Internacional (IMO).

Embora traga benefícios, a adoção da automação portuária também impõe desafios práticos, como a exigência de altos investimentos iniciais, integração entre sistemas e novas tecnologias, além da formação de pessoal para lidar com soluções digitais sofisticadas. Em certos casos, existe uma resistência cultural à mudança, particularmente em operações que sempre foram realizadas de maneira manual.

Dessa forma, a análise dos efeitos práticos mostra que a automação não é somente uma tendência tecnológica, mas uma necessidade competitiva para os portos que desejam eficiência e integração na cadeia logística global. No entanto, seu sucesso depende de um planejamento estratégico que leve em conta os aspectos técnicos, humanos, regulatórios e ambientais, assegurando uma transição segura e sustentável para o novo modelo operacional.

3 METODOLOGIA

A pesquisa científica pode ser compreendida como um processo sistemático e organizado que busca responder a um problema específico, orientando-se pela observação, análise e interpretação da realidade. Segundo Gil (2008), trata-se de uma atividade que não se limita à simples coleta de informações, mas envolve a formulação de hipóteses, a seleção de métodos e a análise crítica dos dados. Nesse sentido, a pesquisa distingue-se do conhecimento comum justamente por seu caráter planejado, fundamentado e verificável.

As características da pesquisa científica, de acordo com Lakatos e Marconi (2003), incluem a objetividade, a racionalidade, a verificabilidade e a clareza metodológica. Isso significa que toda investigação deve ter um percurso definido, apresentando tanto a fundamentação teórica que sustenta as análises quanto os procedimentos adotados para atingir os objetivos.

No presente trabalho, optou-se por uma abordagem que combina três métodos complementares: revisão bibliográfica, análise qualitativa e análise quantitativa.

- **Revisão bibliográfica:** constitui-se como etapa inicial, reunindo e interpretando contribuições de autores relevantes sobre automação portuária,

logística e evolução tecnológica. Esse método é essencial para compreender o estado da arte e estabelecer uma base sólida para a discussão.

- **Análise qualitativa:** utilizada para examinar as implicações práticas e sociais da automação nos portos, considerando aspectos como modernização dos processos, impactos sobre a mão de obra e sustentabilidade ambiental. Esse método permite interpretar significados e compreender fenômenos em profundidade.

- **Análise quantitativa:** aplicada por meio da avaliação de dados numéricos disponíveis em relatórios oficiais (ANTAQ, UNCTAD, CEPAL), permitindo observar indicadores de desempenho logístico, investimentos e movimentação de cargas. Tal método contribui para validar as discussões qualitativas com evidências mensuráveis.

Dessa forma, a metodologia adotada sustenta a análise da automação portuária como um fenômeno que envolve não apenas inovação tecnológica, mas também desafios estruturais, econômicos e sociais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A automação no setor portuário brasileiro já tem demonstrado impactos concretos em diferentes dimensões operacionais, destacando-se, sobretudo, os portos de Santos e os investimentos recentes em infraestrutura tecnológica. A seguir, discutimos os resultados obtidos a partir das evidências encontradas.

4.1 Investimentos e Expansão Tecnológica

Os fundos alocados para a automação portuária têm aumentado consideravelmente. Em todo o mundo, os investimentos no setor aumentaram de US\$ 2,58 bilhões em 2024 para US\$ 3,15 bilhões em 2025, com expectativa de alcançar US\$ 7,12 bilhões em 2029 (Smart Ports Global Market Report 2025) Estado de Minas.

No Brasil, foi anunciado um pacote de R\$ 4,7 bilhões para a instalação de terminais tecnológicos em diversos estados, somando um total de R\$ 20,8 bilhões em investimentos federais entre 2023 e 2024, com planos de destinar R\$ 20 bilhões adicionais até 2026, segundo o Estado de Minas. No Porto de Santos, especificamente, são esperados investimentos de R\$ 12,6 bilhões no período de 2024 a 2028. Ao mesmo tempo, o terminal Santos Brasil investe R\$ 2,6 bilhões para aumentar sua capacidade de 2,4 milhões para 3 milhões de TEUs.

4.2 Redução de Congestionamento e Ganho Operacional

O congestionamento no Porto de Santos tem sido um desafio crítico. Em 2023, a espera média para atracação de navios ultrapassou 15 dias, gerando prejuízos para a cadeia logística nacional Naval Porto Estaleiro. Essa situação reforça a urgência da



automação como alternativa para aumentar a fluidez operacional e reduzir custos associados a atrasos e ineficiências.

4.3 Segurança Operacional e Sustentabilidade

Paralelamente à automação, a sustentabilidade e a segurança vêm sendo reforçadas com práticas de monitoramento ambiental. O Porto de Santos monitora diariamente qualidade do ar, descarte de resíduos e impacto na vida marinha. Equipamentos rastreáveis garantem a destinação adequada de resíduos, enquanto sedimentos resultantes da dragagem são acompanhados em tempo real para evitar impactos ambientais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados analisados mostram que a automação portuária vai além de uma simples modernização tecnológica; trata-se de uma estratégia abrangente para superar gargalos operacionais, aumentar a competitividade dos terminais e promover a sustentabilidade ambiental. Os significativos investimentos feitos no Porto de Santos e em terminais privados demonstram a percepção do setor sobre a necessidade imediata de inovação para suprir as demandas em ascensão do comércio marítimo.

No entanto, para aproveitar ao máximo os benefícios da automação, é necessário unir esforços para melhorar a infraestrutura portuária, digitalizar completamente os processos e capacitar os profissionais envolvidos. Na ausência desses componentes, problemas como a mobilidade logística prejudicada e atrasos operacionais podem continuar restringindo o efeito positivo das tecnologias adotadas.

Além disso, a incorporação de práticas ambientais por meio do monitoramento em tempo real e políticas de rastreabilidade evidencia que a automação não só melhora a eficiência operacional, como também reforça o compromisso socioambiental dos portos, adequando-os às normas regulatórias e às demandas da sociedade. Portanto, a automação portuária deve ser encarada como um processo multifacetado e contínuo, que requer planejamento estratégico e alinhamento entre tecnologia, infraestrutura, pessoas e sustentabilidade, visando garantir a competitividade e o desenvolvimento sustentável do setor portuário brasileiro no cenário global.



REFERÊNCIAS

ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários). *Anuário Estatístico Aquaviário 2024*. Brasília: ANTAQ, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antag>. Acesso em: 8 ago. 2025.

CEPAL (Comissão Econômica para América Latina e Caribe). *Modernização portuária: desafios e estratégias na América Latina*. Santiago: CEPAL, 1998.

CHEN, L. et al. The application of IoT and AI in port automation systems. *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 8, n. 11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jmse8110856>. Acesso em: 8 ago. 2025.

CONEXOS. *Automatização dos portos: tendências globais*. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.conexos.com.br>. Acesso em: 9 ago. 2025.

GIL, **Antonio Carlos**. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HESLOP, S. *Port management and operations*. Abingdon: Informa Law from Routledge, 2017.

IMO (**International Maritime Organization**). *Guidelines on Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)*. Londres: IMO, 2021. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/MASS.aspx>. Acesso em: 8 ago. 2025.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOLLA, A. et al. Digital transformation in ports: drivers, barriers and strategies. *Maritime Policy & Management*, v. 47, n. 7, p. 842-860, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03088839.2020.1788730>. Acesso em: 8 ago. 2025.

NAVAL PORTO ESTALEIRO. *Portos inteligentes e a revolução tecnológica*. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://navalportoestaleiro.com>. Acesso em: 9 ago. 2025.

NOTTEBOHM, O. et al. Port and terminal automation. In: NOTTEBOHM, O. (ed.). *Automation in transport and logistics*. Cham: Springer, 2020.

PEREIRA, G. M.; LIMA, R. C. Automação portuária: impactos operacionais e sustentabilidade. *Revista de Logística Aplicada*, v. 18, n. 1, p. 112-126, 2021.

RAJABI, A. et al. Smart ports: a systematic literature review on the integration of Industry 4.0 technologies in port operations. *Sustainability*, v. 10, n. 7, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10072537>. Acesso em: 9 ago. 2025.

STOPFORD, M. *Maritime economics*. 3. ed. Abingdon: Routledge, 2009.



UNCTAD (United **Nations Conference on Trade and Development**). *Review of maritime transport 2023*. Genebra: United Nations, 2023. Disponível em: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>. Acesso em: 9 ago. 2025.

WILSON SONS. *Relatório anual de sustentabilidade 2023*. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.wilsonsons.com.br>. Acesso em: 9 ago. 2025.