



CURSO TÉCNICO EM PORTOS

O PROCESSO DE CONECTIVIDADE E AUTOMAÇÃO NO SETOR
PORTUÁRIO E A IMPLEMENTAÇÃO DO GÊMEO DIGITAL NAS OPERAÇÕES

CLEOVÂNIA FERREIRA DA SILVA
DIEGO DE M. NOLASCO TEODORO
FELIPE BISPO DA SILVA
GABRIELLY DA SILVA NUNES

SANTOS/SP

2025

CLEOVÂNIA FERREIRA DA SILVA – Nº 05
DIEGO DE M. NOLASCO TEODORO – Nº 09
FELIPE BISPO DA SILVA – Nº 12
GABRIELLY DA SILVA NUNES – Nº 13

O PROCESSO DE CONECTIVIDADE E AUTOMAÇÃO NO SETOR
PORTUÁRIO E A IMPLEMENTAÇÃO DO GÊMEO DIGITAL NAS OPERAÇÕES

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à instituição Etec “Dona Escolástica Rosa”, do Centro Estadual de Educação Paula Souza, como requisito para a obtenção do diploma de Técnico em Portos, sob a orientação do Professor Marchione dos Reis Ferreira.

SANTOS/SP

2025

RESUMO

A Revolução Industrial promoveu mudanças estruturais nos sistemas de produção e nas relações de trabalho, marcando o início da modernização econômica global. No Brasil, seus efeitos foram sentidos de forma gradual, impactando diretamente setores estratégicos como o portuário. O Porto de Santos, principal da América Latina, acompanhou essa evolução, passando por processos de mecanização, aumento da demanda operacional e necessidade crescente de mão de obra qualificada. Com a criação do OGMO, buscou-se regulamentar e organizar o trabalho portuário, respondendo à complexidade crescente das operações. No entanto, desafios como a precarização e a baixa qualificação da força de trabalho persistem. Diante disso, a qualificação profissional torna-se fundamental para acompanhar as transformações tecnológicas e garantir eficiência e segurança nas operações. Nesse contexto, a Autoridade Portuária de Santos (APS) iniciou a implementação do gêmeo digital, uma tecnologia que replica virtualmente as operações físicas do porto, otimizando processos, reduzindo custos e ampliando o controle operacional. Este trabalho analisa essa evolução histórica e tecnológica, destacando a relação entre inovação, qualificação e modernização do trabalho portuário.

Palavras-chave: Automação portuária; força de trabalho; transformação tecnológica; Porto de Santos; desafios trabalhistas.

ABSTRACT

The Industrial Revolution promoted structural changes in production systems and labor relations, marking the beginning of global economic modernization. In Brazil, its effects were felt gradually, directly impacting strategic sectors such as port. The Port of Santos, the largest port in Latin America, followed this Evolution, undergoing mechanization processes, increased operational demand and a growing need for committed labor. With the creation of the OGMO, the aim was sought to regulate and organize port work, responding to the increasing complexity of operations. However, challenges such as precariousness and the low qualification of the work force persist. In view of this, professional qualification becomes essential to keep up with technological transformations and ensure efficiency and safety in operations. In this context, the Port Authority of Santos (APS) began implementation digital means, a technology that virtually replicates the physical operations of the port, optimizing processes, reducing costs, and expanding operational control. This paper analyzes this historical and technological Evolution, highlighting the relationship between innovation, qualification and modernization of port work.

Keywords: Port automation; workforce; technological transformation; Port of Santos; labor challenges.

INTRODUÇÃO

O artigo aborda sobre a automação no setor portuário e os possíveis impactos na força de trabalho, um tema de crescente relevância em um contexto de modernização dos portos e avanços tecnológicos que transformam significativamente o cenário da mão de obra portuária. O interesse por esta pesquisa se justifica pela necessidade de analisar como essas mudanças impactam não apenas a competitividade das operações portuárias, mas também a empregabilidade dos profissionais que atuam nesse setor. A introdução de tecnologias avançadas, como equipamentos de manuseio inteligente, está reformulando as funções tradicionais dos trabalhadores portuários, demandando um nível de qualificação e a adaptação sem precedentes. A problemática central que este estudo aborda é como a força de trabalho habitual será impactada pela automação e quais serão os desafios enfrentados pelas empresas para se adaptar a essa nova realidade. O objetivo geral deste estudo é analisar as transformações provocadas pela automação e informatização no setor portuário apresentando os impactos dessas inovações na força de trabalho. A metodologia da pesquisa está baseada em artigos e bibliografias históricas do setor portuário que apresentam um método qualiquantitativo na elaboração desse estudo.

1. O cenário da automação portuária e os impactos na força de trabalho

A automação é definida como o uso de tecnologias para controlar e operar processos com mínima interferência humana. No setor portuário, isso inclui a utilização de guindastes automatizados, veículos autônomos, sistemas de gerenciamento e sensores inteligentes, que aumentam a eficiência operacional (Notteboom; Rodrigue, 2021). Essa modernização impacta diretamente o mercado de trabalho, pois altera o perfil das atividades e demanda novas habilidades (ILO, 2020).

Historicamente, a mecanização portuária teve início com a Revolução Industrial, sendo intensificada a partir da década de 1980 com a digitalização dos processos (Mokyr, 1990). Com o avanço da Indústria 4.0, a automação foi amplificada por meio de tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA). Portos como o de Rotterdam destacam-se por implementações completas, com sistemas integrados e operações quase totalmente autônomas (Notteboom; Rodrigue, 2021).

A teoria da substituição prevê a eliminação de empregos por máquinas, enquanto a teoria da transformação defende a criação de novas funções a partir da tecnologia (Brynjolfsson; McAfee, 2014). Ambas são observáveis no setor portuário, que substitui funções manuais e, simultaneamente, cria demanda por operadores técnicos, analistas de dados e engenheiros (ILO, 2020).

No Brasil, o Porto de Santos, maior complexo portuário do país, avança em automação com adoção de sensores, guindastes semiautônomos e sistemas logísticos inteligentes. A requalificação dos trabalhadores tornou-se essencial, e o OGMO tem papel estratégico nesse processo (OGMO, 2024).

Os impactos positivos incluem a redução de acidentes, aumento da precisão nas operações e ganhos de produtividade. Entre os desafios estão a resistência sindical, o desemprego estrutural e a necessidade de políticas públicas para inclusão e qualificação.

Figura 1 – Mão de obra tradicional



Fonte: <https://aprovatotal.com.br/revolucao-industrial/>

Figura 2 - Vagões graneleiros no Porto de Santos, 1967



Fonte: <https://www.tribuna.com.br/noticias/portomar/confira-a-galeria-de-fotos-antigas-do-porto-de-santos-1.43735>

2. Impactos econômicos da automação nos portos

A automação portuária tem fortalecido a competitividade internacional por meio da eficiência logística. Notteboom e Rodrigue (2021) destacam que portos automatizados respondem melhor às demandas globais. No caso de Rotterdam, houve significativamente redução no tempo de operação. O Porto de Santos também registra avanços, ainda que gradualmente. (ANTAQ, 2023)

Silva et al. (2022) apontam aumento médio de 12% na produtividade do Porto de Santos entre 2018 e 2022. A ANTAQ (2021) estima redução de até 20% nos custos operacionais com a digitalização dos processos. Ainda assim, os investimentos iniciais são altos e requerem planejamento. (Telles, 2020)

Automação também impulsiona a infraestrutura regional, promovendo desenvolvimento econômico (Barros; Carvalho, 2019). Em Santos, a modernização ampliou a demanda por serviços logísticos e o transporte, com reflexos positivos na economia local. (Silva et al., 2022)

Experiências em portos, como Singapura e Hamburgo mostram que a automação exige estratégias de capacitação, sob pena de ampliar desigualdades. (ILO, 2020)

Impactos sociais e a requalificação da força de trabalho portuária

A transformação portuária impulsionada pela automação tem gerado impactos significativos na força de trabalho. Além das mudanças econômicas, a substituição de funções manuais por sistemas automatizados desafia o modelo tradicional de emprego portuário. Nesse cenário, políticas de requalificação são fundamentais.

O OGMO, desde sua criação com a Lei de Portos (nº 8.630/1993), atua na gestão da mão de obra portuária avulsa e desempenha papel essencial na formação e realocação de trabalhadores diante das novas exigências tecnológicas. (OGMO, 2024)

A resistência de sindicatos diante da automação é explicada pela ameaça à estabilidade do emprego. Entretanto, iniciativas bem-sucedidas de qualificação, como as observadas em portos como o de Singapura, mostram que é possível garantir empregabilidade mesmo em ambientes altamente automatizados. (ILO, 2020)

A inclusão de tecnologias emergentes, como gêmeos digitais, também desponta. Essa ferramenta permite a simulação virtual de operações físicas e pode ser aplicada no Porto de Santos para prever cenários, otimizar recursos e treinar trabalhadores. Isso favorece não apenas a eficiência, mas também a inclusão social ao proporcionar acesso a essas novas competências.

Órgão Gestor de Mão de Obra (OGMO)

O Órgão Gestor de Mão de Obra (OGMO) é uma instituição fundamental no contexto portuário brasileiro, especialmente no Porto de Santos, o maior da América Latina. Criado a partir da Lei nº 8.630, de 25 de fevereiro de 2013, posteriormente substituída pela Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, o OGMO surgiu com o objetivo de modernizar e organizar a gestão da mão de obra portuária, promovendo maior eficiência e transparência nas operações dos portos organizados.

O OGMO é responsável pelo cadastro, registro, controle, formação, qualificação, treinamento e fornecimento da mão de obra avulsa para a execução das atividades portuárias. Atua como intermediador entre os trabalhadores e operadores portuários, garantindo que as escalas de trabalho sejam realizadas de forma equitativa, conforme os critérios estabelecidos pela legislação vigente. Essa função é essencial para assegurar a disponibilidade de profissionais qualificados e em número suficiente para atender à demanda operacional do porto, evitando paralisações, gargalos logísticos e prejuízos operacionais. (SANTOS, 2021, p. 24)

No caso do Porto de Santos, o OGMO desempenha um papel estratégico para o funcionamento eficiente do complexo portuário. O Porto de Santos movimenta cerca de um terço da balança comercial brasileira, sendo vital para o escoamento da produção nacional. Nesse cenário, a atuação do OGMO garante que os trabalhadores estejam devidamente qualificados para operar equipamentos modernos e seguir com os protocolos de segurança exigidos nas operações portuárias. Além disso, o OGMO-Santos promove cursos de capacitação e programas de atualização profissional, alinhados com as novas demandas do setor. (SILVA, 2022, p. 62)

A importância do OGMO também se reflete na mediação de conflitos trabalhistas, contribuindo para a estabilidade nas relações de trabalho no setor portuário. Ao assegurar direitos trabalhistas e promover o diálogo entre as partes envolvidas, o órgão contribui para a construção de um ambiente laboral mais justo e produtivo. Essa função de articulação fortalece o tecido institucional do porto e reduz o risco de greves e interrupções nas operações. (FERREIRA, 2020, p. 80)

Entretanto, o OGMO enfrenta diversos desafios na atualidade. A crescente automação e digitalização das atividades portuárias exigem uma reestruturação contínua dos programas de qualificação profissional. A introdução de tecnologias como sistemas automatizados de carregamento e descarregamento, sensores

inteligentes e softwares de gestão logística requer novos treinamentos e qualificações constantes dos trabalhos portuários. Nesse contexto, o OGMO precisa atuar de forma proativa, antecipado as transformações tecnológicas e adaptando sua oferta de cursos e capacitações. (MARTINS, 2023, p. 35)

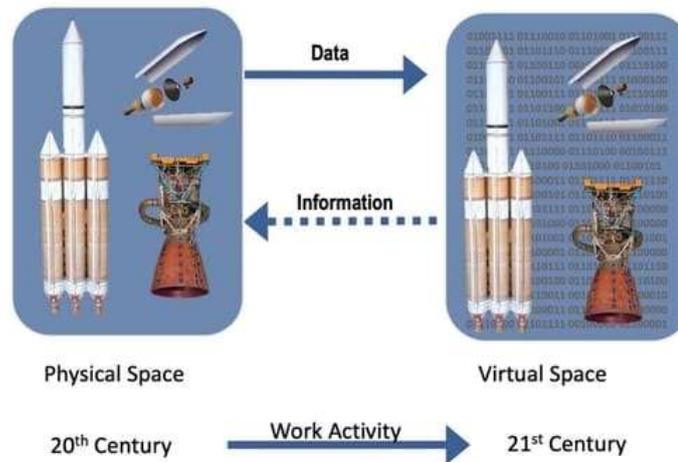
Além disso, há desafios relacionados à governança e à transparência na gestão dos recursos do OGMO, que devem ser enfrentados com a implementação de boas práticas administrativas e maior fiscalização por parte dos órgãos competentes. A sustentabilidade financeira do órgão também depende da eficiência na gestão e da colaboração contínua com os operadores portuários e sindicatos. (GOMES, 2021, p. 117)

A perspectiva futura para o OGMO no Porto de Santos é de fortalecimento institucional, com ênfase na inovação e na valorização do capital humano. A automação não elimina a necessidade de mão de obra humana, mas transforma as habilidades exigidas. Nesse contexto, o OGMO será fundamental para capacitar os trabalhadores a operarem e manterem as novas tecnologias, além de gerenciar sistemas mais complexos. O órgão pode se tornar um centro de excelência em formação profissional portuária, contribuindo para a competitividade do Porto de Santos e para o desenvolvimento econômico regional. (ALMEIDA, 2023, p. 51)

3. Otimização Gêmeo Digital

O conceito de gêmeo digital é entendido como uma máquina física ou virtual que espelha uma entidade física, um protótipo vivo, inteligente e progressivo. Pode ser aplicado de diferentes formas e ciclos de vida, é capaz de otimizar, monitorar e controlar os processos, investigar novas regras, obter diferentes simulações e testagens, prever acontecimentos, falhas e defeitos futuros antes deles ocorrerem e ter melhor controle para operação e manutenção. (Barricelli et al. apud Aplicação de gêmeos digitais na indústria da construção, 2021).

Figura 3 - Conceito original de gêmeo digital



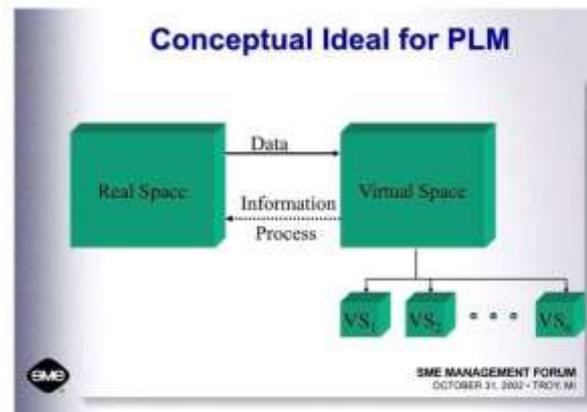
Fonte: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.12688/digitaltwin.17574.1#>

O gêmeo digital foca na interação contínua de dados entre a entidade física e a virtual, permitindo prever e controlar o comportamento real do objeto construído. Essa representação digital, baseada na modelagem do objeto, pode ser aplicada em diferentes áreas, como rastreamento e controle, gestão de instalações, prevenção e manutenção, e avaliação do desempenho da construção. Essa definição destaca-se como importante para compreender as possibilidades e aplicações do gêmeo digital. (Akanmu et. Al. apud Aplicação de gêmeos digitais na indústria da construção, 2021)

A estrutura do gêmeo digital resulta da aplicação de 5 dimensões: a parte visual, a parte física, a conexão entre elas, os dados e os serviços. Essas dimensões possibilitam a integração dos dados físicos com os virtuais, resultando em informações de dados que possibilitam análises inteligentes e avançadas que contribuem com a qualidade do produto durante todo seu ciclo de vida. (Tao et al. apud Aplicação de gêmeos digitais na indústria da construção, 2021)

Em outro exemplo, apresentado na figura abaixo, o gêmeo digital integra um elemento físico real ou projetado que existe atualmente ou existirá no mundo físico (o “Gêmeo Físico”), a contraparte virtual ou digital no lado direito que existe no mundo virtual ou digital (o “Gêmeo Digital”) e o canal de comunicação de dados e informações entre os dois elementos (o “Fio Digital”). (Gêmeos digitais inteligentes e o desenvolvimento e gestão de sistemas complexos, 2022).

Figura 4 - Modelo de Gêmeo Digital



Fonte: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.12688/digitaltwin.17574.1#d1e137>

A Autoridade Portuária de Santos (APS) está desenvolvendo um projeto pioneiro de gêmeo digital com o objetivo de transformar o Porto de Santos no mais moderno da América Latina, incorporando inteligência artificial, análise preditiva e conectividade total das operações. De acordo com a APS (2024), essa iniciativa faz parte do plano estratégico de inovação da empresa e representa um marco na transformação digital do setor portuário nacional, promovendo mais eficiência, sustentabilidade e competitividade.

No contexto portuário, essa tecnologia possibilita a criação de uma réplica digital do canal de navegação e da infraestrutura do porto, além do monitoramento em tempo real do tráfego de embarcações, do movimento de cargas e do uso dos berços de atracação. Ela permite a simulação de cenários diversos, como a introdução de novas rotas ou mudanças operacionais, antecipação de problemas e uma resposta mais ágil. (A TRIBUNA, 2025)

O principal objetivo é alcançar um novo patamar de eficiência operacional, sustentabilidade e previsibilidade, tornando o Porto de Santos referência em inovação na América Latina. (APS, 2024)

Essa transformação tecnológica traz também impactos significativos na gestão portuária e na força de trabalho, exigindo novos perfis profissionais, maior qualificação técnica e capacitação digital. A partir do marco da Lei de Portos de 1993, a forma convencional desse processo de trabalho começou a se transformar, impulsionada pela introdução de novos métodos de manuseio e acondicionamento de cargas, além de tecnologias logísticas nas operações portuárias dos portos brasileiros. Essas mudanças implicaram em novos processos no interior da organização do trabalho

portuário, envolvendo não apenas alterações técnicas nas operações, mas sobretudo novos conteúdos no trabalho e modificações no saber-fazer do trabalho avulso. (Silva, 2019).

Segundo o site da Allink Neutral Provider (2025), “tecnologias moldam perfil profissional e mercado de trabalho no Porto de Santos”. No cais santista, impulsiona-se a busca por profissionais com mais conhecimento tecnológico. “Aquilo que era feito através de papel está sendo feito totalmente digital. Os profissionais precisam estar preparados para trabalhar com sistema de automação. Nos últimos anos, começou a substituição dos profissionais que tinham 20 anos de empresa por profissionais mais jovens que têm experiência na área de logística e muito conhecimento em tecnologia”.

Segundo o artigo, “O futuro da Mão de Obra Portuária (2022)”, “Para sobreviver em um futuro de máquinas cada vez mais inteligentes, os trabalhadores terão que considerar a transformação digital e toda adequação cultural que ela carrega. A mudança não é mais uma opção, é obrigação. Os comportamentos do passado não levaram os trabalhadores portuários para o futuro”.

RESULTADOS OBTIDOS

O Porto de Santos é um dos maiores e mais movimentados da América Latina, fundamental para a economia brasileira. Diante da crescente demanda por eficiência operacional e sustentabilidade, o uso de tecnologias avançadas, como o gêmeo digital, se torna essencial. Essa tecnologia oferece uma representação virtual das operações portuárias, permitindo otimizar processos e melhorar a tomada de decisões. Contudo, a implementação bem-sucedida do gêmeo digital requer a capacitação da mão de obra, que precisa se adaptar a novas ferramentas e tecnologias.

Para o Porto de Santos, o gêmeo digital facilita a identificação de gargalos logísticos, otimiza a alocação de recursos como guindastes e armazéns, além de permitir a simulação de cenários para planejamento estratégico. Isso resulta em operações mais ágeis, eficientes e sustentáveis, além de contribuir para a segurança e redução de custos.

A implementação do gêmeo digital no Porto de Santos necessita de profissionais com habilidades técnicas específicas, como o manejo de sistemas de Internet das Coisas (IoT), análise de grandes volumes de dados e modelagem 3D. A capacitação da mão de obra é fundamental para garantir que os colaboradores compreendam e utilizem essas novas tecnologias de maneira eficaz. Além disso, é essencial promover uma mudança cultural no ambiente portuário, para que a inovação seja aceita de forma plena e a equipe se adapte às exigências das indústrias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das transformações tecnológicas e da crescente automação no setor portuário, com ênfase no Porto de Santos, releva um cenário de profundas mudanças no perfil da força de trabalho. A pesquisa demonstrou que a modernização dos processos operacionais e a adoção de novas tecnologias demandam uma requalificação significativa dos trabalhadores, que historicamente, ocuparam funções manuais e operacionais. A implementação da automação representa, por um lado, um avanço na eficiência e produtividade, mas, por outro, gera desafios tanto para os trabalhadores quanto para as empresas. A adaptação a esse novo cenário gera um esforço conjunto, que incluem treinamentos adequados, reestruturação das funções e um planejamento estratégico para minimizar os impactos sociais e econômicos da substituição de mão de obra tradicional.

REFERÊNCIAS

A TRIBUNA. Porto terá laboratório virtual para operações. A Tribuna, Santos-SP, nº 45.633, p. 12, 23 fev. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. Relatório Anual de Desempenho dos Portos Brasileiros. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br>.

BARROS, R. S.; CARVALHO, L. R. Impactos da automação portuária na logística e economia regional. Revista Brasileira de Logística, São Paulo, v. 17, nº 1, p. 62-70, 2019.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant Technologies. New York: W. W. Norton & Company, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estatísticas do Cadastro Central de Empresas (CEMPRE). Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>.

ILO – INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Automation digitalisation and decent work: trends and challenges in the port sector. Geneva: International Transport Workers' Federation (ITF), 2020. Disponível em: <https://www.ilo.org>.

NOTTEBOOM, T.; RODRIGUE, J. -P. Port economics, management and policy. 3. ed. London: Routledge, 2021.

OGMO – ÓRGÃO GESTOR DE MÃO DE OBRA DO TRABALHO PORTUÁRIO AVULSO DO PORTO ORGANIZADO DE SANTOS. Relatório Institucional e de Resultados 2024. Santos, 2024. Disponível em: <https://www.ogmo.com.br>.

SILVA, M. A.; SOUZA, F. R.; OLIVEIRA, T. C. Automação e seus impactos econômicos no Porto de Santos. Revista de Logística Aplicada, Campinas, v. 9, nº 2, p. 43-52, 2022.

TELLES, V. L. Investimentos e sustentabilidade na modernização portuária. São Paulo: Atlas, 2020.

ALLINK NEUTRAL PROVIDER. Tecnologias moldam perfil profissional e mercado de trabalho no Porto de Santos. Disponível em: <https://allink.com.br/tecnologias-moldam-perfil-profissional-e-mercado-de-trabalho-no-porto-de-santos/>

ALMEIDA, Bruno. O futuro da formação portuária: desafios e oportunidades. Revista de Logística e Infraestrutura, v. 10, nº 2, p. 44-58, 2023.

APS – Autoridade Portuária de Santos. (2024). Plano Estratégico de Inovação e Transformação Digital do Porto de Santos. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br>.

BERTOL, Shana Carolina. O futuro da mão de obra portuária. (2022). Disponível em: <https://portosenavios.com.br/artigos/artigos-de-opinioao/artigo-o-futuro-da-mao-de-obra-portuaria>.

FERREIRA, Paula. Relações trabalhistas nos portos brasileiros: o papel do OGMO. Cadernos de Direito do Trabalho, v. 18, nº 1, p. 77-91, 2020.

GOMES, Larissa. Gestão e transparência nos órgãos gestores de mão de obra. Revista Brasileira de Administração Pública, v. 55, nº 3, p. 112-126, 2021.

MARTINS, Rodrigo. Automação e qualificação profissional nos portos. Revista Portuária, v. 8, nº 4, p. 33-45, 2023.

RIBEIRO, Telmo; SANTOS, Sandra. Aplicação de gêmeos digitais na indústria da construção – Estado da arte. In: OLIVEIRA, Pedro (org). Gêmeos digitais: conceitos, tecnologias e aplicações. Braga: Universidade do Minho, 2022, p. 99-116. Disponível em: <https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.44>.

SANTOS, Lucas. OGMO e a modernização dos portos. Revista de Transporte e Logística, v. 6, nº 1, p. 22-35, 2021.

SILVA, Luceli Gomes. A qualificação profissional na regulação da gestão da força de trabalho dos trabalhadores portuários avulsos (TPAs) do Porto de Paranaguá-PR. (2019). Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

SILVA, Mariana. Capacitação profissional no Porto de Santos: um estudo de caso do OGMO. Revista de Gestão Portuária, v. 9, nº 3, p. 61-74, 2022.