

Logística 4.0 e Complexidade Econômica: analisando os drivers e desafios para o Brasil

NAYRA VASIULIS FERREIRA RODRIGUES

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

PAULA DE CAMARGO FIORINI

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (UNESP)

Agradecimento à orgão de fomento:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Logística 4.0 e Complexidade Econômica: analisando os *drivers* e desafios para o Brasil

RESUMO

Este artigo tem por objetivo investigar os *drivers*, motivadores, barreiras e desafios para a adoção da Logística 4.0 pelos Prestadores de Serviços Logísticos (PSLs) a partir da teoria da complexidade econômica. Para isso, entrevistas semiestruturadas com dezesseis especialistas em logística foram analisadas utilizando a técnica de análise de conteúdo no software NVivo. Os resultados demonstraram que a adoção da Logística 4.0 é impulsionada por fatores internos e externos, como a necessidade de redução de custos, melhoria da produtividade e qualidade. No entanto, enfrenta desafios e barreiras, como a resistência à mudança, a falta de habilidades técnicas, o alto custo das tecnologias e a falta de infraestrutura adequada. A transição tecnológica e a complexidade econômica são interdependentes, com implicações diretas e indiretas uma na outra. As mudanças econômicas moldam as estratégias logísticas, que, por sua vez, contribuem para a configuração do cenário econômico. O estudo contribui para a teoria e para prática ao investigar como fatores econômicos, culturais, humanos e tecnológicos interferem na modernização e transformação da logística do Brasil, oferecendo dados para os gestores e governos sobre como aproveitar os benefícios decorrentes da adoção da Logística 4.0, bem como formas de superar os desafios inerentes a esse processo. Além disso, os resultados do estudo sugerem que os formuladores de políticas públicas devem apoiar a adoção dessas tecnologias, oferecendo incentivos fiscais ou financeiros para as empresas, investindo em infraestrutura logística e em programas de qualificação profissional.

Palavras-chave: Logística inteligente; Inovação tecnológica; Indústria 4.0; Desenvolvimento Econômico.

INTRODUÇÃO

A logística é um setor estratégico para o desenvolvimento econômico, pois conecta negócios e indústrias, cria empregos e renda, e atrai investimento estrangeiro (Tang; Abosedra, 2019). Em 2022, esse setor gerou 4,8 milhões de empregos, sendo 3,4 milhões diretos e 1,4 milhão indiretos, e R\$ 85 bilhões em renda para o Brasil (ABOL, 2022). Entretanto, os custos logísticos que incluem gastos com transporte, estoque, armazenagem e serviços administrativos, representam 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (ABOL, 2022). Por isso, as empresas estão buscando ferramentas para reduzir esses custos, alavancar a produtividade e melhorar a qualidade das atividades logísticas (Hrouga; Sbihi, 2023; Winkelhaus; Grosse, 2020).

Neste contexto, a Quarta Revolução Industrial, também chamada de Indústria 4.0, está mudando a forma como as indústrias e cadeias de suprimentos operam em todo o mundo (Ha, 2023). A Logística 4.0, decorrente da Indústria 4.0, é a combinação de tecnologias disruptivas aplicada nos processos e atividades logísticas (Barreto; Amaral; Pereira, 2017). A adoção da Logística 4.0, impulsionada pela automação, digitalização e conectividade, tem o potencial de aprimorar a eficiência e agilidade das operações logísticas (Jagtap *et al.*, 2021; Winkelhaus; Grosse, 2020), impactando diretamente o cenário logístico brasileiro. Entretanto, esse processo de adoção não é simples e envolve mudanças na estratégia, processos e infraestrutura das empresas (Gąsiorek, 2022; Gupta; Singh, 2021). Barreiras, sejam de natureza tecnológica, econômica, organizacional, regulatória, institucional ou cultural, representam desafios para uma implementação bem-sucedida dessas tecnologias (Gupta; Singh; Mangla, 2022).

O conceito, aplicações, benefícios e desafios da Logística 4.0 vem sendo explorado por vários estudos. Por exemplo, os debates que emergem dos trabalhos de Ghobakhloo *et al.*,

(2021), Kucukaltan *et al.*, (2020) e Strandhagen *et al.* (2017) destacam que a Logística 4.0 provocou mudanças sociais, econômicas e políticas expressivas, modificando processos, modelos de negócios e capital intelectual do setor. Porém, há uma carência significativa de estudos que abordem a interseção dessa revolução logística com a complexidade econômica do Brasil, visto que a maioria dos estudos existentes tem uma abordagem generalizada, muitas vezes derivada de contextos econômicos mais estáveis e estruturados (Silva; Frederico; Garza-Reyes, 2023; Sun *et al.*, 2022).

A complexidade econômica refere-se à diversificação e sofisticação dos setores produtivos de um país, sendo um fator determinante para o crescimento econômico sustentável (Ha, 2023; Hidalgo; Hausmann, 2009). Ela desempenha um papel crucial no cenário industrial, uma vez que influencia a demanda por serviços avançados (Richard, 2020). Simultaneamente, a Logística 4.0 tem a capacidade de impactar a complexidade econômica de um país, ao possibilitar a eficiência e diversificação na produção, armazenamento e transporte de bens e serviços (Gąsiorek, 2022; Jagtap *et al.*, 2021). Assim, a interligação destes temas oferece uma nova perspectiva para a compreensão da evolução da logística em resposta aos avanços tecnológicos e à complexidade econômica do Brasil. Frente ao exposto, o problema desta pesquisa é: *“Como a complexidade econômica do Brasil influencia os fatores impulsionadores e obstáculos para a implementação da Logística 4.0 nos Prestadores de Serviços Logísticos (PSLs), e de que forma essas dinâmicas impactam o cenário logístico nacional?”* Este artigo tem por objetivo investigar os *drivers*, motivadores, barreiras e desafios para a adoção da Logística 4.0 pelos PSLs a partir da teoria da complexidade econômica.

Desta forma, este artigo contribui para a literatura ao considerar como fatores econômicos e tecnológicos interferem na modernização e transformação da infraestrutura logística do Brasil, particularmente em um contexto de complexidade econômica crescente. Do ponto de vista teórico, fornece informações para os gestores sobre como aproveitar as oportunidades e superar os desafios da Logística 4.0. Por fim, essa análise visa apoiar o fomento de políticas públicas e estratégias empresariais, fornecendo evidências para a formulação de políticas públicas que promovam o desenvolvimento da logística no Brasil.

Além desta introdução, este artigo está dividido da seguinte forma: a segunda seção aborda o arcabouço teórico; a terceira, a metodologia utilizada; a quarta apresenta os resultados das entrevistas com especialistas; a quinta discute como a teoria da complexidade econômica apoia a análise dos drivers e barreiras para a adoção da Logística 4.0; e a última seção oferece a conclusão da pesquisa.

REVISÃO TEÓRICA

Logística 4.0

A Logística 4.0 é uma nova abordagem que utiliza tecnologias avançadas para tornar os processos logísticos mais eficientes e flexíveis. Essa abordagem é resultado dos avanços recentes na tecnologia da informação e das comunicações, que transformaram a manufatura e as cadeias de suprimentos (Strandhagen *et al.*, 2017). Ela consiste na integração da logística com tecnologias inteligentes para atender à demanda por produtos e serviços altamente personalizados, combinando aspectos processuais e técnicos (Szymańska, 2017; Winkelhaus; Grosse, 2020). A Logística 4.0 é um conceito guarda-chuva que engloba e integra um conjunto de tecnologias como a internet das coisas, computação em nuvem, *big data analytics*, dispositivos móveis, sistemas de radiofrequência (RFID) e sensores, inteligência artificial, drones, inteligência de negócios e *blockchain*, associados a sistemas logísticos, como o sistema de gestão de armazém (WMS) e de transporte (TMS) (Hrouga; Sbihi, 2023; Strandhagen *et al.*, 2017; Winkelhaus; Grosse, 2020). Essa integração afeta todas as atividades logísticas, incluindo transporte, gestão de estoques e armazém, manuseio de materiais, processamento de

pedidos, estrutura da cadeia de suprimentos e gestão do fluxo de informações (Albrecht *et al.*, 2023).

Na logística interna (intra-logística), as tecnologias da Logística 4.0 automatizam as atividades de movimentação de materiais e armazenamento (Jagtap *et al.*, 2021), geram informações em tempo real sobre o estoque e a localização dos produtos (Buntak; Kovačić; Mutavdžija, 2019), melhoram a eficiência do processo de separação e minimizam o desperdício de materiais (Winkelhaus; Grosse, 2020). No transporte e distribuição, as tecnologias otimizam as rotas de entrega (Gąsiorek, 2022), monitoram a frota em tempo real, reduzem o consumo de combustível e melhoram a segurança das entregas (Heinbach; Kammler; Thomas, 2022). Isso permite a descentralização do sistema logístico tornando-o mais assertivo, ágil, flexível e eficiente (Hrouga; Sbihi, 2023).

A adoção dessas tecnologias torna os PSLs mais competitivos, tanto no Brasil quanto no mundo. Essa vantagem competitiva decorre da capacidade dos PSLs de atender às demandas do mercado de forma mais rápida e eficiente, reduzindo custos e desperdícios, e melhorando a qualidade e nível de serviço (Jagtap *et al.*, 2021). Entretanto, apesar dos benefícios promissores, a adoção dessas tecnologias é um processo complexo e desafiador, pois representa uma mudança de paradigma na maneira como a logística é realizada (Gąsiorek, 2022; Gupta; Singh, 2021). Essa complexidade tem implicações e conexões diretas com a complexidade econômica do país e região em que as tecnologias são empregadas. Isso porque a teoria de complexidade econômica sugere que a diversificação e a sofisticação da produção estão relacionadas com a sua capacidade de acumular conhecimento produtivo, inovar e adotar novas tecnologias (Hidalgo; Hausmann, 2009; Rivera *et al.*, 2023). Portanto, entender os *drivers* e barreiras que os PSLs enfrentam para adotarem com sucesso as tecnologias da Logística 4.0 é essencial para compreender como o Brasil e outros países podem aumentar sua complexidade econômica por meio da inovação tecnológica no setor logístico.

Desenvolvimento econômico e complexidade econômica

As pesquisas desenvolvidas por Hidalgo *et al.* (2007) e Hidalgo e Hausmann (2009) lançaram luz a uma nova teoria que considera que a complexidade econômica de um país é um reflexo de sua capacidade de produzir uma variedade de bens e serviços. Segundo essa teoria, países que produzem e comercializam produtos complexos são mais resilientes a choques externos, oferecem mais oportunidades econômicas e inovam com mais eficácia, como é o caso dos Estados Unidos, Coreia do Sul e Alemanha (Hidalgo *et al.*, 2007; Hidalgo, 2021; Hidalgo; Hausmann, 2009). A produção de produtos tecnologicamente avançados requer diversas capacidades, como trabalhadores qualificados, bons sistemas de transporte e comunicação e sistemas jurídicos sólidos (Vu, 2020).

Entretanto, países que se restringem a produzir e vender itens simples e básicos frequentemente enfrentam desafios econômicos mais significativos, evidenciando que o progresso econômico está intrinsecamente relacionado à capacidade de uma sociedade em aprender e aprimorar técnicas produtivas (Chang; Andreoni, 2020; Gala; Camargo; Freitas, 2018). Na América do Sul, países como o Brasil, Chile e México ainda estão, em grande parte, focados na exportação de produtos agrícolas e têm uma presença limitada nas indústrias de média e alta tecnologia com valor agregado (Alencar *et al.*, 2018).

O Índice de Complexidade Econômica (ICE) mede e compara o nível de sofisticação produtiva dos países, calculando à ubiquidade e a diversidade dos produtos exportados (Gala; Camargo; Freitas, 2018; Hidalgo, 2021). A ubiquidade mede o quão comum um produto é exportado por todos os países, enquanto a diversidade mede o quão variados são os produtos exportados por um país (Hidalgo, 2021). Essa abordagem revela a estrutura produtiva de um país, pois a composição das exportações reflete o grau de complexidade econômica (Gala; Camargo; Freitas, 2018). Produtos de maior complexidade geralmente se originam na indústria

e estão conectados a uma rede de outros bens, enquanto produtos menos complexos, como minerais e frutas, frequentemente se assemelham a *commodities* (Gala; Camargo; Freitas, 2018). A análise da estrutura produtiva e diversificação econômica de várias nações emprega esse método (Balland *et al.*, 2022; Gala; Camargo; Freitas, 2018; Hidalgo, 2023; Vu, 2020).

Diversos fatores influenciam a complexidade econômica de um país. Esses fatores incluem a qualidade do capital humano, investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), infraestrutura, tamanho do mercado interno, acesso a recursos naturais, integração nas cadeias globais de valor, ambiente de negócios e regulatório, abertura ao comércio internacional, solidez das instituições políticas e econômicas, ambiente propício à inovação e colaboração, e a educação na formação de capital humano (Mao; An, 2021).

A complexidade econômica também reflete as capacidades produtivas nacionais, afetadas por inovação, tecnologia, capital humano, infraestrutura e políticas governamentais (Poffo; Hartmann; Marin, 2023). A complexidade produtiva atual influencia a capacidade de produzir bens no futuro, pois as capacidades futuras dependem das atuais (Balland *et al.*, 2022; Hidalgo *et al.*, 2007). A análise das interações entre complexidade econômica e tecnologia é, portanto, um desdobramento lógico na investigação dos pilares do desenvolvimento econômico (Chang; Andreoni, 2020; Ha, 2023).

Relação entre complexidade econômica e desenvolvimento tecnológico

O desenvolvimento tecnológico permite que as empresas produzam novos produtos e serviços, aumentem a produtividade e reduzam seus custos de produção (Jurgelevičius; Tvaronavičienė, 2021; Winkelhaus; Grosse, 2020). Tecnologias da Indústria 4.0, como robótica, inteligência artificial e internet das coisas, impulsionam a inovação, melhoram a qualidade dos serviços e criam valor para atividades produtivas e logísticas, aprimorando a acumulação de conhecimento produtivo (Ha, 2023). A partir disso, as empresas conseguem gerar produtos e serviços sofisticados (Albrecht *et al.*, 2023), de alto valor agregado, contribuindo para o incremento da complexidade econômica dos países (Jurgelevičius; Tvaronavičienė, 2021).

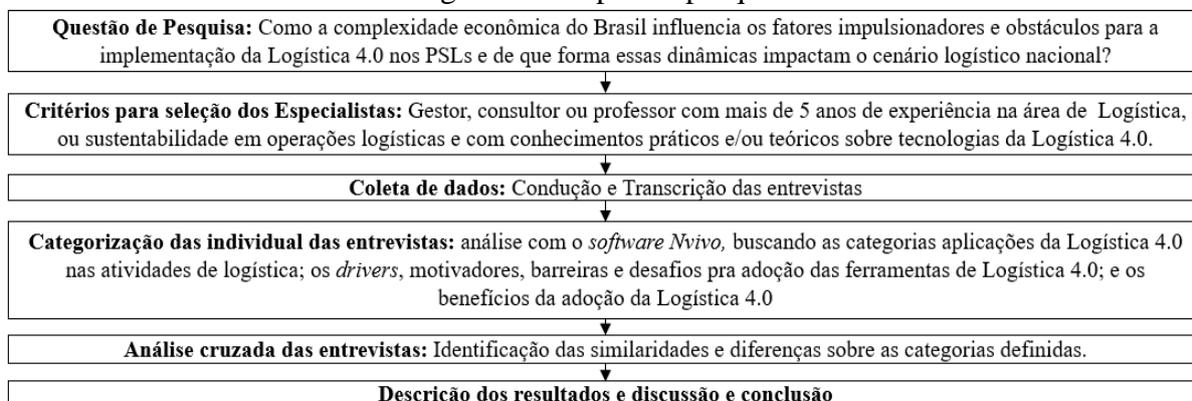
No entanto, esses efeitos positivos estão diretamente relacionados à estrutura tecnológica e de capital humano de um país (Cimini *et al.*, 2022). A capacidade tecnológica refere-se à capacidade de um país de desenvolver e utilizar tecnologias (Vargas-Canales, 2023). O capital humano refere-se ao conhecimento e habilidades das pessoas que trabalham em um país (Zhu; Li, 2017). Esses fatores influenciam na capacidade dos países de absorver e aplicar essas tecnologias. Isso ocorre porque as empresas e os trabalhadores desse país terão as habilidades e o conhecimento necessários para usar essas tecnologias de forma eficaz (Cimini *et al.*, 2022; Simachev; Fedyunina; Kuzyk, 2020). Educação, formação de mão de obra e P&D são essenciais para construir capacidade tecnológica e capital humano (Cimini *et al.*, 2022; Simachev; Fedyunina; Kuzyk, 2020). No entanto, países como o Brasil enfrentam desafios na composição de seu capital humano, como formação profissional insuficiente, baixa prevalência de habilidades digitais, qualidade inadequada da educação profissional e inflexibilidade do mercado de trabalho (Simachev; Fedyunina; Kuzyk, 2020).

MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia metodológica selecionada para responder o objetivo desta pesquisa foi a realização de entrevistas semiestruturadas especializadas, um método qualitativo que permite explorar as opiniões e experiências de pessoas que são consideradas conhecedoras de um determinado assunto, fenômeno ou evento (Yin, 2018). Para a finalidade desta pesquisa, um especialista foi definido como um indivíduo que tem mais de cinco anos de experiência em logística ou sustentabilidade aplicada aos serviços logísticos, atuando como gestor, consultor

ou professor, com conhecimentos práticos e/ou teóricos sobre tecnologias da Logística 4.0. A Figura 1 apresenta as etapas para a condução deste estudo.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: elaboração própria.

A prospecção dos especialistas ocorreu por meio do site LinkedIn, que é uma rede social profissional que reúne profissionais de diversas áreas e segmentos. Para coletar dados, foram realizadas 16 entrevistas com especialistas, cuja identidade foi preservada. Para identificar cada especialista, foi atribuído um código, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Caracterização dos especialistas entrevistados no estudo

Código	Tempo de experiência	Descrição do entrevistado
Especialista 1	Mais de 10 anos	Diretora executiva de uma instituição vinculada a operadores logísticos.
Especialista 2	Entre 5 e 10 anos	Fundador e CEO de uma <i>startup</i> de tecnologia em logística (<i>logtech</i>).
Especialista 3	Mais de 10 anos	Doutor em engenharia de transportes.
Especialista 4	Entre 5 e 10 anos	Fundador e CEO de uma <i>startup</i> de tecnologia em logística (<i>logtech</i>).
Especialista 5	Mais de 10 anos	Consultor e gestor em operações logísticas e indústria 4.0.
Especialista 6	Mais de 10 anos	Gerente de estratégia logística.
Especialista 7	Mais de 10 anos	Coordenador de transporte e ESG.
Especialista 8	Entre 5 e 10 anos	Coordenador de Sustentabilidade e Segurança do Trabalho em uma operação de um PSL multinacional.
Especialista 9	Entre 5 e 10 anos	Coordenadora de Operações Logísticas em um operador logístico multinacional
Especialista 10	Mais de 10 anos	Gerente Nacional de Sustentabilidade e segurança do trabalho de um operador logísticos multinacional
Especialista 11	Mais de 10 anos	Gerente regional de Operações Logísticas em um operador logístico multinacional
Especialista 12	Mais de 10 anos	Coordenador Nacional de Sustentabilidade e segurança do trabalho de um operador logísticos multinacional
Especialista 13	Mais de 10 anos	Gerente de Operações Logísticas responsável por a gestão de um armazém de um operador logístico multinacional
Especialista 14	Entre 5 e 10 anos	Coordenador local de Sustentabilidade e segurança do trabalho de um armazém de uma transportadora nacional.
Especialista 15	Entre 5 e 10 anos	Gerente Nacional de Sustentabilidade e segurança do trabalho de um operador logísticos nacional.
Especialista 16	Entre 5 e 10 anos	Gerente de Operações Logísticas responsável por a gestão de um armazém de operador logísticos nacional.

Fonte: elaboração própria.

Processo de coleta e análise dos dados

Os dados foram coletados entre janeiro e dezembro de 2022, por meio de entrevistas semiestruturadas com especialistas. As entrevistas foram realizadas remotamente, por meio da ferramenta *Google Meet*. Para analisar os dados, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo. Essa técnica consiste em descrever o conteúdo das mensagens de forma sistemática e objetiva, a fim de identificar padrões e significados (Bardin, 2010). Os dados foram codificados e categorizados com o auxílio do software *NVivo*. As categorias finais definidas para o estudo, a partir da revisão de literatura, incluíam: aplicações das tecnologias 4.0 nas atividades de logística; os *drivers*, motivadores, barreiras e desafios para a adoção das ferramentas da Logística 4.0; e os benefícios da adoção da Logística 4.0. Cada entrevista foi analisada individualmente e posteriormente, foi realizada uma análise cruzada entre os relatos dos especialistas, buscando identificar semelhanças e diferenças.

RESULTADOS

As entrevistas com especialistas do setor revelaram um aumento recente nos investimentos em inovação e tecnologias da Logística 4.0 pelos prestadores de serviços logísticos (PSLs). Esta tendência é evidente na expansão dos departamentos de TI e nas parcerias e aquisições com startups de logística, conhecidas como '*Logitechs*', reconhecidas por sua capacidade de inovação e soluções tecnológicas avançadas.

Os especialistas destacaram que as tecnologias mais utilizadas entre os PSLs incluem WMS, TMS, computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT), *business intelligence* e big data analytics (BDA). Além disso, machine learning, inteligência artificial, drones e robótica estão ganhando espaço, embora ainda em estágio inicial de adoção. Essas tecnologias otimizam a gestão da cadeia de suprimentos, aumentando a transparência e o controle sobre processos, estoques e operações, melhorando a qualidade das decisões e reduzindo erros.

A análise dos dados identificou os principais *drivers*, motivadores, barreiras e desafios para a adoção das tecnologias da Logística 4.0 nos PSLs, divididos em fatores internos e externos, conforme apresentado no Quadro 2. Fatores internos são aqueles sob controle da empresa, enquanto fatores externos representam oportunidades e desafios externos que a empresa deve enfrentar.

Quadro 2 - *Drivers* e motivadores, barreiras e desafios para adoção das tecnologias da Logística 4.0

Categoria	<i>Drivers</i> e motivadores	Barreiras e desafios
Internos	Redução de custos, melhoria da produtividade, aumento da competitividade, melhoria da qualidade, redução de desperdícios, aumento da colaboração, aumento da segurança e inovação.	Resistência à mudança, habilidades técnicas, manutenção e suporte, segurança de dados, preparo para a adoção de novas tecnologias, treinamentos, recursos financeiros, reestruturação dos processos, integração de sistemas e ROI – retorno sobre o investimento.
Externos	Demandas dos clientes, pressão da concorrência, exigências legais e regulatória, cadeia de suprimentos global, escassez de recursos e sustentabilidade.	Regulamentação e normas, fornecedores de tecnologia, alto custo das tecnologias, infraestrutura, concorrência global, evolução tecnológica e padronização.

Fonte: elaboração própria.

***Drivers* e Motivadores**

Os *drivers* e motivadores são fatores que impulsionam a adoção de tecnologias da Logística 4.0 nos PSLs. Para os entrevistados, os principais *drivers* e motivadores internos são a necessidade de redução de custos e desperdícios, melhoria da produtividade e qualidade,

aumento da competitividade, colaboração e segurança, e a inovação das operações e atividades logísticas. Adicionalmente, os *drivers* e motivadores externos apontados consistem nas demandas dos clientes, a pressão da concorrência, exigências legais e regulatória, a instauração da cadeia de suprimentos global e a escassez de recursos e sustentabilidade.

A pressão da concorrência no setor de logística é intensa, e os PSLs que optam pela implantação de tecnologias da Logística 4.0 conseguem oferecer serviços com maior valor agregado e agilidade, reduzindo custos e atraindo clientes novos clientes e contratos. Internamente, essas empresas trabalham com margens de lucro muito apertadas, evidenciando a necessidade de ampliar a rentabilidade e produtividade de suas operações. A partir da adoção destas tecnologias, os especialistas relatam que há um aumento na eficiência operacional, flexibilidade e resiliência:

É crucial acompanhar o mercado para não ficarmos para trás. Os clientes estão cada vez mais exigentes com tecnologia, então precisamos alinhar nossa evolução com as demandas do mercado (Especialista 5).

Outro fator crítico é a necessidade de aprimorar a qualidade dos serviços prestados pelos PSLs, garantindo que eles atendam ou excedam as expectativas dos clientes. As tecnologias da Logística 4.0 desempenham um papel fundamental nesse aspecto, permitindo um maior controle e visualização dos dados, apoiando o processo de previsão de demanda e tomada de decisão. Dessa forma, os PSLs e seus parceiros logísticos conseguem inovar e desenvolver novos produtos, modelos de negócio, serviços e formas de colaboração e cooperação:

Nosso cliente determinou o uso dessas tecnologias, atendendo a uma demanda do mercado e da matriz na Alemanha. Precisamos reduzir custos, pois o processo logístico é oneroso. Além disso, essas tecnologias aumentam a segurança da carga e dos funcionários. Com muitos parceiros logísticos, o cliente tenta padronizar suas operações (Especialista 8).

A integração de tecnologias como BDA, Internet das Coisas, telemetria, sensores RFID e computação em nuvem aumenta consideravelmente a segurança dos funcionários, bem como dos produtos manipulados e transportados. Elas habilitam o rastreamento e monitoramento em tempo real, apoiando a gestão de riscos e prevenção de acidentes, assim como o controle e visualização dos processos da cadeia de suprimentos de modo remoto.

As demandas dos clientes, que evoluem continuamente com expectativas de entregas mais rápidas, rastreamento em tempo real e serviços personalizados, são fundamentais para fomentar o investimento dos PSL nas tecnologias da Logística 4.0, a fim de ampliar sua vantagem competitiva, a satisfação dos clientes e o nível de serviço. Paralelamente, as exigências legais e regulatórias motivam essas empresas em adotar tecnologias que possam garantir a conformidade com os requisitos estabelecidos pelos governos e instituições. Além disso, a abordagem global da cadeia de suprimentos requer uma coordenação eficiente em âmbito internacional, o que é habilitado pelas tecnologias da Logística 4.0. Por fim, a redução do desperdício, melhoria da eficiência energética e adoção de práticas mais sustentáveis, pode ser viabilizada pelo uso de tecnologias ecologicamente amigáveis:

Após a digitalização e a atualização do WMS, reduzimos significativamente o consumo de papel, trazendo muitos benefícios. Podemos modelar dados, atender melhor às exigências dos clientes para entrada de dados e estratificação de relatórios, e controlar *serial numbers*, vencimentos e códigos com mais eficiência (Especialista 2).

A análise dos dados das entrevistas revelou que os *drivers* internos são os principais motivadores para a adoção da Logística 4.0 pelos PSLs. Os *drivers* externos também são importantes, mas têm um papel menos significativo. A combinação de *drivers* internos e externos cria um ambiente favorável à adoção da Logística 4.0. No entanto, é fundamental que os PSLs estejam cientes dos desafios e barreiras associados a essa adoção para garantir o sucesso da implementação.

Barreiras e desafios

A adoção da Logística 4.0 pelos PSLs enfrenta uma série de desafios e barreiras, tanto internos quanto externos, que afetam o processo de implementação. Os principais desafios e barreiras internos da adoção da Logística 4.0 incluem a resistência à mudança, a necessidade de desenvolver habilidades técnicas, a falta de manutenção e suporte, a segurança de dados, o preparo para a adoção de novas tecnologias, a aplicação de treinamentos, os recursos financeiros, a reestruturação dos processos, a integração de sistemas e o ROI – retorno sobre o investimento. Já os desafios e barreiras internas envolvem adaptação às regulamentações e normas, limitação dos fornecedores de tecnologia, alto custo das tecnologias, a infraestrutura regional e nacional, a concorrência global, a rápida evolução tecnológica e a necessidade de padronização de processos.

Investir em tecnologias da Logística 4.0 é um processo dispendioso. A falta de recursos financeiros para a aquisição e implementação das tecnologias é uma barreira considerável apontada por todos os especialistas. Além disso, as tecnologias da Logística 4.0 exigem manutenção regular e suporte. A falta de recursos para manter e solucionar problemas nas novas soluções representa um grande empecilho para manter os sistemas funcionando adequadamente. Por isso, a mensuração do retorno sobre o investimento e o planejamento para adotar essas tecnologias são fundamentais para justificar os gastos com a Logística 4.0:

Muitas empresas investem em tecnologias estrangeiras, mas sem suporte adequado acabam desacreditando nelas. Sem suporte, nenhuma tecnologia sobrevive, o que gera descrença após um período de uso (Especialista 14).

Desafios que envolvem o capital humano como a capacitação dos funcionários para usar as novas tecnologias, o desenvolvimento de habilidades, e a resistência dos colaboradores a essas mudanças são complexos e exigem uma abordagem multifacetada. Os PSLs precisam considerar fatores como o tamanho da empresa, a cultura organizacional, o nível de maturidade tecnológica e as necessidades específicas dos funcionários:

As pessoas acabam fazendo só por fazer ou às vezes não utilizam tudo que ela pode oferecer, e acaba sendo um dinheiro desperdiçado, um tempo desperdiçado, então é justamente por essa falta de treinamento (Especialista 5).

A Logística 4.0 muitas vezes requer uma reestruturação dos processos operacionais. Avaliar o ambiente existente e determinar como as novas tecnologias se encaixam, bem como garantir a integração de diferentes sistemas e tecnologias é um desafio técnico que afeta a eficiência e eficácia das operações logísticas.

Os desafios e barreiras enfrentados pelos PSLs na implementação dessas tecnologias são complexos e variados. No entanto, esses desafios não são intransponíveis e podem ser superados com planejamento, preparação e execução cuidadosas. O investimento em infraestrutura, suporte, treinamentos e capacitação para funcionários, e a criação de uma cultura de inovação e colaboração, são formas de reduzir o insucesso das iniciativas de Logística 4.0.

Drivers e barreiras da Logística 4.0 e Complexidade econômica

A complexidade econômica, influenciada por diversos fatores, impacta diretamente a capacidade de uma nação ou empresa progredir economicamente. Para atender eficazmente às demandas do mercado, aprimorar a competitividade e assegurar a conformidade regulatória, as empresas devem investir em capital humano qualificado, adotar práticas sustentáveis, fomentar a inovação e colaboração, além de monitorar de perto a qualidade de sua infraestrutura e o ambiente de negócios. No entanto, é importante observar que esses fatores econômicos estão intrinsecamente ligados aos desafios apresentados pela Logística 4.0. A resistência à mudança, por exemplo, pode emergir devido à falta de compreensão das implicações dessas inovações, sendo essencial desenvolver habilidades técnicas para superar essa barreira. O Quadro 3 estabelece uma conexão entre os fatores que influenciam a complexidade econômica e os

drivers, motivadores, barreiras e desafios da Logística 4.0, destacando como esses elementos estão interligados.

Quadro 3 - *Drivers* e motivadores, barreiras e desafios para adoção das tecnologias da Logística 4.0

Fatores que afetam a complexidade econômica	<i>Drivers</i> e motivadores	Barreira e desafios
Qualidade do capital humano	Inovação, melhoria da qualidade e exigências legais e regulatórias	Resistência à mudança, necessidade de desenvolver habilidades técnicas, e aplicação de treinamentos
Intensidade dos investimentos em P&D	Inovação e exigências legais e regulatórias	Alto custo das tecnologias, necessidade de padronização de processos e de desenvolver habilidades técnicas
Infraestrutura disponível	Inovação e exigências legais e regulatórias	Falta de manutenção e suporte, infraestrutura regional e nacional
Acesso a recursos naturais	Sustentabilidade, redução de custos e redução dos desperdícios	Alto custo das tecnologias
Integração nas cadeias globais de valor	Demandas dos clientes, eficiência e colaboração	Resistência à mudança, falta de manutenção e suporte, infraestrutura regional e nacional e concorrência global
Ambiente de negócios e regulatório	Inovação, eficiência, exigências legais e regulatórias	Adaptação às regulamentações e normas
Abertura para o comércio internacional	Cadeia de suprimentos global, competitividade e demandas dos clientes	Concorrência global
Solidez das instituições políticas e econômicas	Exigências legais e regulatórias e colaboração	Alto custo das tecnologias, adaptação as regulamentações e normas, e infraestrutura regional e nacional
Ambiente propício à inovação e colaboração	Inovação e colaboração	Resistência à mudança, falta de manutenção e suporte, infraestrutura regional e nacional e concorrência global
Educação na formação de capital humano	Necessidade de melhoria da produtividade e qualidade, Inovação	Resistência à mudança, necessidade de desenvolver habilidades técnicas e aplicação de treinamentos

Fonte: elaboração própria.

Os fatores da complexidade econômica afetam os *drivers*, motivadores, desafios e barreiras da Logística 4.0 de forma direta ou indireta. A qualidade do capital humano afeta diretamente a capacidade das empresas em adotar e usar novas tecnologias da Logística 4.0, a de superar a resistência à mudança e de desenvolver habilidades técnicas necessárias para utilizar novas tecnologias. Enquanto a infraestrutura disponível afeta indiretamente os *drivers* da Logística 4.0, tornando mais fácil para as empresas implementar novas tecnologias ou mais difícil para as empresas superar a falta de manutenção e suporte. Além disso, essa influência pode ser positiva ou negativa. Um ambiente de negócios e regulatório favorável facilita a adoção de novas tecnologias da Logística 4.0, entretanto um ambiente de negócios e regulatório restritivo dificulta a adoção de novas tecnologias. Diante disso, observa-se que essa relação é complexa e multifacetada, uma vez que os fatores podem interagir de diferentes maneiras, e seu impacto pode variar de acordo com as características específicas da empresa e do contexto econômico.

DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa fornecem uma visão abrangente da dinâmica da adoção das tecnologias da Logística 4.0 pelos PSLs. Eles destacam a necessidade crescente de inovação

tecnológica nesse setor, impulsionada por fatores internos e externos. As tecnologias da Logística 4.0 desempenham um papel crucial na otimização da gestão da cadeia de suprimentos, trazendo maior transparência, controle e um processo de tomada de decisões mais eficaz (Albrecht *et al.*, 2023; Jagtap *et al.*, 2021; Winkelhaus; Grosse, 2020).

No atual cenário globalizado e competitivo, os PSLs enfrentam desafios complexos que exigem a redução de custos, melhoria na produtividade e qualidade, bem como o aumento da competitividade (Cimini *et al.*, 2022; Jagtap *et al.*, 2021; Winkelhaus; Grosse, 2020). A Logística 4.0 contribui para a complexidade econômica ao apoiar a produção de produtos mais sofisticados, a um custo menor (Cong; Ren, 2023; Poffo; Hartmann; Marin, 2023), permitindo que os PSLs acessem e usem novas tecnologias e conhecimentos. Isso pode impactar as exportações dos países, tornando mais fácil alcançar mercados globais, e reduzir a desigualdade de renda por meio do aumento da produtividade e eficiência (Hidalgo, 2021; Rivera *et al.*, 2023).

Ao analisar os *drivers*, motivadores, barreiras e desafios da Logística 4.0, compreende-se como essa adoção impacta a complexidade econômica e conseqüentemente, o desenvolvimento econômico dos países (Ha, 2023). Essa relação é bidirecional e pode resultar em efeitos positivos ou negativos, mostrando como a evolução da logística avançada impacta e é impactada pela dinâmica econômica.

Como evidenciado na Figura 2, os impactos dos *drivers* da Logística 4.0 na complexidade econômica se traduzem em investimentos em novos setores e atividades, estimulando a inovação e fomentando o desenvolvimento de novos produtos e serviços (Cichosz; Wallenburg; Knemeyer, 2020). Além disso, promovem a busca por novos mercados e oportunidades (Ferraro *et al.*, 2023), enquanto facilitam a coordenação e cooperação entre as empresas (Winkelhaus; Grosse, 2020), resultando na criação de redes de conhecimento (Fiorini *et al.*, 2023). Ao garantir a conformidade com padrões regionais e globais, esses *drivers* fortalecem a posição das empresas no cenário internacional (Silva; Frederico; Garza-Reyes, 2023). Uma gestão mais eficiente e uma maior visibilidade nas cadeias de suprimentos contribuem para otimizar o uso de recursos e adotar práticas sustentáveis (Hrouga; Sbihi, 2023; Strandhagen *et al.*, 2017).

O aumento da competitividade no cenário logístico é diretamente influenciado pela pressão da concorrência, demanda dos clientes e exigências legais e regulatórias, criando um ambiente econômico mais complexo, onde as empresas buscam constantemente inovar e diversificar para permanecerem relevantes (Gomes; Gubareva, 2021). Nesse contexto, percebe-se que as tecnologias da Logística 4.0 auxiliam as empresas a reduzir custos, eliminar desperdícios por meio de tecnologias ecologicamente amigáveis, apoiando regiões onde há escassez de recursos, alcançando assim a sustentabilidade das operações logísticas e das cadeias de suprimentos (Ferraro *et al.*, 2023; Strandhagen *et al.*, 2017).

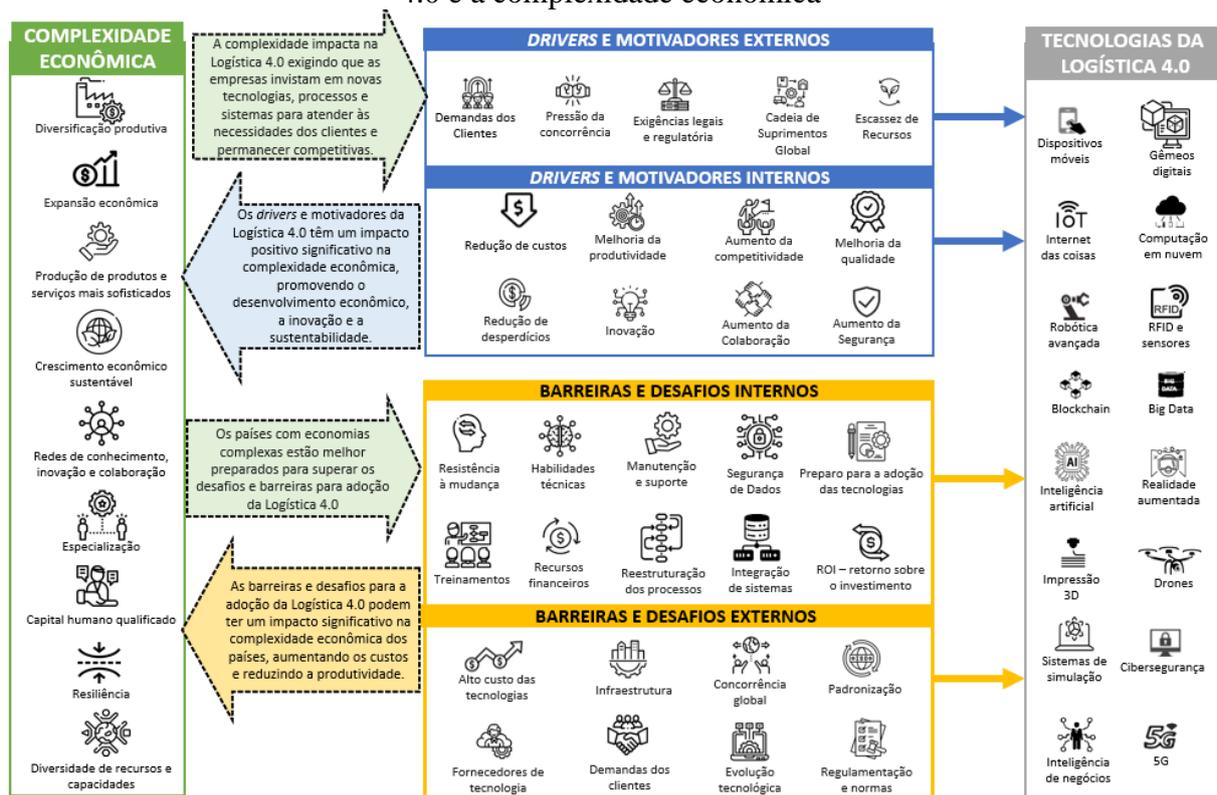
Por outro lado, a complexidade econômica exerce uma influência direta e indireta nos *drivers* e motivadores da Logística 4.0, impactando-os de diversas maneiras. Isso implica que as empresas se veem compelidas a investir em novas tecnologias, processos e sistemas para atender às necessidades dos clientes e manter uma posição competitiva, principalmente em nações e regiões com alta complexidade (Ha, 2023). Porém, essas regiões possuem uma infraestrutura tecnológica mais robusta, uma mão de obra mais qualificada, maiores recursos financeiros e estímulo à inovação e pesquisa avançada (Chang; Andreoni, 2020; Hidalgo; Hausmann, 2009). Essas características facilitam significativamente a adoção de tecnologias de ponta e o acesso a conhecimentos avançados (Chang; Andreoni, 2020; Hidalgo; Hausmann, 2009).

Na Figura 2 é possível analisar como os desafios e barreiras para a adoção da Logística 4.0 impactam e são impactados pela complexidade econômica dos países. Barreiras e desafios

relacionados ao capital humano, como resistência a mudanças, habilidades técnicas e treinamentos dificultam o processo de implantação e de adaptação às novas tecnologias, além de reduzir a produtividade e a competitividade das operações logísticas (Rico; Cabrer-Borrás, 2020; Silva; Frederico; Garza-Reyes, 2023), levando um declínio na complexidade econômica e no crescimento econômico dos países. Em contrapartida, em países com alto nível de complexidade, que possuem programas de educação formal robustos, e uma cultura da inovação nas empresas (Jurgelevičius; Tvaronavičienė, 2021; Rivera *et al.*, 2023), essas barreiras e desafios podem ser superados com mais facilidade.

Já as barreiras e desafios relacionados à infraestrutura, como a falta de manutenção adequada, segurança dos dados, necessidade de padronização de processos e o alto custo das tecnologias, representam obstáculos significativos para a implementação eficaz da Logística 4.0, levando a ineficiências operacionais e custos adicionais (Cichosz; Wallenburg; Knemeyer, 2020; Silva; Frederico; Garza-Reyes, 2023). Contudo, essas barreiras e desafios podem ser ultrapassados a partir uma abordagem colaborativa e interconectada no qual as empresas se beneficiam ao trabalhar em conjunto, formando centros de conhecimentos, em que há um compartilhamento de recursos e responsabilidades para promover a inovação e o desenvolvimento econômico (Gala; Camargo; Freitas, 2018; Zhu; Li, 2017).

Figura 2 – Relação entre os *drivers* e motivadores para adoção das tecnologias da Logística 4.0 e a complexidade econômica



Fonte: elaboração própria.

Logo, os resultados demonstraram que a relação entre a Logística 4.0 e a complexidade econômica é complexa, interdependente e mutável, cujos efeitos variam de acordo com o contexto econômico, político e características específicas de cada PSL. Essa dinâmica destaca a necessidade de uma abordagem flexível e adaptativa na implementação das tecnologias da Logística 4.0, levando em consideração não apenas as tendências globais, mas também as nuances locais e as particularidades de cada mercado em que os PSLs operam.

CONCLUSÃO

A adoção da Logística 4.0 pelos PSLs é impulsionada por fatores internos (como redução de custos, melhoria da produtividade e competitividade) e externos (como pressão da concorrência, demandas dos clientes, requisitos legais e avanços tecnológicos). No entanto, essa adoção enfrenta desafios como resistência à mudança, falta de habilidades técnicas, custo elevado das tecnologias e infraestrutura inadequada. A transição tecnológica e a complexidade econômica são interdependentes, moldando estratégias logísticas que, por sua vez, influenciam o cenário econômico. É crucial que os PSLs desenvolvam uma gestão estratégica sensível ao contexto, alinhando práticas logísticas à complexidade econômica específica de cada região.

A Logística 4.0 desempenha um papel vital na otimização da gestão da cadeia de suprimentos, proporcionando maior transparência, controle e eficácia nas decisões. Suas contribuições para a sustentabilidade, redução de custos e fortalecimento da competitividade reforçam seu impacto positivo na complexidade econômica. No entanto, para atingir seu potencial máximo, é essencial superar os desafios e barreiras associados à sua adoção. Em países com níveis mais elevados de complexidade econômica, as barreiras podem ser mais facilmente superadas devido às melhores condições de educação, infraestrutura e inovação. Por isso, este estudo recomenda que empresas, governos e instituições de ensino estabeleçam parcerias estratégicas para desenvolver programas abrangentes de capacitação e pesquisa, que atendam às demandas específicas da Logística 4.0. Além disso, é fundamental que os governos formulem políticas públicas e ofereçam incentivos fiscais ou financeiros para que as empresas invistam nas tecnologias da Logística 4.0. Isso pode ajudar a modernizar as cadeias de suprimentos, aumentar a competitividade global e promover o desenvolvimento econômico sustentável.

Diante disso, este estudo fornece uma análise abrangente dos fatores que influenciam a transformação da logística no Brasil. Ele também apresenta recomendações para que as empresas e os governos possam aproveitar as oportunidades da Logística 4.0. Entretanto, os resultados do estudo não podem ser generalizados em grande medida, pois a amostra é limitada. Além disso, a pesquisa se concentra em PSLs, não analisando o impacto para empresas de outros setores da economia. Por isso, recomenda-se que pesquisas futuras sejam desenvolvidas para analisar o impacto da Logística 4.0 para empresas de outros setores da economia, investigar outros fatores que podem influenciar a transformação da logística no Brasil, além dos fatores econômicos e tecnológicos considerados neste estudo. Por fim, recomenda-se que estudos futuros expandam este trabalho por meio de uma pesquisa quantitativa abrangente, incorporando análises econômicas, utilizando por exemplo, modelos econométricos, a fim de mensurar o impacto das tecnologias da Logística 4.0 nas variáveis econômicas relevantes, tais como o índice de complexidade econômica.

REFERÊNCIAS

ABOL, Associação brasileira de operadores logísticos. **Perfil dos operadores Logísticos**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://abolbrasil.org.br/pdf/perfil-dos-operadores-logisticos-2022.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.

ALBRECHT, Tobias *et al.* Leveraging Digital Technologies in Logistics 4.0: Insights on Affordances from Intralogistics Processes. **Information Systems Frontiers**, [s. l.], 2023.

ALENCAR, Júlia F. L. *et al.* COMPLEXIDADE ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO: Uma análise do caso latino-americano. **Novos estudos CEBRAP**, [s. l.], v. 37, p. 247–271, 2018.

- BALLAND, Pierre-Alexandre *et al.* The new paradigm of economic complexity. **Research Policy**, [s. l.], v. 51, n. 3, p. 104450, 2022.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Ed. rev. e actualad. Lisboa: Edições 70, 2010.
- BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 13, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain, p. 1245–1252, 2017.
- BUNTAK, Krešimir; KOVAČIĆ, Matija; MUTAVDŽIJA, Maja. Internet of things and smart warehouses as the future of logistics. **Tehnički glasnik**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 248–253, 2019.
- CHANG, Ha-Joon; ANDREONI, Antonio. Industrial Policy in the 21st Century. **Development and Change**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 324–351, 2020.
- CICHOSZ, Marzenna; WALLENBURG, Carl Marcus; KNEMEYER, A. Michael. Digital transformation at logistics service providers: barriers, success factors and leading practices. **The International Journal of Logistics Management**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 209–238, 2020.
- CIMINI, Chiara *et al.* Human-technology integration in smart manufacturing and logistics: current trends and future research directions. **Computers & Industrial Engineering**, [s. l.], v. 169, p. 108261, 2022.
- CONG, Yufei; REN, Chunhong. Does Natural resource dependency impede sustainable development? Exploring the non-linear consequence of economic complexity. **Resources Policy**, [s. l.], v. 85, p. 103972, 2023.
- FERRARO, Saverio *et al.* Sustainable Logistics 4.0: A Study on Selecting the Best Technology for Internal Material Handling. **Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 9, p. 7067, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/9/7067>. Acesso em: 27 abr. 2023.
- FIORINI, Niccolò *et al.* The actors' role in industrial districts facing the challenge of technologies 4.0 between absorption and dissemination. **European Planning Studies**, [s. l.], v. 31, n. 7, p. 1377–1396, 2023.
- GALA, Paulo; CAMARGO, Jhean; FREITAS, Elton. The Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC) was right: scale-free complex networks and core-periphery patterns in world trade. **Cambridge Journal of Economics**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 633–651, 2018.
- GAŚIOREK, Kamila. Key competences for Transport 4.0 – Educators' and Practitioners' opinions. **Open Engineering**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 51–61, 2022.
- GHOBAKHLOO, Morteza *et al.* Industry 4.0 ten years on: A bibliometric and systematic review of concepts, sustainability value drivers, and success determinants. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 302, p. 127052, 2021.
- GOMES, Orlando; GUBAREVA, Mariya. Complex Systems in Economics and Where to Find Them. **Journal of Systems Science and Complexity**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 314–338, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11424-020-9149-1>.

GUPTA, Anchal; SINGH, Rajesh Kumar. Applications of emerging technologies in logistics sector for achieving circular economy goals during COVID 19 pandemic: analysis of critical success factors. **International Journal of Logistics Research and Applications**, [s. l.], v. 0, n. 0, p. 1–22, 2021.

GUPTA, Anchal; SINGH, Rajesh Kumar; MANGLA, Sachin Kr. Evaluation of logistics providers for sustainable service quality: Analytics based decision making framework. **Annals of Operations Research**, [s. l.], v. 315, n. 2, p. 1617–1664, 2022.

HA, Le Thanh. Digital Business and Economic Complexity. **Journal of Computer Information Systems**, [s. l.], 2023.

HEINBACH, Christoph; KAMMLER, Friedemann; THOMAS, Oliver. Exploring Design Requirements of Fleet Telematics Systems Supporting Road Freight Transportation: A Digital Service Side Perspective. **Wirtschaftsinformatik 2022 Proceedings**, [s. l.], 2022.

HIDALGO, César A. Economic complexity theory and applications. **Nature Reviews Physics**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 92–113, 2021.

HIDALGO, César A. The policy implications of economic complexity. **Research Policy**, [s. l.], v. 52, n. 9, p. 104863, 2023.

HIDALGO, C. A. *et al.* The Product Space Conditions the Development of Nations. **Science**, [s. l.], v. 317, n. 5837, p. 482–487, 2007.

HIDALGO, César A.; HAUSMANN, Ricardo. The building blocks of economic complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 106, n. 26, p. 10570–10575, 2009.

HROUGA, Mustapha; SBIHI, Abdelkader. Logistics 4.0 for supply chain performance: perspectives from a retailing case study. **Business Process Management Journal**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 1892–1919, 2023.

JAGTAP, Sandeep *et al.* Food Logistics 4.0: Opportunities and Challenges. **Logistics**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 2, 2021.

JURGELEVIČIUS, Artūras; TVARONAVIČIENĖ, Manuela. Assessing the Impact of Human Capital's Structure on High Value-Added Economic Sectors in European Countries: Illustration of Mining Industry. **Acta Montanistica Slovaca. Kosice : Technical University of Košice, 2021, vol. 26, iss. 1.**, [s. l.], 2021.

KUCUKALTAN, Berk *et al.* Gaining strategic insights into Logistics 4.0: expectations and impacts*. **Production Planning & Control**, [s. l.], v. 33, n. 2–3, p. 211–227, 2020

MAO, Zhuqing; AN, Qinrui. Economic Complexity Index and Economic Development Level under Globalization: An Empirical Study. **Journal of Korea Trade**, [s. l.], v. 25, p. 41–55, 2021.

POFFO, Rafael; HARTMANN, Dominik; MARIN, Solange Regina. O pensamento de Celso Furtado sobre desenvolvimento econômico e a Abordagem da Complexidade. **Nova Economia**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 7–36, 2023.

- RICO, Paz; CABRER-BORRÁS, Bernardí. Intangible capital and business productivity. **Economic Research-Ekonomska Istraživanja**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 3034–3048, 2020.
- RIVERA, Bryan *et al.* Analysis of the Effect of Human Capital, Institutionalism and Globalization on Economic Complexity: Comparison between Latin America and Countries with Greater Economic Diversification. **Economies**, [s. l.], v. 11, n. 8, p. 204, 2023.
- SILVA, Ricardo Moreira; FREDERICO, Guilherme francisco; GARZA-REYES, Jose Arturo. Logistics Service Providers and Industry 4.0: A Systematic Literature Review. **Logistics**, [s. l.], v. 7, 1, p. 1–11, 2023.
- SIMACHEV, Yurii; FEDYUNINA, Anna; KUZYK, Mikhail. Industrial Revolution 4.0 in the BRICS countries: What are the challenges for industrial policy?. **BRICS Journal of Economics**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 4–22, 2020.
- STRANDHAGEN, Jan Ola *et al.* Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. **Advances in Manufacturing**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 359–369, 2017.
- SUN, XU *et al.* The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 29, p. 9560–9591, 2022.
- SZYMAŃSKA. Logistics 4.0 - a new paradigm or set of known solutions?. [s. l.], 2017.
- TANG, Chor Foon; ABOSEDRA, Salah. Logistics performance, exports, and growth: Evidence from Asian economies. **Research in Transportation Economics**, [s. l.], v. 78, p. 100743, 2019.
- VARGAS-CANALES, Juan Manuel. Agriculture | Free Full-Text | Technological Capabilities for the Adoption of New Technologies in the Agri-Food Sector of Mexico. **Agriculture**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 1177, 2023.
- VU, Trung V. Economic complexity and health outcomes: A global perspective. **Social Science & Medicine**, [s. l.], v. 265, p. 113480, 2020.
- WINKELHAUS, Sven; GROSSE, Eric H. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 58, n. 1, p. 18–43, 2020.
- YIN, Robert k. **Case study research and applications**. CA: Sage: [s. n.], 2018.
- ZHU, Shujin; LI, Renyu. Economic complexity, human capital and economic growth: empirical research based on cross-country panel data. **Applied Economics**, [s. l.], v. 49, n. 38, p. 3815–3828, 2017.