

**THE IMPACT OF ROBOTICS ON LOGISTICS**

**O IMPACTO DA ROBÓTICA NA LOGÍSTICA**

Maria João Oliveira e Silva

José Luís Reis

Mestrado em Negócio Eletrónico

Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto

**Nota do Autor**

Este artigo foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Metodologias de Investigação e Comunicação Científica do Mestrado em Negócio Eletrónico, lecionada pela Doutora Ana Azevedo.

A correspondência relativa a este artigo deve ser enviada para Maria João Oliveira e Silva, membro do Mestrado em Negócio Eletrónico do Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto (ISCAP), localizado na Rua Jaime Lopes Amorim, 4465-004 São Mamede de Infesta, Porto, Portugal. E-mail:

[2220446@iscap.ipp.pt](mailto:2220446@iscap.ipp.pt).

### Resumo

A robótica carece de compreensão e investimento nos dias que correm, considerando que a margem de crescimento na implementação de robôs nos processos da Logística 4.0 é ínfima. Consequentemente, dada a introdução da digitalização, rede, automação e inteligência artificial nos diferentes processos, estimula de forma significativa a Indústria 4.0 e vários setores.

O objetivo deste artigo passa por perceber como as organizações podem beneficiar ao utilizar os robôs para otimizar os seus processos logísticos, reduzindo tempos e custos financeiros e definir modelos para aplicação da robótica na logística.

Através de uma revisão sistemática da literatura, percebe-se quais os tipos de robôs que existem, as vantagens e desvantagens da aplicação da robótica, quais os fatores críticos de sucesso inerentes à sua aplicabilidade e quais os modelos de aplicação da logística.

O investimento da logística na robótica facilita processos de tomada de decisão por parte dos gestores, aumenta a satisfação dos clientes e a competitividade das organizações, e cria modelos de negócio.

**Palavras-chave:** Robótica, Logística, Indústria, Automated Guided Vehicles (AGV), Autonomous Mobile Robots (AMR).

**Abstract**

Robotics is currently facing a lack of understanding and investment, which limits the potential for growth in implementing robots in Logistics 4.0 processes. However, with the advent of digitalization, networking, automation, and artificial intelligence, these technologies have significantly stimulated Industry 4.0 and various sectors.

The purpose of this article is to explore how organizations can benefit from leveraging robots to optimize their logistics processes, thereby reducing time, human resources, and financial costs, and to define models for the application of robotics in logistics.

By conducting a systematic literature review, we can gain insights into the different types of robots available, the advantages and disadvantages of their application, and the critical success factors inherent to their implementation.

Investing in robotics within logistics facilitates managers' decision-making processes, boosts customer satisfaction, enhances organizational competitiveness, and paves the way for new business models.

**Keywords:** Industry 4.0, Industry 5.0, Robotics, Automated Guided Vehicles (AGV), Autonomous Mobile Robots (AMR), Optimus Robot, Humanoids

### **Introdução**

Como consequência da evolução tecnológica, da transição da digitalização e da automação de processos, emergiu a quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 que pressupõe a produção em massa e personalização da linha robótica conjugada com tecnologias como robótica, realidade aumentada, inteligência artificial e nanotecnologia (Golovianko et al., 2023).

A Logística foi impulsionadora desta Revolução, assumindo impactos positivos em todas as áreas como a movimentação de materiais, armazenamento e manutenção de stock, abastecimento, processamento de pedidos e embalagem (Kawakame & Silva, 2019).

Contudo ainda há um longo caminho a percorrer na integração desta evolução em contexto empresarial. Este estudo visa perceber quais os benefícios e desafios da implementação da robótica na logística, bem como os modelos existentes para a sua aplicação, que tipos de robôs influenciam estes modelos e ainda, quais os fatores críticos de sucesso para aplicação da robótica na logística.

A realidade atual e a iminência da alteração dos comportamentos fabris, nomeadamente na gestão dos processos associados à logística, motivou o desenvolvimento deste estudo, que tem como principal objetivo perceber como as empresas podem beneficiar ao utilizar robôs para otimizar processos logísticos, reduzindo tempos, recursos financeiros e ainda definir modelos para aplicação da robótica na logística.

Através de uma revisão sistemática da literatura que compara visões de diferentes autores, são apresentados os resultados e conclusões dos tópicos relacionados com esta temática, que visam o desenvolvimento da pesquisa exploratória consequente.

### Revisão da Literatura

#### Indústria 4.0 & Logística 4.0

Passaram a fazer parte da linguagem da gestão os conceitos associados à Internet of Things (IoT), aos Sistemas Cyber-Físicos, *Big Data Analytics* e Automação que, provenientes dos desenvolvimentos tecnológicos em contexto organizacional, despontaram na Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 (Bueno et al., 2018). Estes investimentos na informatização e na automação dos ambientes fabris disseminaram-se para o coração das empresas e para o sistema circulatório de toda a cadeia de valor - o *Supply Chain Management* (SCM) – transformando-se numa grande oportunidade para as organizações (Au Yong & Khor, 2018).

De acordo com Kawakame e Silva (2019), a logística é uma atividade integrada responsável por armazenar e distribuir produtos de forma organizada, implicando um planeamento, coordenação e execução de processos, e um controlo de stock eficiente, quer na aquisição do produto, quer na entrega ao consumidor final. Todos estes elementos permitiram o aumento da eficiência, a redução de custos e a oferta de produtos com melhor qualidade e mais acessíveis aos consumidores, resultando no conceito de Logística 4.0. Segundo Bueno e outros (2018), a Logística 4.0 é uma parte tangível da cadeia de abastecimento que pressupõe a otimização de processos, criando vantagens competitivas, eliminando gaps entre a quantidade procurada e a quantidade oferecida.

De uma forma geral, em todas as áreas da logística verificaram-se impactos positivos, desde a movimentação de materiais, transportes, armazenamento, controlo de stock, processamento de pedidos até ao embalamento (Kawakame & Silva, 2019).

#### Robótica nos processos logísticos

Como consequência da inovação tecnológica nos últimos anos, a realidade aumentada, a inteligência artificial e a robótica, por exemplo, têm marcado drasticamente os processos de

armazenamento e abastecimento das empresas (Bueno et al., 2018). Especificamente no que concerne à robotização, este é um conceito que tem sido desenvolvido durante décadas nos processos de fabrico e que se traduz na utilização de robôs em processos empresariais para realizar parte do trabalho executado pelos seres humanos (Berkers et al., 2022).

Independente da indústria, são cada vez mais empresas que incluem os robôs nos seus processos alterando drasticamente o trabalho dos *pickers* e dos *pickings* (Berkers et al., 2022).

Os armazéns logísticos investem numa grande variedade de robôs que visam a qualidade do trabalho, e consideram a variedade de tarefas, as exigências físicas e cognitivas do ser humano e a sua autonomia (Berkers et al., 2022).

A robótica e a automação, são o futuro da cadeia de abastecimento digital, sendo que ambas devem estar integradas com os processos gerais do negócio, uma vez que se traduzem numa fonte disruptiva e de vantagem competitiva para as empresas (Au Yong & Khor, 2018).

O setor logístico requer máquinas cada vez mais personalizadas e competentes que garantam um impacto positivo na mobilidade interna dos robôs (Fragapane et al., 2023).

Salienta-se ainda que a Inteligência Artificial assume preponderância nesta questão da robótica aplicada à logística, considerando que, por exemplo, no que concerne à gestão dos transportes o seu recurso pode evitar colisões e engarrafamentos, otimizando o fluxo de trânsito. Raimundo e Sebastião (2021) comparam os desenvolvimentos da inteligência artificial ao desenvolvimento de máquinas capacitadas de pensamento, aprendizagem e adaptação, em que se substituem tarefas habitualmente executadas pelos seres humanos.

### **Abordagem metodológica**

A elaboração deste artigo científico foi realizada tendo em conta uma revisão sistemática da literatura que compara visões de diferentes autores. Os artigos científicos e livros utilizados, provêm de

bases de dados qualificadas como a *B-on*, o *Google Scholar* ou a *Scientific Eletronic Library Online* e apenas foram utilizados artigos desde o ano de 2019, de forma a manter a pesquisa atualizada. Esta pesquisa foi realizada desde março de 2023 até maio de 2023.

A amostra utilizada é designada por amostragem por casos múltiplos ou multicasos considerando que foram utilizados numa fase inicial 11 artigos, que após sujeição de análise necessitaram de aprofundamento em algumas temáticas, levando a um total de 12 autores para a elaboração do artigo.

Trata-se de um processo de investigação qualitativa em que através da seleção de referências relevantes de uma pesquisa em torno da questão inicial e de *keywords* inerentes à temática, recolheram-se dados secundários pertinentes. Destacam-se como termos de pesquisa, por exemplo, “O impacto da Logística 4.0”, “Tecnologias Emergentes no SCM” ou “Robótica nos Processos Logísticos”, sendo que na maioria das vezes, foi preponderante a tradução dos tópicos para inglês para obter resultados de pesquisa mais eficientes. Posteriormente, estes dados foram interpretados e de forma a tornar a investigação consistente e sólida para que fosse possível encontrar convergência nas conclusões do estudo, procedeu-se à triangulação dos dados.

Por fim, preserva-se o cumprimento da legislação relativa a questões éticas, tais como a garantia que não existe plágio neste documento.

## **Resultados**

Devido a processos como a globalização, a logística tem sido cada vez mais influente na competitividade das organizações, no aumento da sua eficiência e eficácia e na redução de custos (Kawakame & Silva, 2019).

Respondendo à questão levantada inicialmente, referente aos benefícios transigíveis da aplicação da robótica e aos modelos de aplicação existentes atualmente, este capítulo incluirá na sua demonstração

de resultados, alguns subtópicos como “Tipos de Robôs”, “Como aplicar os robôs na logística”, “Fatores Críticos de Sucesso para a aplicação da robótica na logística” e “Benefícios vs Desafios na aplicação”.

### Tipos de Robôs

Atualmente, a tecnologia permite a produção de robôs flexíveis, versáteis e de todos os tamanhos, sendo que se destacam essencialmente três tipos de robôs como se podem ver nas Figuras 1 a 3 (Au Yong & Khor, 2018).



Figura 3 - Automated Guided Vehicles  
Fonte: Movexx, 2021.



Figura 2 - Robôs Móveis Autônomos  
Fonte: Seer-Group, 2021.

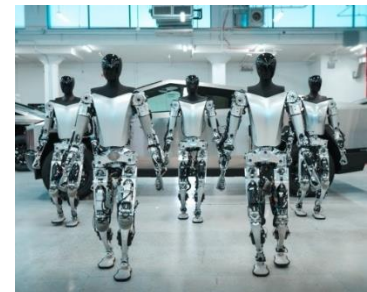


Figura 1 - Optimus Tesla  
Fonte: Tesla, 2023.

Os *Automated Guided Vehicles* (AGV) são um dos maiores símbolos da 4ª Revolução Industrial, cooperam com a Inteligência Artificial e não são soluções autônomas, uma vez que cumprem ordens de transporte impostas pelo sistema de gestão. São uma fonte de informação para as empresas e podem ser um passo inicial para otimizar processos, atividades de manutenção preditiva e verificação de tecnologia de produção (Steclik et al., 2022).

Os Robôs Móveis Autônomos (AMR), uma solução inovadora para o transporte de instrumentos, visam a redução de tempos e custos de implementação. São robôs com dimensões menores, com maior grau de integração, capazes de evitar obstáculos. Frequentemente implementados em ambientes movimentados, garantem um transporte flexível (Fragapane et al., 2023).

Finalmente, está a ser desenvolvida de uma forma gradual uma nova figura – o Homo Excelsior, capaz de se desenvolver neurologicamente e de experimentar os cinco sentidos através da tecnologia digital (Llano-Alonso, 2022). De acordo com Ramirez (2022), Elon Musk já tem desenvolvido esforços para



corresponder às expectativas do futuro. Desenvolveu o “*Optimus*”, um robô que é capaz de substituir a mão-de-obra humana. Esta realidade está cada vez mais próxima de toda a sociedade e, possivelmente, estará ultrapassada nos próximos anos (Ramirez, 2022).

Puica (2022) reforça a ideia de que estes robôs de software permitem automatizar processos e aumentar a produtividade operacional.

### **Como aplicar os robôs na logística?**

Os processos de robotização são bastante lentos no que concerne à sua aplicabilidade, considerando que tudo deve ser decidido antes de ser implementado (Berkers et al., 2022).

Não existe um Modelo que garanta o sucesso da implementação da Automação Robótica de Processos, tendo em conta que se trata de um procedimento exigente. São muitos os modelos a serem testados e ainda são muitos os casos de empresas que acabam por falhar (Herm et al., 2022).

Por exemplo, de acordo com os autores anteriores, a aplicabilidade da robótica em ambientes corporativos distintos e complexos, está estruturada em três momentos cruciais: introdução, implementação e dimensão (Herm et al., 2022).

### **Fatores críticos de sucesso para a aplicação da robótica na logística**

Herm e outros (2022) destacam a existência de alguns Fatores Críticos de Sucesso (FCS) que contribuem para a aplicação da robótica entre eles a integração da robótica de forma padronizada e devidamente estruturada. O projeto deve ser de melhoria contínua das soluções e estas devem ser criadas de forma sustentável na perspetiva da manutenção. Todo o projeto deve ser documentado e deve existir uma gestão ativa das partes interessadas. A comunicação deve ser adequada e os erros devem ser compreendidos. É necessário recorrer a um planeamento do projeto e desenvolver habilidades e formar colaboradores. Esta aplicação deve estar alinhada com a estratégia da empresa. A robotização não deve

ser considerada pelos gestores de topo como um meio para reduzir funcionários, mas sim uma solução para criar valor e melhorar a experiência do cliente.

### **Benefícios e desafios da aplicação da robótica na logística**

A aplicação da robótica na logística permite o aumento da competitividade, a redução de custos, maior controlo, diminuição de volume de stocks, otimização de espaço de armazém e aumento da credibilidade da empresa/ marca (Kawakame & Silva, 2019).

Au Yong e Khor (2018) evidenciam que outros benefícios passam pela melhoria no atendimento de pedidos nos processos de separação, embalagem e expedição, redução de tempos, redução dos tempos de inatividade, aumento da precisão do pedido e na gestão de stock de produtos. Declaram ainda que a robótica se traduziu em vantagens consequentes como a redução de custos de eletricidade.

Paralelamente, os desenvolvimentos permitem a redução das exigências físicas e cognitivas dos trabalhadores, aumentam as oportunidades de requalificação e a qualidade do trabalho (Au Yong & Khor, 2018). Em contrapartida, existem alguns desafios como o facto de o retorno de investimento não ser atingido num curto espaço de tempo (Berkers et al., 2022). A automação robótica de processos expõe algumas limitações como a falta de flexibilidade que o ser humano apresenta e o facto de não reconhecer questões lógicas (Herm et al., 2022).

Existem outros desafios no setor relacionados com a unificação dos sistemas de informação, a capacitação de funcionários, a promoção das mudanças culturais, a modernização dos centros logísticos de forma que se eliminem stocks e que se reduza o lead time (Kawakame & Silva, 2019). Destacam-se problemas subjacentes à monotonia das tarefas dos colaboradores, o aumento do número de tarefas, aumento de tarefas relacionadas com manutenção que exigem formação, e necessidade de compensar os tempos de avarias. Para os profissionais de RH sente-se também uma falta de envolvimento com a robótica e as condições culturais devem ser sempre reavaliadas (Berkers et al., 2022).

### Conclusão

A evolução tecnológica, aliadas aos problemas da sociedade, alertam para a existência da quinta revolução industrial – Indústria 5.0 – centrada no ser humano, na resiliência e sustentabilidade. Espera-se a criação de um modelo híbrido entre as duas indústrias, convergindo o mundo digital com o humano, e a introdução de novos robôs como os *Optimus* da *Tesla* (Golovianko et al., 2023).

Face às mudanças e exigências do mercado, é crucial acompanhar as evoluções tecnológicas, fundamentalmente nos processos que envolvem a área da logística e a aplicabilidade da robótica no setor (Kawakame & Silva, 2019). A robotização da logística deve fazer parte da estratégia de qualquer organização. Explicam um conjunto de benefícios como o aumento da eficiência e produtividade, redução de erros, segurança, otimização do espaço e redução de custos, flexibilidade e melhoria da experiência do cliente. Pode até traduzir-se na vantagem competitiva da empresa.

### Referências

- Au Yong, H. N., & Khor, A. (2018). Robotics in Supply Chain. Em *Emerging Technologies for Supply Chain Management* (pp. 25–38).
- Berkers, H. A., Rispens, S., & Le Blanc, P. M. (2022). The role of robotization in work design: A comparative case study among logistic warehouses. *The International Journal of Human Resource Management*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/09585192.2022.2043925>
- Bueno, R. E., Nunes, J. A. R., Guimarães, C. S., & Bonilla, S. H. (2018). Inferências da Indústria 4.0 na logística de Suprimentos. *Iberoamerican Journal of Project Management*, 9(1), 53–67.
- Ferrari, J. C. (2021). AGV X AMR: Tudo o que Precisa Saber sobre Robôs Móveis. Fersiltec. Acedido a 17 de maio de 2023 em <https://fersiltec.com.br/blog/robotica/agv-x-amr/>

- Fragapane, G., Hvolby, H.-H., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2023). Autonomous mobile robots in sterile instrument logistics: An evaluation of the material handling system for a strategic fit framework. *Production Planning & Control*, 34(1), 53–67.
- Golovianko, M., Terziyan, V., Branytskyi, V., & Malyk, D. (2023). Industry 4.0 vs. Industry 5.0: Co-existence, Transition, or a Hybrid. *Procedia Computer Science*, 217, 102–113.
- Herm, L.-V., Janiesch, C., Helm, A., Imgrund, F., Hofmann, A., & Winkelmann, A. (2022). A framework for implementing robotic process automation projects. *Information Systems and E-Business Management*. <https://doi.org/10.1007/s10257-022-00553-8>
- Kawakame, M. dos S., & Silva, E. F. (2019). Logística 4.0: Desafios e inovações. *IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*.
- Llano-Alonso, A. (2022). Singularidad Tecnológica, Metaverso e Identidad Personal: Del homo faber al novo homo ludens. *Inteligencia artificial y Filosofía del derecho*, 189–215.
- n.d. (2023). Tesla já está a formar "exército" de robôs humanóides. dinheiro vivo. Acedido a 17 de maio de 2023 em <https://bit.ly/roboshumanoidestsla>
- Puica, E. (2022). How Is it a Benefit using Robotic Process Automation in Supply Chain Management? *Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management*, 1–11. <https://doi.org/10.5171/2022.221327>
- Raimundo, A., & Sebastião, P. (2021). *Novos Modelos de Negócios com Recurso a Inteligência Artificial*. IAPMEI, Agência para a Competitividade e Inovação, I.P.
- Ramirez, A. E. C. (2022). Inteligencia artificial: Cuando los algoritmos se convierten en neuronas. *IUS ET SCIENTIA*, 2(8), 136–145. <https://doi.org/10.12795/IESTSCIENTIA.2022.i02.10>
- Steclik, T., Cupek, R., & Drewniak, M. (2022). Automatic grouping of production data in Industry 4.0: The use case of internal logistics systems based on Automated Guided Vehicles. *Journal of Computational Science*, 62, 101693. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2022.101693>