



**METALSHOE**  
FABLAB NETWORK

05

— Referencial Técnico

# AUTOMAÇÃO & ROBÓTICA



centro de apoio tecnológico  
à indústria metalomecânica



centro tecnológico  
do calçado de portugal



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Europeu  
de Desenvolvimento Regional



**METALSHOE**  
FABLAB NETWORK

05

[www.metalshoefablab.pt](http://www.metalshoefablab.pt)

## Referencial Técnico

# AUTOMAÇÃO & ROBÓTICA

### Ficha técnica

#### *Título*

05 Referencial Técnico – Automação & Robótica

#### *Coordenação*

Cristina Marques e Vânia Pacheco

#### *Projecto gráfico e paginação*

SALTO ALTO ctcip criativo

#### *Textos*

Cristiano Figueiredo

Gonçalo Costa

Luís Rocha

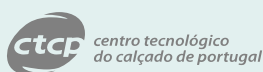
Maria Fernandes

#### *Com o apoio de*

CEI – Companhia de Equipamentos Industriais, Lda  
Alberto Fonseca

Maio 2022 . TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

Versão 01



Este referencial foi desenvolvido no âmbito  
do projeto Metalshoe Fablab Network  
Operação N.º NORTE-02-0853-FEDER-037621

# ÍNDICE

Índice de Figuras	4
Lista de Acrónimos	4
Introdução	5
Descrição da Tecnologia	6
Estado da Arte	9
Enquadramento no MetalShoe FabLab Network	14
Casos de Aplicação	17
Bibliografia	24

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	Resumo da Revoluções Industriais (adaptado de [10]).
<b>Figura 2</b>	Primeiro robô industrial "Unimate" [16].
<b>Figura 3</b>	Célula Robotizada de Paletização [18].
<b>Figura 4</b>	Robô de soldadura [19]
<b>Figura 5</b>	Robô de Pintura [20].
<b>Figura 6</b>	Manipulador Robótico [21].
<b>Figura 7</b>	Braço Robótico [22].
<b>Figura 8</b>	Braço de robô colaborativo na ajuda de operação de montagem [24].
<b>Figura 9</b>	Braços robóticos e periféricos Dobot Magician [25].
<b>Figura 10</b>	Dobot Magician montado em calha rolante [26].
<b>Figura 11</b>	Robot colaborativo Hyundai YL012
<b>Figura 12</b>	Garra OnRobot equipada no robot colaborativo.
<b>Figura 13</b>	Robô de Soldadura na Drake Trailers do fornecedor ABB [28].
<b>Figura 14</b>	Construção vertical automatizada da fuselagem da Boeing (FAUB) [28].
<b>Figura 15</b>	Robô móvel na Efacec [29].
<b>Figura 16</b>	Robôs para as operações em armazém no centro de distribuição dos CTT [30].
<b>Figura 17</b>	Solução robótica para automação de polimento de facas [31].
<b>Figura 18</b>	Processo automático de cardagem [32].
<b>Figura 19</b>	Processo automático de aplicação de cola [33].
<b>Figura 20</b>	Processo de corte automático.
<b>Figura 21</b>	Transportador de apoio às máquinas de costura.
<b>Figura 22</b>	Costura automática [34].

## Lista de Acrónimos

<b>CTCP</b>	Centro Tecnológico do Calçado de Portugal
<b>CATIM</b>	Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica
<b>AGV</b>	Automatic Guided Vehicle
<b>CPS</b>	Cyber Physical Systems
<b>CRM</b>	Customer Relationship Management
<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning



# INTRODUÇÃO



No âmbito do projeto MetalShoe FabLab Network, apoiado pelo NORTE2020 e promovido pelo Centro Tecnológico do Calçado de Portugal (CTCP) e pelo Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica (CATIM), foi prevista a publicação de um conjunto de referenciais técnicos que abordam as diferentes tecnologias, soluções e ferramentas apresentadas no âmbito do projeto.

O presente referencial visa dar a conhecer o vasto e interdisciplinar mundo da automação industrial e robótica. A indústria de hoje utiliza, cada vez mais, sistemas de produção robotizados, baseados nos mais modernos sistemas de automação industrial. A robótica surge, neste contexto, como um sistema de interface com os operadores humanos, auxiliando ou mesmo substituindo os humanos em tarefas repetitivas e/ou que coloquem em causa o bem-estar dos trabalhadores, libertando-os para tarefas de maior valor acrescentado.

# DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida por Indústria 4.0, teve início na segunda década do século XXI e permitiu potenciar o conceito de digitalização, possibilitando a interligação, de forma transversal, entre as organizações, por via da utilização de máquinas que interagem e comunicam entre si, e com os humanos, possibilitando a recolha de informação em tempo real e auxiliando no processo de tomada de decisões.

São várias as tecnologias associadas à Quarta Revolução Industrial. **De acordo com Klaus Schwab [1], as tecnologias que se têm destacado como as quatro principais tendências associadas a esta mudança de paradigma são:**

- Os veículos não tripulados,
- A impressão 3D,
- A robótica avançada.
- Os novos materiais.

Neste contexto, a robótica surge como a força motriz da automação.

Apesar de serem frequentemente utilizados como sinónimos, os conceitos de automação e robótica são termos complementares [2].

**A Automação** consiste num processo que segue uma sequência predeterminada de operações, com uma intervenção humana reduzida ou nula, utilizando equipamentos e dispositivos especializados que permitem executar e controlar os processos de produção [2]. De uma forma geral, a automação resulta da utilização de uma grande variedade de dispositivos, sensores, atuadores, técnicas e equipamentos que permitem acompanhar o processo produtivo, tomar decisões tendo em consideração alterações que se revelem necessárias à opera-



ção, permitindo ainda controlar todos os aspectos inerentes, como os PLC (*Programmable Logic Controller*). Adicionalmente, a automação consiste num processo onde várias operações manuais de produção são convertidas em processos automáticos ou mecanizados. A automação corresponde, assim, a um passo a seguir à mecanização, estando associada à utilização de máquinas, software e outras tecnologias, em tarefas que geralmente são desenvolvidas por humanos. A automação pode ainda ser definida como uma tecnologia que envolve a conjugação da mecatrónica e computadores para a produção de bens e serviços.

De acordo com Rosário [3] a automação industrial pode ser dividida em três classes: rígida, flexível e a programável. A automação rígida é empregue quando o volume de produção é alto, e, por sua vez, a automação flexível é empregue quando o volume de produção é médio, decorrente de uma maior ligação entre áreas de engenharia mecânica com tecnologias eletrónicas embebidas e sistemas de informação. Em relação à automação programável esta é usada perante um volume de produção baixo e diversificado, ou seja, a produção é efetuada em pequenos lotes.

A década de 70 marcou o início da integração da automação na indústria. Atualmente constitui um requisito diferenciador e fundamental para qualquer empresa que pretenda alcançar uma posição competitiva no mercado. Assim, as empresas que optam pela automação dos seus processos produtivos procuram, não só, aumentar a sua produtividade, como também, reduzir os custos de produção, minimizar o tempo afeto pelos seus colaboradores a tarefas que não acrescentam valor, auxiliar a gestão da produção, aumentar a qualidade dos produtos, reduzir os acidentes de trabalho, uniformizar a produção, entre outros benefícios.

Por sua vez, os objetivos associados à automação prendem-se com o aumento da eficiência dos processos, maximizando a produção com um menor

consumo de energia, reduzindo as emissões e a produção de resíduos e garantindo melhores condições de segurança [2]. Todavia, no processo de automação de uma determinada empresa podem surgir várias limitações à sua materialização, tais como: tarefas que são muito difíceis de automatizar, ciclos de vida dos produtos curtos, produtos customizados, flutuações na procura.

A questão da automação está também relacionada com uma das ferramentas Lean – o método Jidoka – definido como a “automação com um toque humano” [4], em oposição a uma máquina que opera somente sobre monitorização e supervisão de um operador, o que significa que quando ocorre uma anomalia o equipamento interrompe a sua atividade, alertando o trabalhador, permitindo reduzir a probabilidade de ocorrência de defeitos nos produtos.

**A Robótica Industrial** surge como uma das partes mais visíveis da automação e consiste no processo de conceber, criar e utilizar robôs para a realização de determinadas tarefas. Um robô industrial é um dispositivo mecânico que, até certo ponto, consegue replicar movimentos humanos. Segundo a definição apresentada pela International Organization for Standardization (ISO 8373:2012 Robots and robotic devices – Vocabulary), um robô industrial corresponde a um manipulador multiuso, controlado, reprogramável de forma automática e composto por três ou mais eixos, que pode ser fixo num local ou então mover-se para uso em aplicações de automação industrial. Um robô industrial é formado pela integração dos seguintes componentes: manipulador mecânico, atuadores, sensores, unidade de controlo, unidade de potência e, ainda, o elemento de ligação entre o robô e o meio onde irá operar [5].

Em 1979, o Robot Institute of America (RIA), definia o robô industrial como “um manipulador multifuncional reprogramável projetado para mobilizar materiais, ferramentas ou peças especiais, por via de vários movimentos planejados, para o desempenho de várias tarefas”. Esta definição fornece uma ideia das diferentes aplicações que podem ser executadas com este equipamento. Neste sentido, este equipamento é geralmente utilizado quando há necessidade de executar uma ação potencialmente perigosa para um ser humano, pois consegue ter mais robustez e precisão, ou quando está em causa uma ação contínua e repetitiva. Na sua maioria, os robôs são fixos, mas existem também robôs com capacidade de se movimentar na área de trabalho.

De acordo com o exposto e tendo em consideração a relação entre a integração desta tecnologia no processo produtivo de uma empresa e a sua cultura digital, surge frequentemente a seguinte questão: **qual o grau de maturidade digital do tecido empresarial nacional?**

Na literatura são alguns os estudos que avaliam o grau de maturidade da comunidade industrial nacional [6] [7] [8] [9]. Da análise aos mesmos é possível concluir que o nível de maturidade está diretamente relacionado com a apetência das empresas em adotarem sistemas integrados de gestão para monitorização e controlo de processos. Por sua vez, estes estudos permitem verificar que as empresas nacionais ainda não atingiram os níveis de digitalização esperados, estando maioritariamente associado à impreparação para a adoção de metodologias e ferramentas I4.0, como é o caso da automação e robótica.

Atualmente, é possível constatar que as indústrias de grande dimensão, em particular, apresentam um interesse significativo no que concerne a estas tecnologias, com particular destaque para a robótica. Este facto está relacionado com a possibilidade de substituir recursos humanos por robôs em atividades repetitivas, permitindo a sua alocação a outras atividades cognitivamente mais comple-

xas, estimulantes e interessantes, como é o caso da programação dos dispositivos robóticos e a supervisão dos processos produtivos. Deste modo, a automação de alguns processos veio permitir à indústria aumentar a sua eficiência e produtividade.





# ESTADO DA ARTE

Foi no início do século XXI que, através da evolução registada ao nível das TI, com a proliferação dos sensores, com a redução de preços da tecnologia, com a sofisticação do software e hardware, com a capacidade de as máquinas aprenderem e colaborar criando gigantescas redes ou fluxos de informação/dados, assistimos ao início de uma nova revolução na indústria, ou seja, a Quarta Revolução Industrial, também apelidada por Indústria 4.0 e conhecida como a era dos Cyber Physical Systems (CPS). A figura infra (Figura 1) apresenta uma síntese das quatro Revoluções Industriais.

A Indústria 4.0 surge como uma transição entre sistemas industriais, passando da mecanização da produção para a automação da produção. Atualmente, a incorporação da automação na produção e nos sistemas de informação, como o ERP (Enterprise Resource Planning) e o MES (*Manufacturing Execution System*), permitem incrementar significativamente a produtividade na indústria. O grande desafio que se coloca agora às empresas é a aposta na comunicação entre o nível ERP e o chão de fábrica, permitindo que os dados sejam recolhidos em tempo real, facilitando a tomada de decisões, o que por sua vez permitirá introduzir melhorias nos produtos e serviços, bem como no relacionamento com os clientes, reduzindo os desperdícios e melhorando a posição competitiva das empresas [10]. A organização e gestão industrial está,



## Século XVIII

Mecanização  
Energia a vapor  
Energia Hidráulica



## Século XIX

Produção em massa  
Eletricidade  
Linha de Montagem



## Hoje

Internet of things (IoT)  
Cyber Physical Systems  
Big Data  
Smart Factory

**Figura 1**

Resumo da Revoluções Industriais  
(adaptado de [10]).

assim, claramente dependente da implementação de mecanismos de integração e otimização horizontais e verticais [11], permitindo a integração de toda a cadeia de valor [12]. Neste cenário, a recolha de informações do produto ao longo do ciclo de vida irá permitir acrescentar valor desde a sua conceção até à sua colocação no mercado [13]. Neste contexto, os sistemas ERP, MES e ainda CRM (Customer Relationship Management), entre outros, permitem integrar toda a cadeia de valor produtiva auxiliando a análise e a tomada de decisões.

**Focando agora o conceito da “robótica”, este termo foi criado por Isaac Asimov para designar a ciência que se dedica ao estudo dos robôs e que se fundamenta pela observação de três leis básicas [14] a saber:**

- Um robô não pode expor um ser humano a uma situação de perigo nem pode admitir que o mesmo se exponha a uma situação perigosa, permanecendo inoperante;
- Um robô deve obedecer às ordens dos seres humanos, exceto em circunstâncias em que estas ordens entrem em conflito com a 1.ª lei;
- Um robô deve proteger a sua própria existência, exceto por razões que entrem em conflito com a 1.ª e 2.ª leis. Por outro lado, o termo robô foi originalmente usado no ano de 1921 pelo dramaturgo e escritor checoslovaco Karel Capek como referência a um autômato.

O primeiro robô industrial (Figura 2), designado “Unimate”, foi instalado em 1961 pela UNIMATION Inc. numa fábrica da General Motors em New Jersey [15].



**Figura 2**

Primeiro robô industrial “Unimate” [16].

Posteriormente, em 1969, na Universidade de Stanford, Victor Scheinman criou o primeiro robô articulado de 6 eixos que ficou conhecido como o “Braço de Stanford”. Esta evolução permitiu a execução de operações mais complexas, tais como a montagem ou a soldadura. Victor Scheinman apresentou o seu projeto à UNIMATION que, com o apoio da General Motors, desenvolveu e comercializou o PUMA (Programable Universal Machine for Assembly). Mais tarde, em 1973, a empresa KUKA Robotics criou o seu primeiro robô industrial de 6 eixos, chamado FAMULUS. Logo depois, em 1974, a Cincinnati Milacron apresentou o T3 (The Tomorrow Tool), o primeiro robô industrial controlado por computador.

Ao longo das últimas décadas, a robótica tem-se revelado essencial nos processos industriais, estando a utilização de robôs industriais no chão-de-fábrica diretamente associada aos objetivos da produção automatizada, a qual visa reduzir custos de produção, melhorar as condições de trabalho através da eliminação de atividades que conferem perigo, melhorar a qualidade do produto através

do controlo mais racional dos parâmetros de produção e, ainda, realizar atividades impossíveis de serem controladas de forma manual [17].

Dada a versatilidade dos robôs industriais, a sua aplicação é adequada a inúmeras situações. As figuras seguintes permitem identificar exemplos da aplicabilidade desta ferramenta.

A Figura 3 constitui um exemplo de uma célula robotizada de paletização. Estas células permitem a contagem e paletização de caixas, sacos e outros volumes, proporcionando um alto rendimento em linhas finais de produção e expedição de produtos acabados.



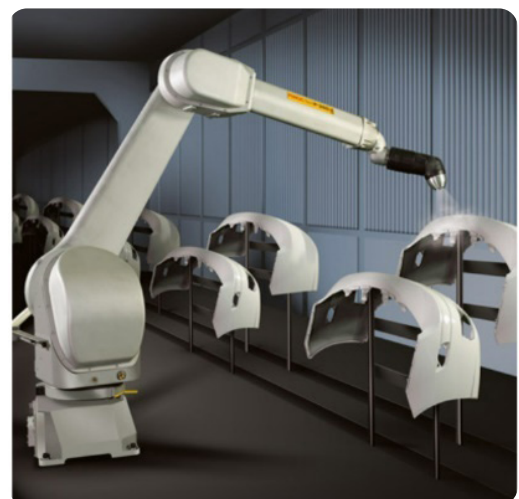
**Figura 3**  
Célula Robotizada de Paletização [18].

A Figura 4 corresponde a um Robô de soldadura. Estes robôs podem ser integrados em operações antecedentes a pintura, acabamento, corte, etc. alta performance, uma vez que permitem uma uniformidade das pinturas.



**Figura 4**  
Robô de soldadura [19].

Na figura 5 é possível visualizar um exemplo de um Robô de Pintura. Estes robôs estão associados à alta performance, uma vez que permitem uma uniformidade das pinturas.



**Figura 5**  
Robô de Pintura [20].

Por sua vez, um manipulador robótico (Figura 6) permite o posicionamento de peças pick-and-place, embalagem de caixas, compactação e agrupamento de volumes, etc.



**Figura 6**  
Manipulador Robótico [21].

Os braços robóticos podem ainda ser utilizados em cargas e descargas de peças prontas (Figura 7) em prensas, injetoras e máquinas de processamento em geral.



**Figura 7**  
Braço Robótico [22].

Tal como já referido, os robôs industriais, para além da possibilidade de operarem em ambientes difíceis e perigosos e de executarem tarefas repetitivas e/ou demasiado exigentes para o humano, permitirão reduzir os tempos de produção, diminuir perdas e desperdícios, aumentar a qualidade do produto final devido à sua padronização, obter maior flexibilidade na produção, aumentar a segurança dos colaboradores, bem como aumentar a produtividade e a eficiência. De salientar ainda alguns dos inconvenientes desta tecnologia, tais como, os riscos associados a tarefas que exijam a colaboração homem-máquina, podendo colocar em causa a segurança dos colaboradores; o tempo associado à sua integração e adequação à tarefa em causa; o facto da sua utilização/manipulação exigir conhecimentos específicos na área, o que pode limitar e/ou atrasar a tarefa em causa, ou mesmo exigir a intervenção de um técnico externo à empresa.

Neste contexto, é cada vez mais comum ouvir-se falar dos robôs colaborativos. O seu sucesso imediato numa vasta gama de indústrias estimulou a rápida inovação nos produtos, resultando em quatro grandes tipos de robôs desta tipologia [23]. Os diferentes robôs colaborativos são definidos pelas suas características de segurança e programação, ou pela forma como evitam impactos potencialmente perigosos com os colaboradores humanos. Cada tipo de robô colaborativo aplica métodos e tecnologias únicas para manter um espaço de funcionamento comum seguro. Esta diferença permite identificar o ambiente mais adequado onde cada tipo de robô deve/pode operar.

**Segue identificação dos quatro tipos de robôs colaborativos:**

**Paragem monitorizada de segurança:** estes robôs colaborativos destinam-se às aplicações que têm uma interação mínima entre o robô e o trabalhador humano. Tipicamente, visam alavancar um robô industrial com uma série de sensores que permitem parar o movimento da operação do robô quando um humano entra na zona de trabalho do robô.



**Velocidade e separação:** estes tipos de robôs colaborativos são semelhantes aos robôs com paragem de segurança, contudo, utilizam sistemas de visão mais avançados para abrandar os movimentos quando um trabalhador humano se aproxima, bloqueando completamente a operação quando um trabalhador está demasiado próximo desse robô.

**Limitação de potência e força:** estes tipos de robôs colaborativos são construídos com arestas arredondadas e uma série de sensores inteligentes de colisão para detetar rapidamente o contacto com humanos e bloquear a operação. Estes robôs colaborativos, que utilizam braços robóticos, também apresentam limitações de força para garantir que quaisquer colisões não sejam suscetíveis de resultar em ferimentos.

**Guia Manual:** estes robôs estão equipados com um dispositivo guiado manualmente, através do qual um operador humano controla diretamente o movimento do robô durante o modo automático. Enquanto estiver no modo automático, o robô realiza a colaboração guiada e responde apenas à entrada direta de controlo do operador. Isto permite ao robô, por exemplo, suportar o peso de uma peça pesada enquanto o operador a manipula em posição, reduzindo assim o risco do operador contrair lesões por esforço repetitivo. Capacidades semelhantes podem ser usadas para “ensinar” ou programar um robô. Em suma, a orientação manual corresponde a uma operação colaborativa que ocorre enquanto o robô está em modo automático.

Os robôs colaborativos têm observado um desenvolvimento importante na indústria, correspondendo à primeira tecnologia de automação que permite que uma operação realizada em colaboração com um humano seja realizada de uma forma segura. As quatro tipologias de robôs colaborativos identificadas surgiram num período de tempo relativamente curto e é provável que venham a surgir mais à medida que esta tecnologia amadurece.



**Figura 8**

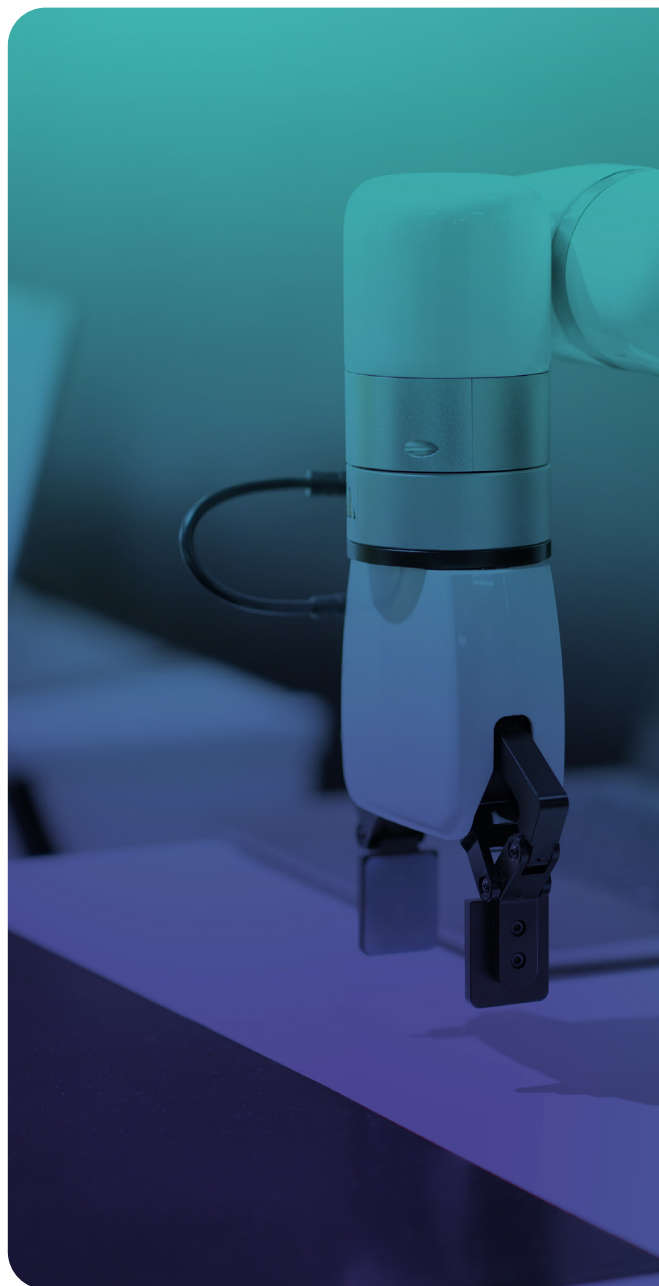
Braço de robô colaborativo na ajuda de operação de montagem [24].

# Enquadramento no MetalShoe FabLab

---

O FabLab que resulta do projeto em apreço tem como missão estimular a criatividade e a inovação, aliadas à digitalização, promover iniciativas intersectoriais e a articulação com as entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional, por forma a garantir que existe uma linha de pensamento e de ação híbrida, onde o design, a estética e a funcionalidade de produto desempenham papéis de elevada importância.

Neste âmbito, são várias e diversificadas as tecnologias que podemos encontrar num FabLab. No caso concreto do MetalShoe FabLab merecem especial destaque a tecnologia de Manufatura Aditiva, Tecnologia Subtrativa, Tecnologias IoT, Sistemas de Interface Digital, Softwares de Modelação 3D, inteligência artificial, realidade virtual, realidade aumentada, ou mesmo sistemas robóticos.



## O que temos

Em relação à área da automação e robótica, o MetalShoe FabLab dispõe de braços robóticos, e periféricos (Figura 9), os quais poderão ser programados para um eventual teste de validação de automatização de tarefas, ou teste de órgãos terminais de braços robóticos (grippers, ferramentas, etc ).

Tal como referido, os robôs são dispositivos flexíveis e programáveis que podem ser utilizados numa grande variedade de aplicações, desde tarefas simples de “pick and place” até operações mais complexas que incluem entradas digitais e analógicas que podem acionar ferramentas e o movimento do braço em tempo real.



**Figura 9**

Braços robóticos e periféricos Dobot Magician [25].



**Figura 10** Dobot Magician montado em calha rolante [26].

Neste contexto, podem ser utilizadas muitas aplicações diferentes para gerar código, contudo, são frequentemente necessários scripts mais personalizados para determinados fins. Todo o fluxo de trabalho deve ser simulado num ambiente virtual aprovado, em momento prévio à execução no robô.

Numa escala maior, o MetalShoe FabLab está também equipado com um robot colaborativo Hyundai YL012 de 6 eixos com capacidade de 12 kg (Figura 11). Permite a programação e operação através do computador, da consola associada ou ensinando diretamente o percurso e paragens. **Este é um robot flexível que pode ser associado a diversas aplicações, tais como:**

- Alimentação de peças a CNC
- Assistência a prensas
- Pick and Place
- Sopros de ar
- Montagem
- Polimento e lixagem
- Colagem/União
- Assistência de Injeção de Plástico
- Packaging e Paletização
- Inspeção
- Soldadura
- Aplicações de serviço



**Figura 11**  
Robot colaborativo Hyundai YL012.



**Figura 12**  
Garra OnRobot equipada no robot colaborativo.

A ferramenta acoplada a este robot é uma garra colaborativa OnRobot RG2 com capacidade de 2 kg, permitindo a troca dos dedos resultando em flexibilidade para várias operações (Figura 12).



## O que podemos fazer

Enquanto a maior parte das atividades desenvolvidas no FabLab estão focadas no desenvolvimento e inovação do “produto”, quando integramos nestes laboratórios robôs os mesmos destinam-se a apresentar as suas potencialidades ao nível do “processo”, ou seja, permitem a quem visita o laboratório testar estes aplicativos no sentido de perceber as suas potencialidades em termos de funcionalidades, aplicabilidade e analisar uma potencial integração na sua empresa.

Com os braços robóticos disponíveis, alguns periféricos (tapete rolante, visão artificial, calha rolante, etc) e algumas opções de ferramentas terminais acopláveis aos braços robóticos, os utilizadores podem ainda proceder à simulação e desenvolvimento da tipologia/configuração do seu próprio robô no sentido de adaptar o mesmo às necessidades de determinado projeto/empresa.

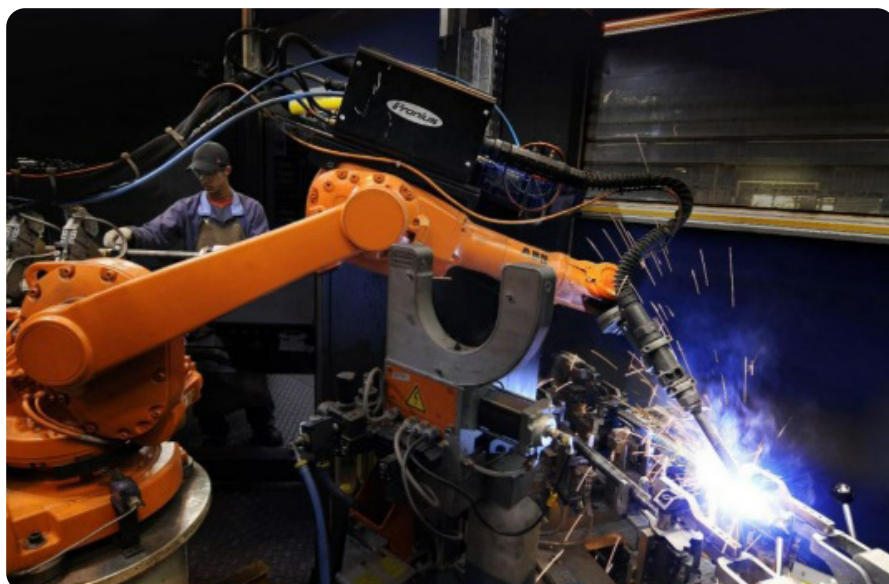
Por outro lado, a existência destes equipamentos no FabLab permite ainda a realização de ações de formação/demonstração, transformando este espaço num Learning Factory [27].

Tendo em consideração a grande oferta ao nível de robôs comerciais, para diversos fins e patamares de acesso financeiro, é difícil orientar uma aplicação direta no contexto de FabLab. No entanto, e como referido, a disponibilização destes dispositivos nos FabLab permitem a experimentação e formação associada a esta tecnologia (Learning factories) para diversos públicos-alvo, bem como centro de promoção/demonstração da tecnologia para a sociedade em geral, e para as pequenas e médias empresas em particular.

## Casos de Aplicação

É cada vez mais comum encontrarmos, nas nossas indústrias, tecnologias avançadas baseadas em sistemas de automação industrial, incluindo sistemas robotizados. Nesta secção apresentamos alguns exemplos práticos da aplicação desta tecnologia na indústria.

A Drake Trailers, na Austrália é um exemplo claro da adoção deste tipo de tecnologia. Nas suas instalações, mais concretamente na sua linha de produção, instalou um robô de Soldadura (Figura 13) cujo fornecedor é a ABB.



**Figura 13**  
Robô de Soldadura na Drake Trailers do fornecedor ABB [28].

É cada vez mais comum encontrarmos, nas nossas indústrias, tecnologias avançadas baseadas em sistemas de automação industrial, incluindo sistemas robotizados. Nesta secção apresentamos alguns exemplos práticos da aplicação desta tecnologia na indústria.

A Drake Trailers, na Austrália é um exemplo claro da adoção deste tipo de tecnologia. Nas suas instalações, mais concretamente na sua linha de produção, instalou um robô de Soldadura (Figura 13) cujo fornecedor é a ABB.

A Boeing, empresa do setor aeroespacial e da defesa, foi uma das primeiras empresas a adotar robôs para a pintura das suas aeronaves. Também têm implementado na montagem de aeronaves robôs de perfuração e fixação. Tais robôs permitiram uniformizar as pinturas dos seus equipamentos como também na sua montagem.



**Figura 14**

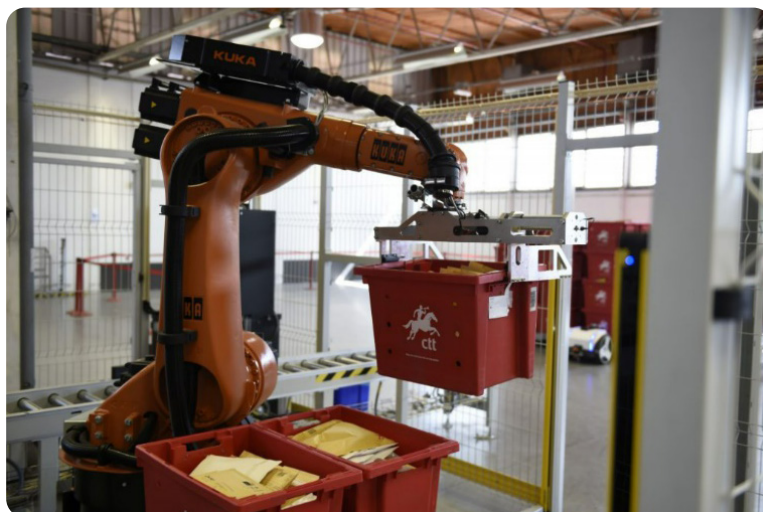
Construção vertical automatizada da fuselagem da Boeing (FAUB) [28].

A EFACEC, uma empresa portuguesa que atua no sector da energia, da engenharia e da mobilidade, detém um robô móvel AGV (Automatic Guided Vehicle) utilizado para o transporte e manuseamento de materiais (matéria-prima). O robô em questão movimenta-se ao longo de um layout pré-definido, sem qualquer intervenção humana, sendo possível selecionar a trajetória a percorrer, bem como parar com precisão na posição final.



**Figura 15** Robô móvel na Efacec [29].

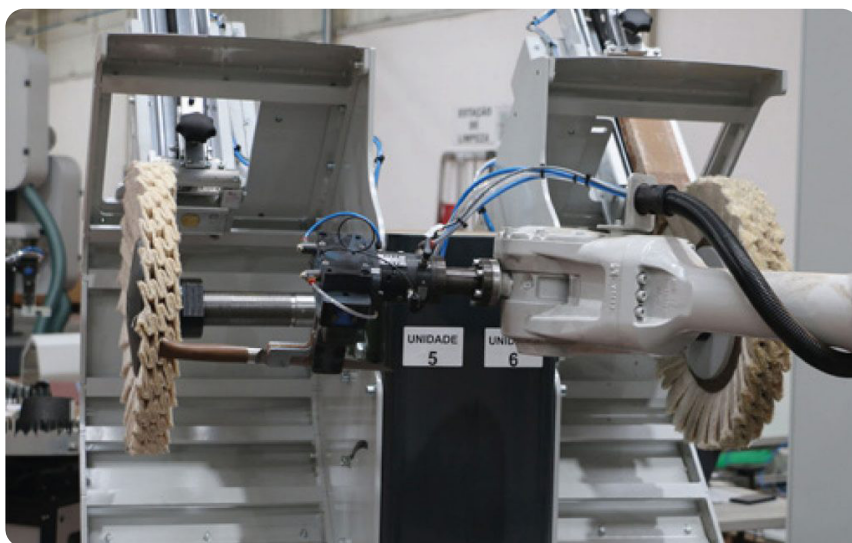
No Centro de Distribuição e Logística do Sul dos CTT, em Lisboa, são usados alguns robôs móveis cooperativos para as operações em armazém (Figura 16) com capacidade de movimentação e deteção de obstáculos, para a movimentação das cargas.



**Figura 16**

Robôs para as operações em armazém no centro de distribuição dos CTT [30].

A nível nacional, existem diversas empresas que desenham, produzem e disponibilizam sistemas robóticos para inúmeras aplicações e processos industriais (soldadura, pintura, corte, polimento, manipulação de peças, transporte, controlo de qualidade, entre outros). De facto, muitas empresas nacionais, de sectores mais tradicionais, estão a integrar soluções de robotização, recorrendo a estas tecnologias para operações de fabrico e manipulação. A título de exemplo, na figura 17, apresentamos uma solução para polimento no fabrico de cutelarias.



**Figura 17** Solução robótica para automação de polimento de facas [31].



No caso do calçado, apesar de ainda pouco difundida, a robótica encontrou o seu lugar em algumas operações, como a cardagem, fresagem e a aplicação de cola. Estes são, geralmente, robots tradicionais industriais, equipados com ferramentas específicas para a função. Podem possuir sensores de RFID para adaptação ao produto específico que aparece no transportador ou, noutros casos, visão artificial com deteção de forma para definição de percursos. A cardagem é essencialmente um processo de preparação das peças para a aplicação de cola, sendo essencial para a construção de um sapato. Estas operações, cardagem e colagem, determinantes na durabilidade e qualidade do produto, podem ser assim realizadas com reduzida variabilidade na qualidade final e de forma automática.



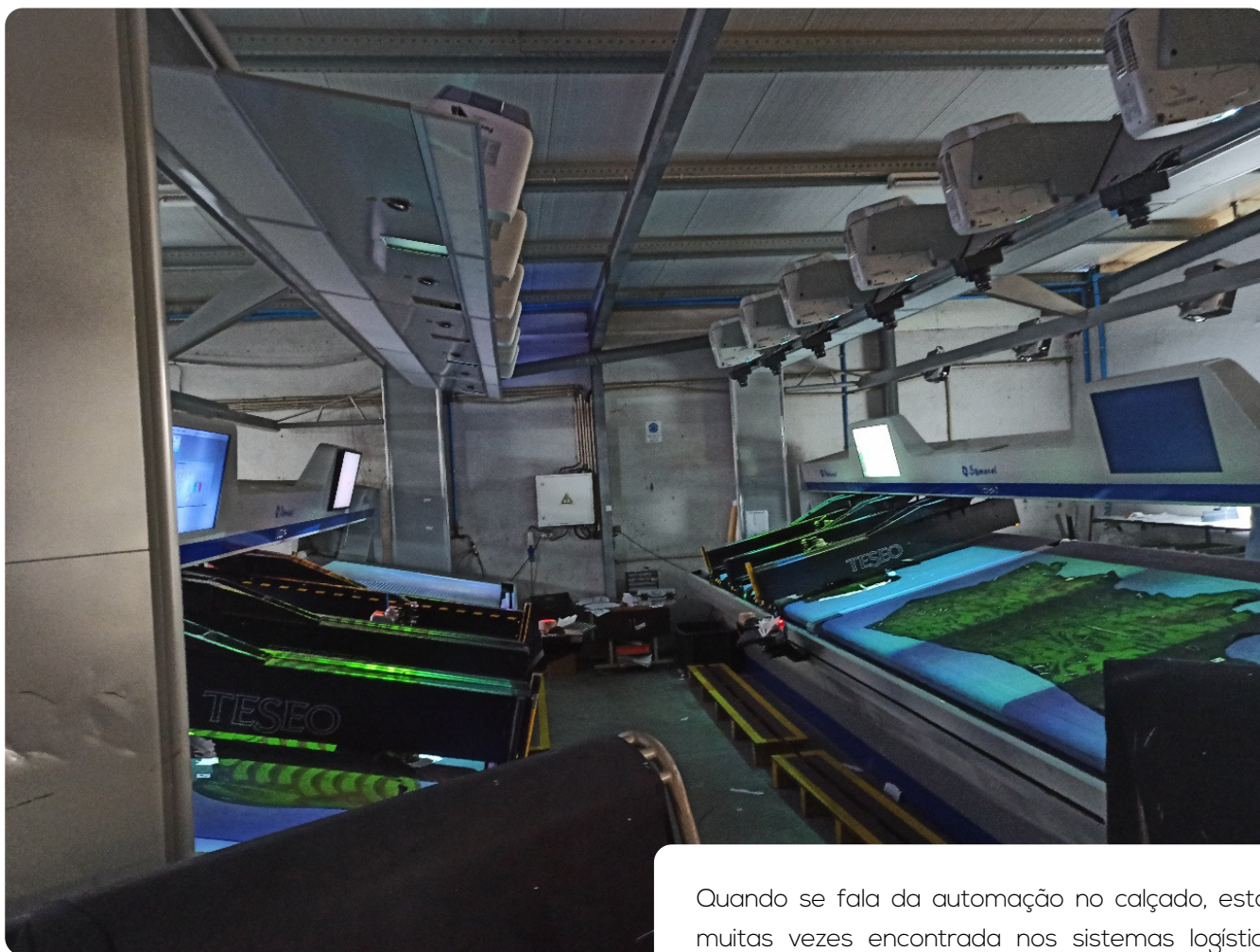
**Figura 18**  
Processo automático de cardagem [32].



**Figura 19**  
Processo automático de aplicação de cola [33].



Também um processo fundamental na indústria do calçado é o processo de corte. O processo de corte automático, por exemplo o corte de gáspeas, tem vantagens, como a redução de desperdícios de material, uma vez que o material sujeito ao corte de várias peças é aproveitado ao máximo, e também o facto de ser um processo automático liberta os recursos humanos para outras tarefas.



**Figura 20**

Processo de corte automático.

Quando se fala da automação no calçado, esta é muitas vezes encontrada nos sistemas logísticos, como, transportadores ao longo da produção e alguns armazéns automáticos. A produção do calçado, particularmente durante a fase de costura, envolve bastantes operações que podem ser realizadas em postos de trabalho distintos distribuídos ao longo do chão de fábrica. Os transportadores são assim essenciais para a movimentação do produto ao longo da produção que nem sempre é de uma forma linear, sendo muitas vezes assistidos por leitores RFID ou de códigos de barras.



**Figura 21**  
Transportador de apoio às máquinas de costura.

Outras das operações onde a automação tem uma presença identificada no sector do calçado, é na operação de costura onde, para determinados modelos, tamanho de encomendas e a sua complexidade, se encontram equipamentos de costura automática.





**Figura 22**

Costura automática [34].

A automação e robotização do sector do calçado depara-se com algumas dificuldades, nomeadamente a variabilidade natural do produto e dos materiais envolvidos, o grande número processos necessários e as encomendas de número reduzido que podem dificultar a criação de um processo de automação. Será sempre um processo que estará associado ao produto e a um projetar do produto a pensar no seu fabrico automatizado.

# BIBLIOGRAFIA

- [1] K. Schwab, The fourth industrial revolution, New York: Crown, 2017.
- [2] A. K. Gupta e S. K. Arora, Industrial Automation and Robotics, Laxmi Publications, 2009.
- [3] J. Rosario, Princípios de Mecatrônica, Pearson Education, 2005.
- [4] T. Ohno, O Sistema Toyota de Producao: Alem Da Producao, Porto Alegre: Bookman, 1997.
- [5] E. Rivin, Mechanical Design of Robots, New York: McGraw- Hill Inc, 1988.
- [6] Deloitte, "Indústria 4.0 | Nota introdutória-COTEC Portugal," 2017. [Online]. Available: [https://cotecportugal.pt/wp-content/uploads/2020/02/industria4\\_0medidas-pt-1.pdf](https://cotecportugal.pt/wp-content/uploads/2020/02/industria4_0medidas-pt-1.pdf). [Acedido em 14 12 2021].
- [7] PWC, "Industry 4.0: Building the digital enterprise," 2016. [Online]. Available: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industrial-manufacturing/publications/assets/pwc-building-digital-enterprise.pdf>. [Acedido em 11 12 2021].
- [8] R. Freitas, A indústria 4.0 no Tâmega e Sousa numa dupla perspetiva: indústria vs empresas tecnológicas., Porto, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, 2019.
- [9] R. Ferreira, Indústria 4.0 - Estudo da Perceção na Indústria Portuguesa, Porto, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, 2020.
- [10] B. P. Santos, A. Alberto, T. Lima e F. Charrua-Santos, "Indústria 4.0: desafios e oportunidades," Revista Produção e Desenvolvimento, vol. 4, nº 1, pp. 111-124, 2018.
- [11] G. Schuh, T. Potente, C. Wesch-Potente, A. R. Weber e J. P. Prote, "Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of industrie 4.0," Procedia CIRP, vol. 19, pp. 51-56, 2014.
- [12] T. Stock e G. Seliger, "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0," Procedia CIRP, vol. 40, p. 536-541, 2016.
- [13] European Parliament, "Digitising Industry (Industry 4.0) and Cybersecurity," em Industry, Research and Energy (Itre), 2017.
- [14] L. Schiavico e B. Siciliano, Robotica Industriale- Modellistica e Controllo di Manipolatori, Milano: McGraw-Hill In Companies, 1995.
- [15] "Industrial Robot," [Online]. Available: <http://www.madehow.com/Volume-2/Industrial-Robot.html>. [Acedido em 03 12 2021].
- [16] "ROBOTS YOUR GUIDE TO THE WORLD OF ROBOTICS," [Online]. Available: <https://robots.ieee.org/robots/unimate/?gallery=photo>. [Acedido em 20 12 2021].
- [17] D. BOUTEILLE, N. BOUTEILLE, S. CHANTREUIL, H. LE GRAS, R. Collot, J.-P. Frachet, J. Sesseloise e C. Merlaud, Les Automatismes programmables, Toulouse: Cépaduès éditions, 1997.



- [18] "Direct INDUSTRY," [Online]. Available: <https://www.directindustry.com/pt/prod/tmg-im-planti-spa/product-60493-674747.html> [Acedido em 20 12 2021].
- [19] "roboplan robots experts," [Online]. Available: <https://www.roboplan.pt/pt/sistemas/robot-de-soldadura-por-arco>. [Acedido em 20 12 2021].
- [20] "Fanuc," [Online]. Available: <https://www.fanuc.eu/pt/pt/robôs/página-filtro-robôs/série-de-pintura>. [Acedido em 20 12 2021].
- [21] "Arqhys decoración," [Online]. Available: <http://www.arqhys.com/articulos/manipulador-robotico.html>. [Acedido em 20 12 2021].
- [22] "DF Robótica," [Online]. Available: <https://www.dfrobotica.com/bracos-roboticos-industriais>. [Acedido em 20 12 2021].
- [23] ISO, "ISO 10218-2: Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 2: Robot systems and integration," 2011. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/41571.html>. [Acedido em 08 12 2021].
- [24] "revista automação.com," [Online]. Available: <https://revista-automacao.com/market-overview/34330-robôs-que-colaboram-com-as-pessoas-na-fpt-industrial-a-fábrica-4-0-já-é-realidade-com-a-colaboração-da-comau>. [Acedido em 20 12 2021].
- [25] "DOBOT," [Online]. Available: <https://www.dobot.cc/dobot-magician/product-overview.html>. [Acedido em 20 12 2021].
- [26] "DOBOT," [Online]. Available: <https://www.dobot.cc/products/sliding-rail-kit-overview.html>. [Acedido em 20 12 2021].
- [27] E. Abele, J. Metternich, M. Tisch, G. Chrysosolouris, W. Sihn, H. Elmaraghy, V. Hummel e F. Ranz, "Learning Factories for Research, Education, and Training," *Procedia CIRP*, vol. 32, pp. 1-6, 2015.
- [28] "Manufacturing Robot," [Online]. Available: <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2017/01/manufacturers-that-use-robots/9050>. [Acedido em 21 12 2021].
- [29] R. Rocha, *Estado da Arte da Robótica em Portugal*, Coimbra, Portugal: Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Universidade de Coimbra, 2001.
- [30] "dn\_insider," [Online]. Available: <https://insider.dn.pt/featured/reportagem-robotica-em-portugal/>. [Acedido em 21 12 2021].
- [31] Anadirobotic, [Online]. Available: <https://anadirobotic.com/cutelarias/>. [Acedido em Jan 2022].
- [32] "DESMA," [Online]. Available: <https://www.desma.de/en/automation/robotics/>.
- [33] "Robot System Automation," [Online]. Available: <https://www.rsarobot.it/en/shoes-en/sport-casual/fmss/>.
- [34] "Garudan," [Online]. Available: <https://www.garudandobrasil.com/>.



# METALSHOE

FABLAB NETWORK