Fundamentos de IA para PMEs Industriais:

Um guia prático

06/2026

COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Sobre esta edição

Este guia apoia gestores e equipas de PME industriais na identificação de oportunidades de inteligência artificial, na avaliação das condições da empresa e na preparação de experiências com resultados mensuráveis. A decisão deverá partir do problema, comparar alternativas e manter responsáveis, critérios de medição e salvaguardas claros.

Data de fecho editorial e enquadramento temporal: junho de 2026. O conteúdo técnico e jurídico é reportado a 30 de junho de 2026. Os exemplos da MoveTec são fictícios e os instrumentos de pontuação são pedagógicos; não constituem resultados empresariais reais nem certificação.

As referências bibliográficas estão ligadas às fontes ao longo do texto. Os índices permitem navegar entre capítulos, figuras, tabelas e anexos. As imagens informativas possuem descrições alternativas e o Anexo A reúne modelos de ferramentas práticas para impressão e preenchimento.

Cofinanciado pela União Europeia

Índice

Sobre esta edição 1

Índice 2

Índice de figuras 7

Índice de tabelas 12

Sobre este guia 15

Enquadramento do guia no projeto TWINS4TS 15

Como utilizar este guia 17

Como abordar cada capítulo 19

Empresa fictícia utilizada como exemplo 19

Nota sobre utilização de Inteligência Artificial 20

1 Introdução 23

1.1 Porque ganhou a IA relevância para a indústria 25

1.2 A IA como ferramenta de negócio, não como objetivo tecnológico 27

1.3 Oportunidades e limitações específicas das PME industriais 30

1.4 MoveTec - o ponto de partida para a IA 32

1.5 Mensagens-chave do capítulo 34

2 Compreender a Inteligência Artificial 36

2.1 O que é a Inteligência Artificial? 38

2.2 IA, automação, *Business Intelligence* e *Data Analytics* 40

2.3 *Machine Learning* em linguagem empresarial 45

2.4 IA generativa e modelos de linguagem 49

2.5 Visão computacional 52

2.6 Previsão, classificação, deteção de anomalias e otimização 53

2.7 Como funciona um sistema de IA 55

2.8 Capacidades, limitações e papel das pessoas 57

2.9 Mensagens-chave do capítulo 63

3 Onde pode a IA criar valor numa PME industrial 65

3.1 Do problema à oportunidade de IA 67

Cofinanciado pela União Europeia

3.2 IA nas operações industriais 69
3.3 IA na cadeia de abastecimento e gestão de recursos 72
3.4 IA na gestão e no conhecimento 75
3.5 IA e *Digital Twins*: complementaridade 78
3.6 Mapa de oportunidades de IA numa PME industrial 79
3.7 Mensagens-chave do capítulo 83
4 A minha PME está preparada para IA? 85
4.1 O que significa prontidão para IA? 87
4.2 As 8 dimensões de prontidão para a IA 88
4.3 Autoavaliação de prontidão para IA 99
4.4 Níveis de prontidão TWINS4TS 101
4.5 Mensagens-chave do capítulo 111
5 Casos de aplicação nas indústrias do Tâmega e Sousa 113
5.1 Como interpretar um caso de aplicação 115
5.2 Metalomecânica 117
5.3 Mobiliário, madeira e componentes industriais 119
5.4 Têxtil e vestuário 121
5.5 Calçado e couro 123
5.6 Agroalimentar - aplicação complementar 124
5.7 Aplicações transversais a diferentes setores 126
5.8 Como adaptar um caso de aplicação à própria PME 127
5.9 Mensagens-chave do capítulo 137
6 Definir uma estratégia e escolher o primeiro caso de IA 140
6.1 Construir e priorizar um portefólio de oportunidades 142
6.2 Definir o problema, a referência inicial e o objetivo 144
6.3 Definir KPIs e critérios de sucesso 147
6.4 A IA é realmente necessária? 148
6.5 Avaliar a oportunidade 149
6.6 Construir a análise de viabilidade 156
6.7 Desenvolver, comprar, adaptar ou contratar? 157

Cofinanciado pela União Europeia

6.8 Matriz Valor × Viabilidade 160
6.9 Ponto de decisão: avançar, preparar, adiar ou rejeitar 161
6.10 Mensagens-chave do capítulo 165
7 IA responsável, segura e conforme 167
7.1 Risco e proporcionalidade na utilização de IA 169
7.2 Fiabilidade e confiança nos resultados 171
7.3 IA generativa: alucinações e validação 179
7.4 Privacidade, dados e informação empresarial 181
7.5 Cibersegurança dos sistemas de IA 184
7.6 Regulamento Europeu da Inteligência Artificial 185
7.7 RGPD e outras obrigações relevantes 189
7.8 Sustentabilidade e consumo computacional 190
7.9 Política mínima de utilização responsável de IA 191
7.10 Mensagens-chave do capítulo 195
8 Do caso de aplicação ao primeiro piloto 197
8.1 Da prova de conceito ao piloto 199
8.2 Definir o âmbito, a duração e os critérios de saída 202
8.3 Equipa, papéis e responsabilidades 204
8.4 Preparar os dados 207
8.5 Selecionar tecnologia e parceiro 207
8.6 Da PoC ao piloto controlado 209
8.7 Validar o piloto 212
8.8 Supervisão humana e tratamento de exceções 215
8.9 Comparar resultados com a referência inicial 217
8.10 Ponto de decisão: parar, ajustar, manter ou avançar 218
8.11 Mensagens-chave do capítulo 222
9 Do piloto à operação e à escala 224
9.1 Um piloto bem-sucedido não é o fim 226
9.2 O que muda quando a IA entra em operação? 227
9.3 Responsabilidades pelo sistema e pelo processo 228

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

9.4 Integração com sistemas e equipamentos 229
9.5 Monitorizar a solução em operação 230
9.6 Atualizações, manutenção e documentação 234
9.7 Gestão da mudança, formação e adoção 235
9.8 Fornecedores, suporte e níveis de serviço 237
9.9 Medir resultados e custo total de propriedade (TCO) 240
9.10 Quando e como escalar 241
9.11 Integrar IA no *roadmap* de transformação digital 243
9.12 Mensagens-chave do capítulo 247
10 Ecossistema de apoio às PME 249
10.1 Quando e porquê procurar apoio externo 251
10.2 Entidades e estruturas de apoio 254
10.3 Trabalhar com parceiros sem perder o controlo 261
10.4 Financiamento: oportunidades e cuidados 268
10.5 Mensagens-chave do capítulo 270
11 Conclusões e próximos passos 272
11.1 O percurso proposto pelo guia 273
11.2 Dez princípios para começar com IA 274
11.3 Plano para os primeiros 90 dias 275
11.4 Outros recursos TWINS4TS a consultar 283
11.5 MoveTec - síntese do percurso completo 286
11.6 Mensagem final 288
Glossário 291
Siglas e acrónimos 295
Bibliografia 298
Anexo A Ferramentas práticas para a adoção de IA 305
A.1 Autoavaliação de prontidão para IA 306
A.2 Canvas de Oportunidade de IA 309
A.3 *Checklist* de dados mínimos 310
A.4 Matriz Valor × Viabilidade 311

Cofinanciado pela União Europeia

A.5 Análise de viabilidade simplificada 312
A.6 Ficha de referência inicial e KPIs 313
A.7 Ficha de projeto-piloto 314
A.8 Registo de riscos de IA 315
A.9 *Checklist* de IA responsável 316
A.10 *Checklist* de avaliação de fornecedor 318
A.11 Ponto de decisão 319
A.12 Plano de 90 dias 320
A.13 Como utilizar as ferramentas em conjunto 321
Ficha Técnica 323

Cofinanciado pela União Europeia

Índice de figuras

Figura 1: Mapa geral de utilização do guia como instrumento de decisão. 17
Figura 2: Percurso principal do Guia 18
Figura 3: Adoção de tecnologias de IA segundo a dimensão da empresa em 2025. 26
Figura 4: Do problema ao valor. 28
Figura 5: Perguntas antes de escolher tecnologia. 29
Figura 6: Pressões que levam a PME industrial a olhar para a IA. 30
Figura 7: Principais barreiras declaradas, em 2025, pelas empresas da indústria transformadora da União Europeia que ponderaram utilizar IA mas não a adotaram. 31
Figura 8: Percurso de aprendizagem e decisão 33
Figura 9: Lógica da IA. 39
Figura 10: Mapa conceptual da Inteligência Artificial. 40
Figura 11: Processo de Automação. 41
Figura 12: Processo de Business Intelligence. 42
Figura 13: Processo de Data Analytics. 43
Figura 14: Como funciona o Machine Learning. 45
Figura 15: Aprendizagem supervisionada. 46
Figura 16: Aprendizagem não supervisionada. 47
Figura 17: Aprendizagem por reforço 48
Figura 18: Deep Learning. 49
Figura 19: IA generativa. 50
Figura 20: Large Language Models 51
Figura 21: Visão computacional. 52
Figura 22: Exemplo de visão computacional. 53
Figura 23: Previsão, classificação, deteção de anomalias e otimização. 55
Figura 24: Processo de um sistema de IA. 57
Figura 25: Capacidades e limitações. 58
Figura 26: O papel das pessoas nas decisões apoiadas por IA. 60

Cofinanciado pela União Europeia

Figura 27: Três situações MoveTec. 62
Figura 28: Mapa de oportunidades de IA ao longo da atividade industrial. 68
Figura 29: IA nas operações industriais. 69
Figura 30: IA na cadeia de abastecimento e gestão de recursos. 73
Figura 31: IA na gestão e no conhecimento 76
Figura 32: IA e Digital Twin: complementaridade 78
Figura 33: MoveTec: três problemas, três possibilidades de IA. 82
Figura 34: Prontidão para IA. 87
Figura 35: As oito dimensões da prontidão para IA. 89
Figura 36: Perguntas fundamentais antes de experimentar IA. 90
Figura 37: Dados para experimentar IA. 91
Figura 38: Tecnologia e integração para experimentar IA. 92
Figura 39: Capacidades essenciais para um primeiro projeto de IA. 93
Figura 40: Liderança para um primeiro projeto de IA. 95
Figura 41: Governação para um primeiro projeto de IA. 96
Figura 42: Segurança e proteção de informação para um primeiro projeto de IA. 97
Figura 43: Sustentabilidade e proporcionalidade para um primeiro projeto de IA. 98
Figura 44: Autoavaliação rápida: como pontuar. 99
Figura 45: Prontidão para IA por dimensão. 101
Figura 46: Níveis de prontidão TWINS4TS. 102
Figura 47: Prioridades no nível "Explorar". 102
Figura 48: Prioridades no nível "Preparar". 103
Figura 49: Prioridades no nível "Experimentar". 104
Figura 50: Prioridades no nível "Integrar". 105
Figura 51: Prioridades no nível "Escalar" 106
Figura 52: MoveTec e o diagnóstico de prontidão. 109
Figura 53: Como interpretar um caso de aplicação. 115
Figura 54: Nove perguntas para interpretar um caso de aplicação. 116
Figura 55: O que pode ser transferido e o que depende do contexto. 128

Cofinanciado pela União Europeia

Figura 56: Como adaptar um caso à própria empresa. 130
Figura 57: MoveTec: dois casos, duas prontidões diferentes. 136
Figura 58: Da oportunidade à prioridade. 142
Figura 59: Do portefólio de oportunidades à prioridade. 143
Figura 60: Definição do problema, referência inicial e o objetivo. 144
Figura 61: Três níveis de indicadores para avaliar o caso. 147
Figura 62: A IA é realmente necessária? 149
Figura 63: 5 dimensões em análise. 150
Figura 64: Condições de viabilidade organizacional. 153
Figura 65: Primeira análise de viabilidade. 156
Figura 66: Desenvolver, comprar, adaptar ou contratar. 158
Figura 67: Matriz Valor × Viabilidade. 161
Figura 68: MoveTec: comparação dos três casos candidatos. 164
Figura 69: Mapa dos riscos de IA ao longo do ciclo de utilização. 170
Figura 70: Fiabilidade e confiança nos resultados. 172
Figura 71: Falsos positivos e falsos negativos. 174
Figura 72: Enviesamento e qualidade das decisões. 175
Figura 73: Supervisão humana útil e rastreabilidade. 177
Figura 74: Supervisão humana. 177
Figura 75: IA generativa: fluxo mínimo de validação. 180
Figura 76: Privacidade, dados e informação empresarial. 181
Figura 77: Perguntas essenciais sobre regulamentação. 186
Figura 78: Triagem do Regulamento da Inteligência Artificial. 187
Figura 79: Exemplos de práticas proibidas pelo Regulamento da IA (Artigo 5º). 187
Figura 80: RGPD e outras obrigações relevantes. 189
Figura 81: Situações a evitar na utilização de IA. 192
Figura 82: MoveTec: salvaguardas antes do piloto da CNC. 194
Figura 83: Demonstrações de uma PoC. 200
Figura 84: Avaliação de um piloto. 201

Figura 85: Definição do âmbito. 203
Figura 86: Ficha de desenho do piloto. 204
Figura 87: Preparar dados para testar, não apenas para treinar. 207
Figura 88: Da PoC ao piloto controlado. 209
Figura 89: Da prova de conceito ao piloto controlado. 212
Figura 90: Validar o piloto. 212
Figura 91: Ponto de decisão no final do piloto. 218
Figura 92: MoveTec: percurso do primeiro piloto na CNC. 219
Figura 93: Do piloto à operação e à escala. 226
Figura 94: Modelo mínimo de responsabilidade em operação. 228
Figura 95: Deteção, decisão e resposta em operação. 229
Figura 96: Monitorização de IA em operação: sistema, dados e contexto. 231
Figura 97: Desempenho do sistema. 232
Figura 98: Qualidade dos dados. 233
Figura 99: Gestão da mudança. 236
Figura 100: Formação orientada ao caso 237
Figura 101: Fornecedores, suporte e níveis de serviço 238
Figura 102: Fornecedor e dependência do fornecedor 239
Figura 103: Custo total de propriedade de uma solução de IA. 240
Figura 104: Quando e como escalar. 242
Figura 105: MoveTec: do piloto da CNC à operação e à escala. 244
Figura 106: Ecossistema que potencia a adoção de IA. 252
Figura 107: Que apoio procurar em cada fase? 254
Figura 108: Academia, centro tecnológico, EDIH ou Test Bed? 258
Figura 109: Tâmega e Sousa: portas de entrada e ligações ao ecossistema. 261
Figura 110: Três passos para trabalhar com parceiros 262
Figura 111: Briefing de uma página para um parceiro. 262
Figura 112: O que garantir na transferência 265
Figura 113: MoveTec e o apoio externo. 266

Cofinanciado pela União Europeia

Figura 114: Percurso de aprendizagem e decisão.....273
Figura 115: Dez princípios para começar com IA.....274
Figura 116: Plano dos primeiros 90 dias.....276
Figura 117: O que fazer nos primeiros 30 dias.....276
Figura 118: Escolher os problemas.....277
Figura 119: Medir e mapear.....277
Figura 120: Ferramentas para selecionar oportunidades.....278
Figura 121: Escolher o próximo passo.....278
Figura 122: Resultado dos 30 dias.....279
Figura 123: Fechar lacunas e testar a hipótese.....280
Figura 124: Entregáveis da preparação e da prova de conceito.....280
Figura 125: Dias 61 a 90.....281
Figura 126: Ponto de decisão para avançar para experimentação prática.....282
Figura 127: Smart Academy como ponte.....285
Figura 128: MoveTec: síntese do percurso completo.....286
Figura 129: Prontidão para IA por dimensão.....308

Cofinanciado pela União Europeia

Índice de tabelas

Tabela 1: Guias de capacitação do projeto TWINS4TS. 15
Tabela 2: Guia de leitura por momento de maturidade da PME. 17
Tabela 3: Ponto de partida da empresa fictícia MoveTec no presente Guia 19
Tabela 4: IA, automação, Business Intelligence e Data Analytics. 44
Tabela 5: Mapa prático de oportunidades de IA numa PME industrial. 79
Tabela 6: Nível de prontidão e respetivas orientações. 107
Tabela 7: Exemplo contínuo MoveTec. 108
Tabela 8: Exemplo pedagógico (metalomecânica). 118
Tabela 9: Exemplo pedagógico (Mobiliário, madeira e componentes industriais). 120
Tabela 10: Exemplo pedagógico (Têxtil e vestuário) 122
Tabela 11: Exemplo pedagógico (Calçado e couro) 124
Tabela 12: Exemplo pedagógico (Agroalimentar). 126
Tabela 13: Aplicações transversais a diferentes setores. 127
Tabela 14: Como adaptar um caso à própria empresa. 133
Tabela 15: MoveTec - Caso 1 analisado em profundidade. 134
Tabela 16: MoveTec - Caso 2 analisado em profundidade. 135
Tabela 17: Estabelecer a referência inicial. 146
Tabela 18: Definir objetivo e resultado esperado. 146
Tabela 19: Valor potencial. 151
Tabela 20: Viabilidade técnica. 152
Tabela 21: Risco, criticidade e reversibilidade. 154
Tabela 22: Custos e recursos necessários. 155
Tabela 23: Construir a análise de viabilidade. 156
Tabela 24: Desenvolver, comprar, adaptar ou contratar? 159
Tabela 25: Ponto de decisão: avançar, preparar, adiar ou rejeitar 162
Tabela 26: Ponto de decisão: avançar, preparar, adiar ou rejeitar (MoveTec) 163
Tabela 27: Risco proporcional ao contexto de utilização. 171

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 28: Erro e incerteza.....172
Tabela 29: Transparência, explicabilidade e rastreabilidade. 176
Tabela 30: Alterações de desempenho e model drift. 179
Tabela 31: IA generativa: alucinações e validação.....180
Tabela 32: Privacidade e proteção de dados.....182
Tabela 33: Confidencialidade e propriedade intelectual.....183
Tabela 34: Cibersegurança dos sistemas de IA.....185
Tabela 35: Sustentabilidade e consumo computacional.....190
Tabela 36: Política mínima de utilização responsável de IA.....191
Tabela 37: Política mínima de utilização responsável de IA - MoveTec. 193
Tabela 38: Prova de conceito e piloto.....201
Tabela 39: O que deve um piloto provar? 202
Tabela 40: Definir a equipa necessária.....205
Tabela 41: Clarificar papéis e responsabilidades.....206
Tabela 42: Selecionar tecnologia e parceiro. 208
Tabela 43: Desenvolver ou configurar a PoC.....210
Tabela 44: Validação técnica. 213
Tabela 45: Validação operacional.....214
Tabela 46: Validação com utilizadores. 215
Tabela 47: Supervisão humana e tratamento de exceções. 216
Tabela 48: Comparar resultados com a referência inicial. 217
Tabela 49: Ponto de decisão: parar, ajustar, manter ou avançar.....221
Tabela 50: O que muda quando a IA entra em operação? 227
Tabela 51: Integração com sistemas e equipamentos. 230
Tabela 52: Contexto de utilização.....234
Tabela 53: Atualizações, manutenção e documentação. 235
Tabela 54: Fornecedores, suporte e níveis de serviço. 239
Tabela 55: Medir resultados e custo total de propriedade (TCO). 241
Tabela 56: Quando e como escalar. 242

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 57: Integrar IA no roteiro de transformação digital. 243
Tabela 58: Quando procurar apoio externo. 253
Tabela 59: Academia e centros de investigação....255
Tabela 60: Centros tecnológicos e entidades setoriais....257
Tabela 61: Test Beds e infraestruturas de experimentação. 259
Tabela 62: Como avaliar parceiros e fornecedores. 263
Tabela 63: Transferência de conhecimento e autonomia. 265
Tabela 64: Financiamento: oportunidades e cuidados. 268
Tabela 65: Dez princípios para começar com IA. 275
Tabela 66: Recursos de capacitação complementares....283
Tabela 67: Ligação à Smart Academy TWINS4TS. 285
Tabela 68: Glossário. 291
Tabela 69: Siglas e acrónimos. 295
Tabela 70: Autoavaliação de prontidão para IA. 306
Tabela 71: Canvas de Oportunidade de IA. 309
Tabela 72: Checklist de dados mínimos. 310
Tabela 73 Matriz Valor × Viabilidade 311
Tabela 74: Análise de viabilidade simplificada. 312
Tabela 75: Ficha de referência inicial e KPIs. 313
Tabela 76: Ficha de projeto-piloto. 314
Tabela 77: Registo de riscos de IA. 315
Tabela 78: Checklist de IA responsável. 316
Tabela 79: Checklist de avaliação de fornecedor. 318
Tabela 80: Ponto de decisão. 319
Tabela 81: Plano de 90 dias. 320
Tabela 82: Como utilizar as ferramentas em conjunto. 321

Cofinanciado pela União Europeia

Sobre este guia

Enquadramento do guia no projeto TWINS4TS

O projeto TWINS4TS pretende acelerar a adoção de tecnologias digitais avançadas pelas PME industriais do Tâmega e Sousa, com particular incidência em Inteligência Artificial e *Digital Twins*. O percurso público do projeto combina sensibilização, capacitação e apoio à preparação de decisões tecnológicas pelas empresas. [R1]

Entre os recursos previstos no TWINS4TS encontram-se Guias de Capacitação destinados a apoiar as empresas na compreensão e adoção gradual de tecnologias digitais avançadas. Estes materiais complementam as restantes ações de sensibilização e capacitação do projeto e devem ser utilizados de forma prática e modular. [R2]

"Fundamentos de IA para PMEs Industriais: Um guia prático" integra esse conjunto de recursos. A sua função não é transformar gestores ou responsáveis industriais em especialistas de ciência de dados. O objetivo é dar-lhes literacia suficiente para reconhecer problemas onde a IA pode acrescentar valor, avaliar se a empresa possui condições mínimas para avançar, comparar alternativas, controlar riscos, preparar uma experiência e tomar decisões fundamentadas. [R2]

Tabela 1: Guias de capacitação do projeto TWINS4TS.

Guias de capacitação - Transformação digital para PMEs industriais
Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PMEs industriais
Segurança Primeiro: Cibersegurança essencial para PMEs industriais
Fundamentos de IA para PMEs Industriais: Um guia prático
Inteligência Competitiva: Utilizar *Big Data* para decisões estratégicas em PMEs industriais
Nuvem para PMEs Industriais: Maximizar recursos com computação em nuvem

Cofinanciado pela União Europeia

Guias de capacitação - Transformação digital para PMEs industriais
Manufatura Aditiva para PMEs Industriais: Da prototipagem à produção
Realidade Aumentada e Virtual na Indústria: Aplicações práticas para PMEs
Blockchain na Cadeia de fornecimento Industrial: Um guia para PMEs
Robótica Colaborativa: Integrar *cobots* em PMEs industriais
Gestão de Dados Industriais: Estratégias para PMEs na era do *Big Data*

Fonte: elaboração própria TWINS4TS, com base na estrutura de recursos de capacitação do projeto.

Em "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais", a PME é conduzida da compreensão do contexto até ao diagnóstico de maturidade, à definição de prioridades, à experimentação e à escala.

Neste guia, a pergunta muda. Já não se trata apenas de saber como organizar um percurso geral de transformação digital, mas de perceber onde a Inteligência Artificial pode criar valor, que condições mínimas exige e como testar uma hipótese de utilização sem perder controlo sobre a decisão. Em continuidade com "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais", o percurso passa agora da transformação digital em sentido amplo para a avaliação e experimentação responsável de aplicações de IA. [R2]

No percurso público do TWINS4TS, os guias de capacitação articulam-se com outras ações de sensibilização, capacitação e aprendizagem prática dirigidas às PME industriais da região. [R1]; [R2]

Ideia central do guia: compreender a IA é importante; saber quando, porquê e como a utilizar é ainda mais importante.

Cofinanciado pela União Europeia

Como utilizar este guia

Este guia foi organizado para apoiar uma leitura sequencial e, ao mesmo tempo, permitir uma consulta rápida por necessidade. A sua estrutura combina enquadramento, tomada de decisão, exemplos práticos, ferramentas de apoio e próximos passos, com elementos visuais colocados nos momentos em que ajudam a clarificar conceitos, orientar escolhas ou apoiar a ação.



Figura 1: Mapa geral de utilização do guia como instrumento de decisão.

Fonte: elaboração própria.

Uma PME no início do percurso deverá começar pelos Capítulos 1 a 4, para compreender os conceitos essenciais, reconhecer oportunidades e avaliar a sua preparação. Uma PME que já tenha um caso identificado poderá avançar para os Capítulos 5 a 8, onde são analisados casos de aplicação, priorização, riscos e desenho do primeiro piloto. Uma empresa com um piloto em curso deverá consultar sobretudo os Capítulos 8 e 9. O Capítulo 10 apresenta o ecossistema de apoio; o Capítulo 11 consolida as conclusões e os próximos passos; e o Anexo A reúne as ferramentas reutilizáveis.

Tabela 2: Guia de leitura por momento de maturidade da PME.

Momento da empresa	Capítulos úteis	Decisão apoiada
Compreender e identificar	Capítulos 1 a 3	Compreender a IA, reconhecer onde pode criar valor e formular oportunidades.
Avaliar e preparar	Capítulos 4 a 7	Avaliar prontidão, aprender com casos, escolher o primeiro caso e definir salvaguardas.

Cofinanciado pela União Europeia

Momento da empresa	Capítulos úteis	Decisão apoiada
Experimentar e operar	Capítulos 8 e 9	Desenhar o piloto, produzir evidência, preparar operação, monitorização e eventual expansão.
Aplicar e decidir	Capítulos 10 e 11 e Anexo A	Mobilizar apoio externo, consolidar os próximos passos e utilizar as ferramentas de apoio à decisão.

Fonte: Elaboração própria.

O percurso principal integra nove etapas:



Figura 2: Percurso principal do Guia.

Fonte: elaboração própria.

A mobilização do ecossistema é transversal. A evidência pode justificar regressar a uma etapa anterior para corrigir lacunas ou rever decisões.

Como abordar cada capítulo

Cada capítulo começa com uma pergunta-guia, objetivos explícitos e um resultado esperado. Esta abertura permite ao leitor perceber rapidamente porque está a ler a secção, que decisões deve conseguir tomar e que competência deverá consolidar no final.

Empresa fictícia utilizada como exemplo

Em continuidade com "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais", este guia volta a utilizar a MoveTec, uma PME industrial fictícia do Tâmega e Sousa, para demonstrar de forma progressiva como uma empresa pode transformar uma intenção genérica de utilizar Inteligência Artificial numa decisão estruturada, testável e controlada. A MoveTec não representa uma empresa real e os seus dados, decisões e resultados têm finalidade exclusivamente pedagógica.

Tabela 3: Ponto de partida da empresa fictícia MoveTec no presente Guia.

Elemento	Descrição
Setor	Mobiliário técnico e componentes industriais personalizados.
Processos principais	Corte, maquinação CNC, acabamento, montagem, controlo final, expedição e atividades de manutenção associadas aos equipamentos produtivos.
Sistemas atuais	ERP básico, folhas de cálculo e máquinas com alguns dados exportáveis. A informação necessária para analisar produção, paragens, manutenção e qualidade encontra-se ainda parcialmente dispersa.
Situação da manutenção	Parte das atividades de manutenção continua suportada por registos e procedimentos pouco integrados. As causas de paragem e as intervenções realizadas não estão ainda totalmente normalizadas.

Cofinanciado pela União Europeia

Elemento	Descrição
Problema prioritário neste Guia	Paragens inesperadas numa máquina CNC crítica, com impacto operacional e informação histórica ainda insuficientemente estruturada para determinar, à partida, se uma solução de IA criará valor.
Caso principal a explorar	Avaliar se a deteção de anomalias e a análise de padrões nos dados da CNC podem apoiar a equipa de manutenção na identificação antecipada de comportamentos relevantes.
Oportunidades secundárias	Visão computacional para apoio ao controlo de qualidade e utilização controlada de IA generativa para pesquisa e consulta de documentação técnica.
Condições iniciais	Existe conhecimento do processo e alguns dados disponíveis, mas permanecem lacunas ao nível da referência inicial, qualidade e contextualização dos dados, ligação entre eventos e manutenção, responsabilidades e governação do futuro caso.
Ambição para IA	Passar de uma intenção genérica de "utilizar IA" para uma capacidade de identificar oportunidades, avaliar prontidão, comparar alternativas, testar hipóteses e decidir com base em evidência.
Critério de prudência	Começar por problemas delimitados, experiências pequenas, mensuráveis e reversíveis, mantendo supervisão humana e critérios explícitos para avançar, ajustar ou parar.
Utilização no Guia	Exemplo transversal utilizado para aplicar os conceitos de valor, prontidão, dados, risco, seleção do primeiro caso, piloto, operação, escala e recurso ao ecossistema de apoio.

Fonte: elaboração própria para fins pedagógicos, em continuidade com a MoveTec apresentada em "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais" [R2].

Nota sobre utilização de Inteligência Artificial

A estrutura editorial e os elementos visuais deste guia foram preparados com apoio de ferramentas de inteligência artificial generativa. O conteúdo publicado foi sujeito a revisão humana pela equipa do projeto. Os elementos visuais apoiados por IA têm finalidade pedagógica e não constituem cartografia oficial, especificações de engenharia,

Cofinanciado pela União Europeia

instruções de segurança ou parecer técnico. Para decisões técnicas, jurídicas, de segurança, acessibilidade e conformidade, devem ser consultadas as fontes primárias e os profissionais competentes.

Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

1 Introdução

Cofinanciado pela União Europeia

1 Introdução

Pergunta-guia

- Porque é que a Inteligência Artificial se tornou relevante para as PME industriais e como deve uma empresa enquadrá-la antes de decidir investir?

Objetivos do capítulo

- Enquadrar este Guia no projeto TWINS4TS e no percurso de capacitação dirigido às PME industriais;
- Explicar por que razão a Inteligência Artificial adquiriu maior relevância prática para as empresas, distinguindo evolução real de expectativas excessivas;
- Clarificar que a IA deve ser encarada como uma ferramenta para resolver problemas e apoiar objetivos empresariais, e não como um objetivo tecnológico em si mesma;
- Identificar oportunidades e limitações particularmente relevantes para PME industriais;
- Relacionar estas oportunidades com a estrutura produtiva do Tâmega e Sousa;
- Estabelecer a continuidade entre o "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais", este Guia e os restantes Guias de Capacitação TWINS4TS;
- Apresentar o ponto de partida da MoveTec para o seu percurso de adoção de IA.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá compreender por que razão a IA pode ser relevante para uma PME industrial, reconhecer que a sua adoção não constitui um fim em si mesma e perceber que qualquer iniciativa deve começar por um problema

Cofinanciado pela União Europeia

ou oportunidade concretos. Deverá ainda compreender que o valor de uma solução de IA depende de condições como a qualidade dos dados, a compreensão do processo, as competências disponíveis, a integração tecnológica, os riscos e a capacidade de medir resultados. O leitor deverá também perceber como este Guia se articula com o percurso iniciado no "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais", com os restantes Guias TWINS4TS e com as futuras oportunidades de experimentação prática do projeto.

Cofinanciado pela União Europeia

1.1 Porque ganhou a IA relevância para a indústria

A Inteligência Artificial (IA) não é uma tecnologia inteiramente nova. O que se alterou nos últimos anos foi a combinação entre maior disponibilidade de dados digitais, capacidade computacional, conectividade, desenvolvimento de *software* e acesso mais simples a diferentes tipos de soluções de IA. Estas condições aumentaram o número de aplicações que podem ser utilizadas pelas empresas e reduziram, em alguns contextos, a distância entre investigação tecnológica e utilização empresarial. [R3]; [R4]; [R5]

Os dados oficiais mostram que esta evolução já está a traduzir-se numa utilização empresarial crescente, embora ainda muito desigual. Em 2025, 20,0% das empresas da União Europeia com pelo menos 10 pessoas ao serviço utilizavam uma ou mais tecnologias de IA, comparativamente a 13,5% em 2024 e 8,1% em 2023. [R3]

A dimensão da empresa continua, contudo, a fazer uma diferença significativa. Em 2025, utilizavam IA 17,0% das pequenas empresas, 30,4% das médias e 55,0% das grandes empresas da União Europeia. Em Portugal, os valores correspondentes eram 9,4%, 18,2% e 49,2%, respetivamente, sendo a utilização registada no conjunto das empresas portuguesas de 11,5%. [R3]

Cofinanciado pela União Europeia

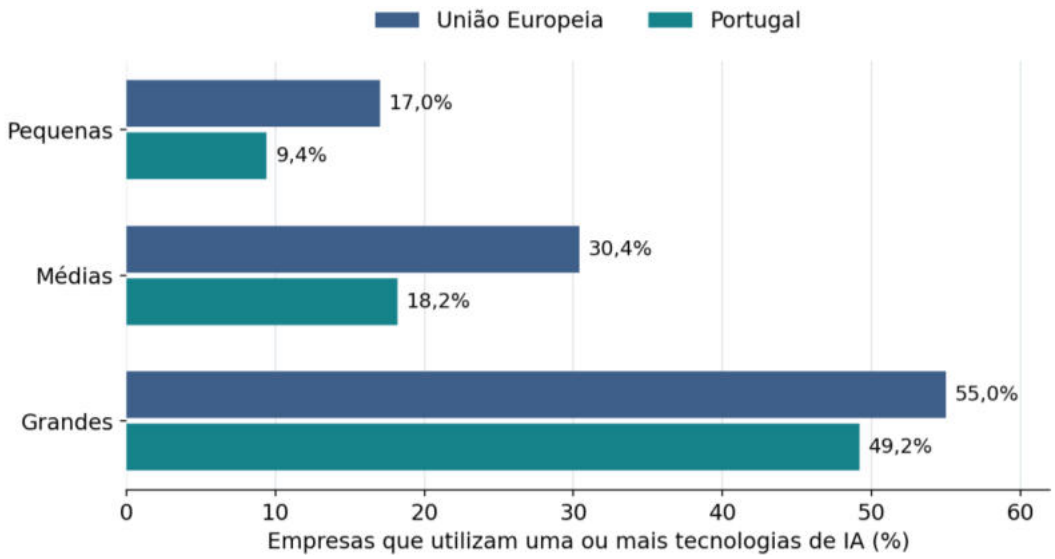


Figura 3: Adoção de tecnologias de IA segundo a dimensão da empresa em 2025.

Fonte: Eurostat, 2026 [R3].

Universo: empresas com pelo menos 10 pessoas ao serviço, nos setores abrangidos pelo inquérito do Eurostat; pequenas de 10 a 49, médias de 50 a 249 e grandes com 250 ou mais pessoas.

Os números permitem retirar duas conclusões importantes. A primeira é que a IA está efetivamente a entrar no funcionamento das empresas. A segunda é que essa adoção está longe de ser generalizada, sobretudo entre organizações de menor dimensão. Portanto, a crescente relevância da IA não significa que todas as empresas já a utilizem, nem que todas devam fazê-lo imediatamente. [R3]; [R4]

O Relatório de Portugal sobre a Década Digital de 2025 identifica uma infraestrutura de conectividade sólida e progressos nos serviços públicos digitais, mas assinala dificuldades na adoção de IA pelas empresas. Este contexto ajuda a compreender a necessidade de preparação e capacitação das PME. [R4]

Ao mesmo tempo, as aplicações disponíveis tornaram-se mais diversificadas. A IA pode atualmente surgir em sistemas que analisam texto, identificam objetos em imagens, detetam padrões em dados, apoiam decisões, automatizam determinados fluxos de trabalho ou geram novos conteúdos. Para uma PME industrial, esta diversidade pode traduzir-se em possibilidades tão distintas como apoiar a identificação de anomalias num equipamento, analisar defeitos através de imagem, apoiar previsões, pesquisar

documentação técnica ou auxiliar determinadas tarefas administrativas. As diferenças entre estas famílias de aplicação serão aprofundadas nos capítulos seguintes. [R3]

A conclusão a retirar não é, portanto, que a indústria está perante uma tecnologia que deve ser adotada a qualquer custo. É antes que a IA passou a constituir uma opção suficientemente relevante para que os decisores empresariais compreendam o seu potencial, as suas limitações e os critérios necessários para decidir quando faz sentido utilizá-la. [R3]; [R4]

1.2 A IA como ferramenta de negócio, não como objetivo tecnológico

Um dos erros mais frequentes na adoção de tecnologia consiste em começar pela solução: "Que sistema de IA devemos comprar?" A pergunta deveria surgir mais tarde. [R2]; [R5]

Antes de discutir algoritmos, plataformas ou fornecedores, a empresa deve conseguir explicar que problema pretende resolver, em que processo ocorre, como é atualmente medido e que melhoria espera alcançar. [R2]; [R5]

Este princípio dá continuidade ao método estabelecido no "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais": a transformação digital deve partir dos problemas e objetivos da organização, e não da aquisição isolada de tecnologia. A mesma lógica torna-se ainda mais importante em projetos de IA, porque a adequação da solução depende fortemente do processo, dos dados disponíveis e da forma como o resultado será utilizado. [R2]

Cofinanciado pela União Europeia

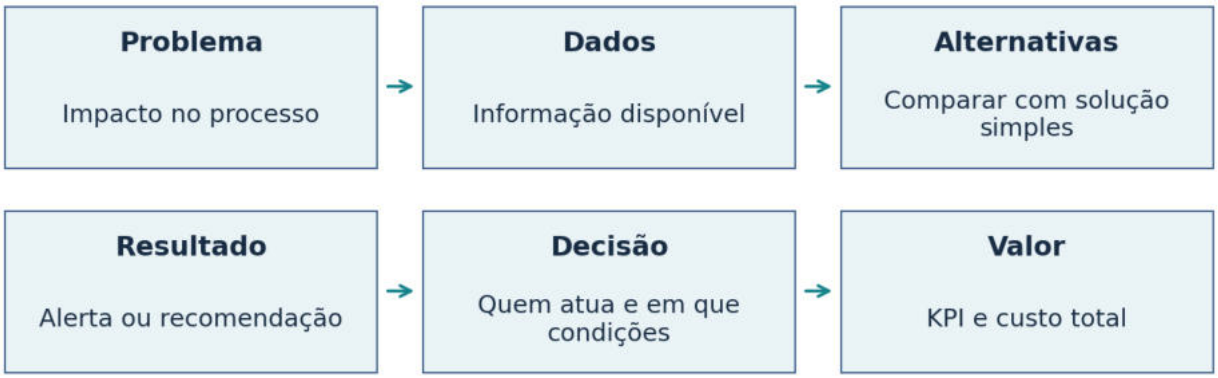


Figura 4: Do problema ao valor.

Fonte: Elaboração própria assistida por IA.

Um problema de paragens frequentes numa máquina, por exemplo, não significa automaticamente que a empresa precise de "manutenção preditiva com IA". É necessário perceber primeiro a frequência e impacto dessas paragens, conhecer as causas já identificadas, avaliar os dados disponíveis, determinar se esses dados permitem encontrar padrões úteis e comparar uma eventual solução de IA com alternativas mais simples. [R2]; [R5]

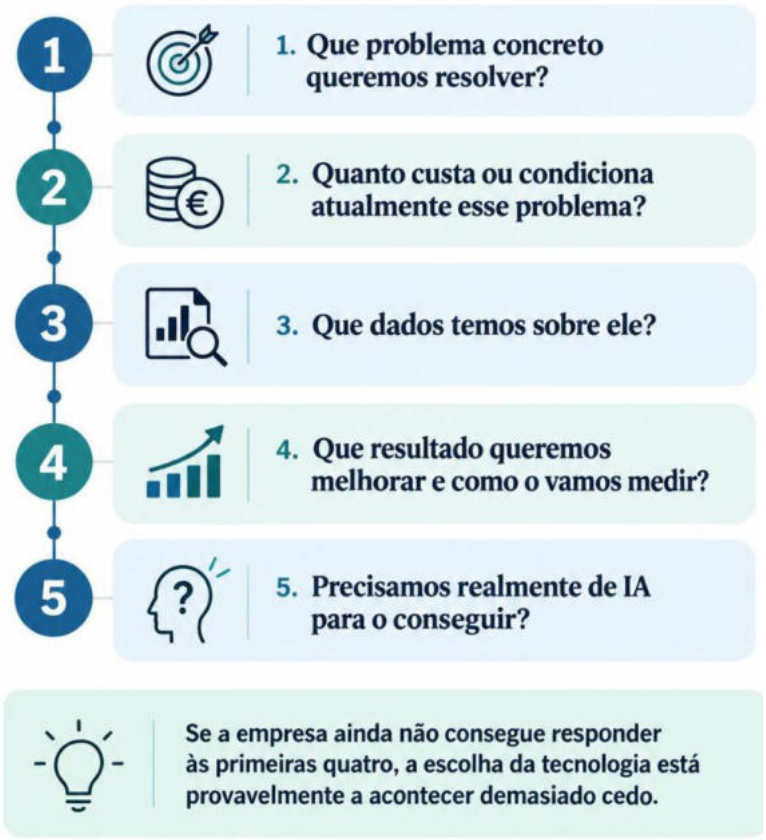


Figura 5: Perguntas antes de escolher tecnologia.

Fonte: elaboração própria para fins pedagógicos.

Em determinadas situações, a resposta adequada poderá ser IA. Noutras poderá bastar melhorar o registo das avarias, criar alertas baseados em regras, integrar informação que estava dispersa, utilizar análise estatística ou corrigir o próprio processo. Uma solução tecnologicamente menos sofisticada pode ser a melhor decisão empresarial se resolver o problema com menor custo, menor risco e maior facilidade de manutenção. [R2]; [R5]

A OCDE sublinha precisamente que a adoção de IA pelas PME depende de condições diferentes entre empresas, incluindo a maturidade digital, complexidade da utilização pretendida e âmbito da aplicação. Identifica ainda como fatores facilitadores a conectividade, os dados, a capacidade computacional, as competências e o financiamento. [R5]

Cofinanciado pela União Europeia

1.3 Oportunidades e limitações específicas das PME industriais

A IA pode apoiar diferentes tipos de problemas empresariais e industriais. Entre os exemplos encontram-se a identificação de padrões difíceis de reconhecer manualmente, deteção de anomalias, apoio à inspeção, previsão, apoio ao planeamento, organização de informação e pesquisa de conhecimento interno. Estas aplicações serão aprofundadas mais adiante, sempre associadas a problemas, dados e indicadores concretos. [R3]; [R5]



Figura 6: Pressões que levam a PME industrial a olhar para a IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R3]; [R5].

No entanto, o potencial tecnológico não elimina os obstáculos à adoção. Os dados europeus de 2025 mostram que, entre as empresas da indústria transformadora que já tinham considerado utilizar IA, mas não avançaram, a barreira mais reportada era a falta de competências relevantes, indicada por 71,1% dessas empresas. Seguiam-se a falta de clareza sobre consequências jurídicas (51,1%), preocupações relacionadas com proteção de dados e privacidade (49,0%), dificuldades com disponibilidade ou qualidade dos

Cofinanciado pela União Europeia

dados (45,3%), incompatibilidade com equipamentos, *software* ou sistemas existentes (44,7%) e custos considerados elevados (39,8%). [R3]

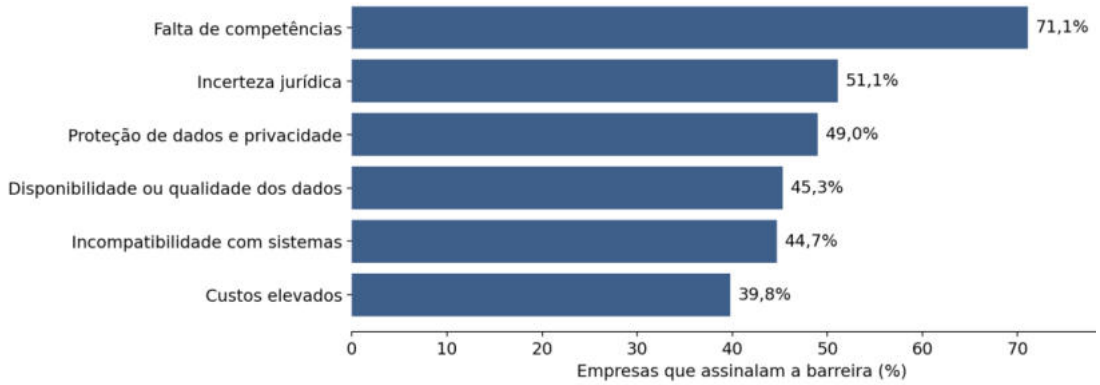


Figura 7: Principais barreiras declaradas, em 2025, pelas empresas da indústria transformadora da União Europeia que ponderaram utilizar IA mas não a adotaram.

Fonte: Eurostat, 2026 [R3].

Estes resultados ajudam a contrariar uma ideia simplificadora: o maior obstáculo à IA não é necessariamente o acesso ao algoritmo. Para muitas organizações, os desafios estão nas competências, nos dados, na integração, na governação e na capacidade de incorporar a solução no funcionamento quotidiano. [R3]; [R5]

Nas PME, estes desafios podem tornar-se particularmente relevantes. Equipas mais pequenas acumulam responsabilidades, os recursos de investimento são geralmente mais limitados e pode não existir internamente uma equipa especializada em dados ou IA. A OCDE observa que a adoção de IA pelas PME continua abaixo da das grandes empresas e identifica precisamente competências, dados, capacidade tecnológica e financiamento entre os principais fatores necessários para uma adoção bem-sucedida. [R5]

Isto não significa que uma PME tenha de construir uma grande equipa de ciência de dados antes de experimentar IA. Significa que deve ajustar a ambição do projeto à sua capacidade real. Um primeiro caso deve ser suficientemente pequeno para ser controlável, suficientemente importante para poder gerar valor, mensurável através de

Cofinanciado pela União Europeia

indicadores e, sempre que possível, reversível caso os resultados não sejam satisfatórios. [R3]; [R5]

O recurso a fornecedores, centros tecnológicos, universidades ou outras entidades do ecossistema pode ajudar a colmatar lacunas de capacidade. Contudo, o apoio externo não deve retirar à PME o controlo sobre aspetos fundamentais: qual é o problema, que dados são utilizados, que resultado está a ser medido, que riscos são aceitáveis e quem decide se a solução deve continuar. [R3]; [R5]

Princípio para a PME: Começar pequeno não significa pensar pequeno. Significa reduzir incerteza antes de aumentar o investimento.

1.4 MoveTec - o ponto de partida para a IA

A MoveTec já iniciou o seu percurso de transformação digital, mas pretende agora perceber se a Inteligência Artificial pode ajudar a resolver alguns dos seus problemas operacionais. [R2]; [R11]

Um dos desafios identificados são as paragens inesperadas de uma máquina CNC crítica. A empresa dispõe de alguns dados exportáveis da máquina e de conhecimento interno sobre o equipamento, mas os registos de paragens, causas e intervenções de manutenção ainda não estão suficientemente estruturados. [R11]

Primeira ideia de gestão: "Podemos utilizar IA para antecipar problemas nesta CNC?"

Neste Guia, a MoveTec não começa por escolher uma tecnologia ou um fornecedor. Começa por reformular a questão:

"Que problema queremos reduzir, que dados temos e que evidência precisamos para perceber se a IA faz sentido?"

Cofinanciado pela União Europeia

Será esta a lógica seguida ao longo dos capítulos:



Figura 8: Percurso de aprendizagem e decisão.

Fonte: Elaboração própria *assistida por IA* [R11]; [R29].

Além do caso da CNC, serão utilizados pontualmente dois exemplos complementares: visão computacional no controlo de qualidade e IA generativa para apoio à consulta de documentação técnica.

Decisão da MoveTec neste capítulo: antes de implementar IA, compreender e medir suficientemente bem o problema.

1.5 Mensagens-chave do capítulo

1. A Inteligência Artificial tornou-se uma opção empresarial cada vez mais relevante.

A maior disponibilidade de dados, capacidade computacional, conectividade e soluções acessíveis ampliou as possibilidades de utilização da IA pelas empresas e aproximou estas tecnologias de contextos industriais reais. [R3]; [R4]; [R5]

2. A adoção de IA continua longe de ser generalizada.

As taxas de utilização diferem significativamente consoante a dimensão das empresas e o contexto nacional, sendo particularmente importante reconhecer os desafios ainda enfrentados pelas PME e por Portugal. [R3]; [R4]

3. Nas PME industriais, as principais limitações não são apenas tecnológicas.

Competências, disponibilidade e qualidade dos dados, integração com sistemas existentes, custos, enquadramento jurídico e capacidade organizacional condicionam a adoção e o valor que pode ser obtido. [R3]; [R5]

4. O contexto de cada PME condiciona a utilidade da IA.

Equipamentos, processos, produtos, dados, competências e prioridades variam entre empresas e setores, pelo que uma aplicação bem-sucedida numa organização não deve ser automaticamente transposta para outra. [R5]; [R11]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

2 Compreender a Inteligência Artificial

Cofinanciado pela União Europeia

2 Compreender a Inteligência Artificial

Pergunta-guia

- O que é a Inteligência Artificial e que conceitos precisa realmente uma PME industrial de compreender para tomar decisões informadas?

Objetivos do capítulo

- Definir Inteligência Artificial de forma clara, rigorosa e útil para um decisor empresarial;
- Distinguir IA de automação, *Business Intelligence* e *Analytics*;
- Explicar *Machine Learning* e *Deep Learning* sem recurso a programação ou matemática;
- Apresentar IA generativa, modelos de linguagem e visão computacional no contexto das aplicações empresariais;
- Distinguir previsão, classificação, deteção de anomalias e otimização;
- Explicar, de forma simplificada, como dados, modelo, resultado e decisão se relacionam;
- Clarificar capacidades e limitações dos sistemas de IA;
- Evidenciar o papel das pessoas na validação, supervisão e utilização dos resultados produzidos pela IA;

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir distinguir automação, *Business Intelligence*, *Analytics*, *Machine Learning*, *Deep Learning*, visão computacional e IA generativa; reconhecer que estes conceitos podem relacionar-se sem serem

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

equivalentes; e compreender que a saída de um modelo não corresponde automaticamente a uma decisão empresarial. Deverá ainda ser capaz de formular melhor um problema antes de discutir tecnologia.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa
P.PORTO
COMPETE 2030
PORTUGAL 2030
Cofinanciado pela União Europeia

2.1 O que é a Inteligência Artificial?

A expressão Inteligência Artificial (IA) designa um domínio amplo no qual coexistem diferentes técnicas, modelos e formas de aplicação. Não existe, por isso, uma única "tecnologia de IA" identificável com um produto, programa ou algoritmo específico. [R7]; [R8]

O Regulamento Europeu da Inteligência Artificial - *AI Act* define um sistema de IA como um sistema baseado em máquinas que pode operar com diferentes níveis de autonomia e que, a partir das entradas que recebe, infere como gerar resultados como previsões, conteúdos, recomendações ou decisões capazes de influenciar ambientes físicos ou virtuais. A definição admite ainda que determinados sistemas possam apresentar capacidade de adaptação após a implementação. [R6]

A definição adotada pela OCDE segue uma lógica semelhante: um sistema de IA recebe determinadas entradas, realiza um processo de inferência e produz resultados que podem assumir diferentes formas. A atualização da definição procurou criar uma formulação suficientemente abrangente para cobrir tecnologias muito diferentes, sem confundir IA com qualquer sistema informático convencional. [R7]

A ISO/IEC 22989:2022, norma internacional dedicada aos conceitos e terminologia da Inteligência Artificial, estabelece uma base terminológica comum para esta área e confirma a diversidade de técnicas e aplicações abrangidas pelo conceito. [R8]

Para uma PME industrial, porém, mais importante do que memorizar uma definição formal é perceber a lógica que está por detrás dela:

Cofinanciado pela União Europeia

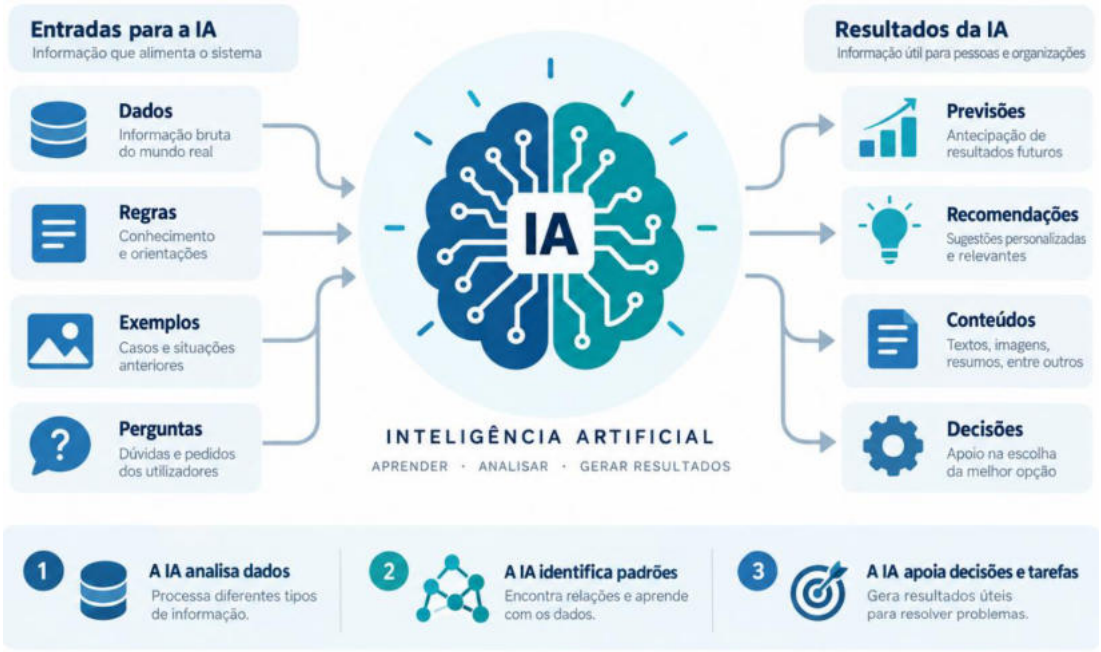


Figura 9: Lógica da IA.

Fonte: Elaboração própria assistida por IA.

Esta sequência ajuda a separar a informação que entra no sistema, o processamento realizado e a forma como a organização utiliza aquilo que é produzido. [R6]; [R7]

A entrada pode ser uma imagem, um documento, dados de sensores, um histórico de vendas, um conjunto de ordens de fabrico ou outra informação. O sistema utiliza um modelo ou outra lógica de inferência para processar essas entradas e produzir um resultado. [R7]; [R8]

O resultado produzido não deve ser confundido automaticamente com a decisão empresarial. Uma aplicação pode indicar que determinada máquina apresenta um comportamento pouco habitual. Isso não significa necessariamente que a máquina esteja avariada nem que deva ser imediatamente parada. O resultado precisa de ser interpretado à luz do processo, do nível de confiança, das consequências do erro e das regras definidas pela empresa. [R7]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Também importa evitar antropomorfismos. Expressões como "a IA pensa", "a IA sabe", "a IA vê" ou "a IA compreende" podem ser úteis na linguagem quotidiana, mas simplificam processos computacionais que são diferentes da cognição humana. Um sistema pode, por exemplo, classificar corretamente milhares de imagens sem compreender o produto, o cliente, o custo de uma rejeição ou as consequências operacionais de um erro. [R7]; [R8]

Mensagem-chave: uma PME não precisa de perguntar se um sistema é inteligente. Precisa de perguntar se produz um resultado útil, suficientemente fiável e adequado ao processo onde será utilizado. [R11]

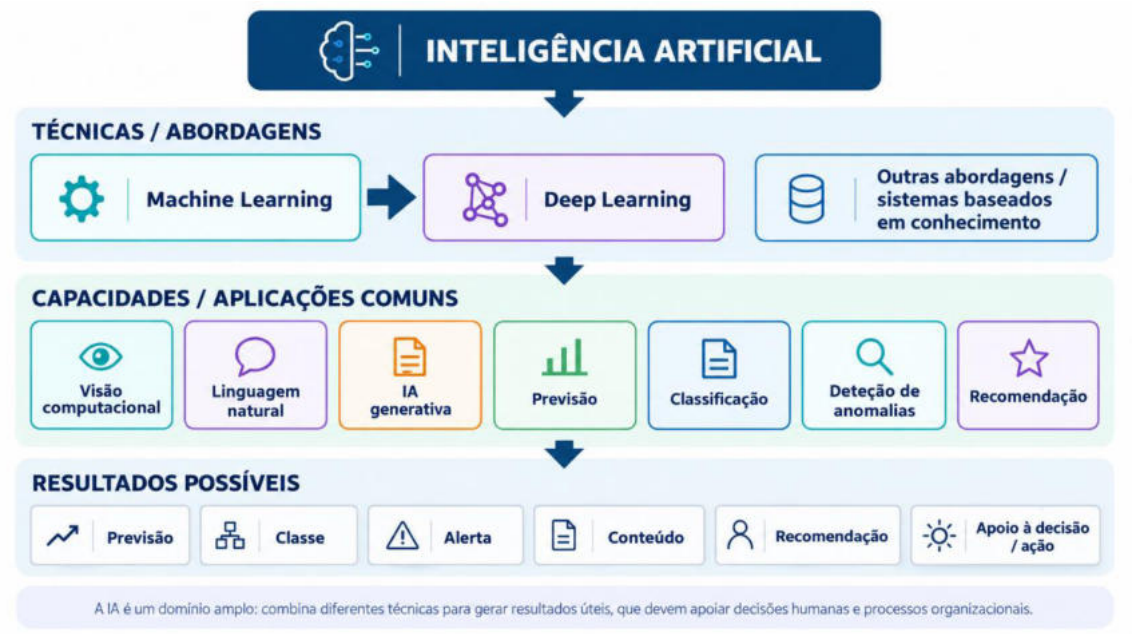


Figura 10: Mapa conceptual da Inteligência Artificial.

Fonte: elaboração própria, com base em [R7], [R8] e [R10].

2.2 IA, automação, *Business Intelligence* e *Data Analytics*

Na utilização empresarial de tecnologia, é importante distinguir sistemas de IA de regras automáticas, ferramentas de análise, painéis de indicadores e outros sistemas digitais. Para uma PME, esta distinção não é apenas terminológica: ajuda a perceber que tipo de

Cofinanciado pela União Europeia

capacidade está efetivamente a ser proposta, que resultado produz e se existe necessidade de recorrer a um sistema de IA. [R6]; [R7]; [R8]

2.2.1 Automação

A automação consiste em fazer com que uma determinada tarefa ou ação seja executada automaticamente segundo condições, instruções ou regras previamente estabelecidas. Uma solução automatizada não é, apenas por esse facto, um sistema de Inteligência Artificial. [R7]; [R8]

Imagine uma CNC em que existe uma temperatura máxima de funcionamento definida. A empresa configura o sistema: "SE temperatura > limite estabelecido → gerar alarme". O sistema não necessita de aprender o limite; o valor foi definido antecipadamente. A automação pode ser simples ou extremamente sofisticada, mas a sua sofisticação não determina, por si só, se estamos perante IA. [R7]; [R8]



Figura 11: Processo de Automação.

Fonte: elaboração própria, com base em [R7]; [R8].

Cofinanciado pela União Europeia

2.2.2 *Business Intelligence*

O *Business Intelligence* (BI) corresponde, em termos práticos, à organização, consolidação e apresentação de informação para permitir que a empresa compreenda melhor o seu desempenho e tome decisões. [R7]; [R8]

Um painel de indicadores industrial pode apresentar unidades produzidas, produtividade por turno, rejeições, eficiência global do equipamento (OEE), disponibilidade de equipamentos, tempos de paragem, consumo energético, encomendas, stocks ou atrasos. O sistema ajuda sobretudo a responder a perguntas como: "O que aconteceu?", "O que está a acontecer?" e "Onde ocorreu o problema?". Não é necessário utilizar IA para criar *Business Intelligence* de elevada qualidade. [R7]; [R8]



Figura 12: Processo de Business Intelligence.

Fonte: elaboração própria, com base em [R7]; [R8].

Cofinanciado pela União Europeia

2.2.3 *Data Analytics*

A análise de dados (*data analytics*) é um conceito mais amplo. O Eurostat descreve-a como a utilização de tecnologias, técnicas ou ferramentas de software para analisar dados, extrair padrões, tendências e conhecimento e apoiar conclusões, previsões e melhores decisões. [R9]

Uma PME que analisa três anos de paragens de máquina, calcula tempos médios, compara turnos, identifica as cinco causas mais frequentes e observa tendências está a realizar Analytics, mesmo que não utilize qualquer modelo de Inteligência Artificial. [R8] [R9]



Figura 13: Processo de Data Analytics.

Fonte: elaboração própria, com base em [R8]; [R9].

Cofinanciado pela União Europeia

2.2.4 Integração das abordagens

A diferença começa a tornar-se mais clara quando existe uma componente de inferência destinada, por exemplo, a reconhecer padrões nos dados, classificar novas observações, estimar valores futuros, produzir recomendações ou gerar conteúdo. [R6]; [R7]

Estas abordagens não são concorrentes e podem coexistir na mesma solução. Um modelo pode identificar uma anomalia; uma regra automática pode criar um alerta; o alerta pode ser apresentado num painel de indicadores; e um técnico pode analisar o evento. [R7]; [R8]

Tabela 4: IA, automação, Business Intelligence e Data Analytics.

Abordagem	Pergunta principal	Exemplo numa PME industrial
Automação	Se acontecer X, o que deve o sistema fazer?	Gerar alarme acima de um limite
Business Intelligence	O que aconteceu ou está a acontecer?	Painel de indicadores de paragens e produção
Analytics	Que padrões ou relações encontramos nos dados?	Comparar causas, equipamentos e turnos
IA / *Machine Learning*	Podemos inferir um resultado a partir dos dados?	Reconhecer comportamento anómalo numa máquina
IA generativa	Podemos gerar ou transformar conteúdo?	Resumir ou pesquisar documentação técnica

Fonte: elaboração própria, com base em [R6], [R7] e [R8].

Mensagem-chave: Ao receber uma proposta de "plataforma de IA", a PME deve perguntar: que parte da solução utiliza efetivamente IA, que problema resolve, que dados utiliza, que resultado produz e como se compara com uma alternativa baseada em regras ou *Analytics* tradicional? [R7]; [R8]

Cofinanciado pela União Europeia

2.3 *Machine Learning* em linguagem empresarial

O *Machine Learning* (ML), ou aprendizagem automática, é uma área da Inteligência Artificial que permite desenvolver modelos capazes de identificar regularidades ou padrões a partir de dados, em vez de exigir que todas as regras necessárias para executar determinada tarefa sejam especificadas antecipadamente por uma pessoa. [R8]

A ISO/IEC 22989:2022 estabelece a terminologia de referência para *Machine Learning* no domínio da Inteligência Artificial e permite enquadrar a aprendizagem automática como uma abordagem em que o comportamento do modelo é desenvolvido a partir de dados ou experiência, distinguindo-a de sistemas baseados exclusivamente em regras explicitamente programadas. [R8]



Figura 14: Como funciona o Machine Learning.

Fonte: elaboração própria, com base em [R8].

Considere-se uma máquina com sensores de temperatura, vibração e corrente. Numa abordagem baseada em regras, a empresa pode estabelecer: "SE vibração > X → gerar alerta". Mas imagine que uma situação problemática surge quando existem combinações entre vibração, temperatura, carga, velocidade e corrente elétrica. Criar manualmente regras para todas essas combinações pode tornar-se difícil. Uma abordagem de *Machine Learning* pode analisar dados históricos e procurar relações ou padrões que ajudem a produzir um resultado útil. [R8]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Treinar não é o mesmo que utilizar

Durante o treino são utilizados dados para construir ou ajustar o modelo. Depois de preparado e validado, o modelo recebe novos dados e produz um resultado - por exemplo: **dados atuais da máquina → modelo → pontuação de anomalia.** [R8]

O verdadeiro objetivo é que o modelo produza resultados suficientemente úteis quando recebe dados novos, nas condições reais em que será utilizado. Um bom desempenho durante o desenvolvimento não garante automaticamente um bom desempenho na fábrica. O NIST salienta a necessidade de avaliar os sistemas relativamente ao respetivo contexto de utilização e às diferenças entre condições controladas e operação real. [R11]

Três formas de aprendizagem - apenas o essencial

1. Aprendizagem supervisionada

Existem exemplos históricos com um resultado conhecido. Exemplo industrial: imagens previamente classificadas como "Conforme" ou "Defeituoso". [R8]

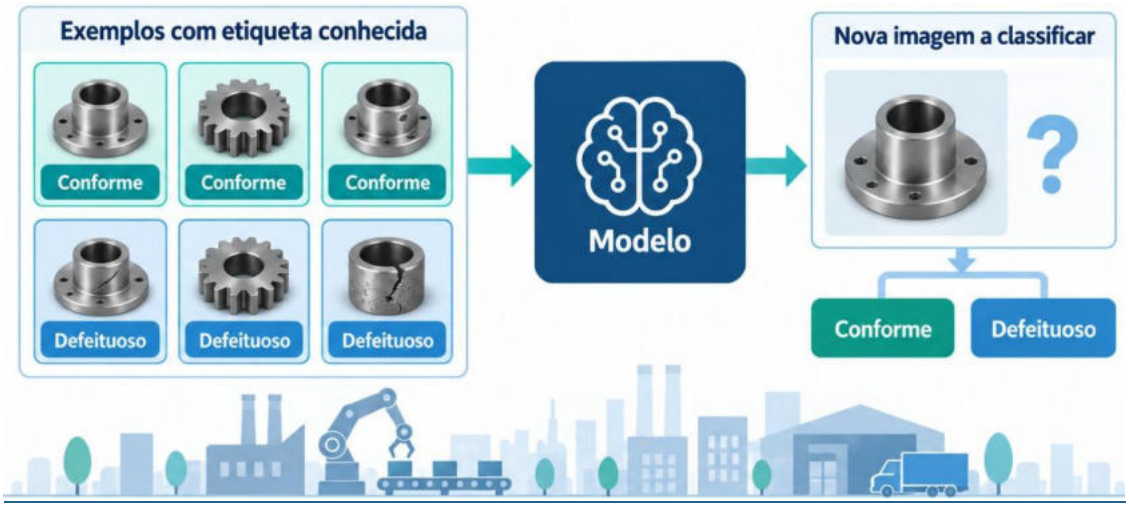


Figura 15: Aprendizagem supervisionada.

Fonte: elaboração própria, com base em [R8].

Cofinanciado pela União Europeia

2. Aprendizagem não supervisionada

Os dados não têm necessariamente uma resposta previamente indicada. O objetivo pode ser encontrar grupos, estruturas ou comportamentos pouco habituais. [R8]

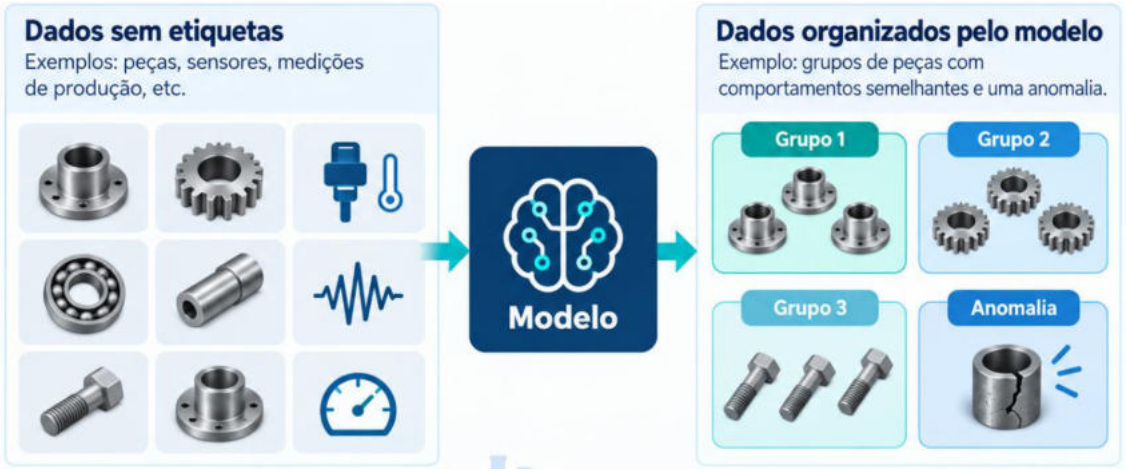


Figura 16: Aprendizagem não supervisionada.

Fonte: elaboração própria, com base em [R8].

3. Aprendizagem por reforço

O sistema aprende através da interação com um ambiente e de sinais associados ao resultado das ações. Esta abordagem pode ser relevante para alguns problemas de controlo ou otimização, mas não é, em regra, o primeiro conceito de que uma PME precisa para iniciar um projeto de IA. [R8]

Cofinanciado pela União Europeia

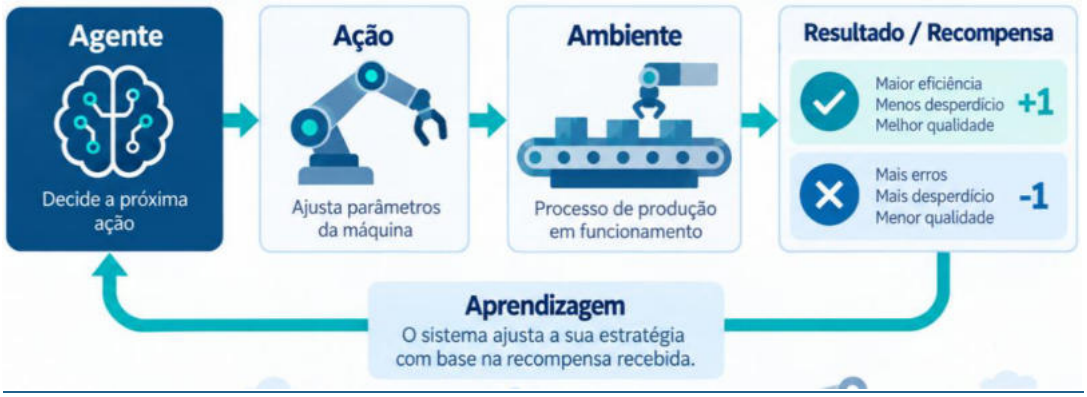


Figura 17: Aprendizagem por reforço.

Fonte: elaboração própria, com base em [R8].

Questão-chave: o que interessa ao gestor? O gestor não precisa de escolher algoritmos. Precisa de perceber se existem exemplos do resultado que quer reconhecer ou se está à procura de padrões ainda não classificados. [R8]

2.3.1 Aprendizagem profunda (*Deep Learning*): quando é relevante conhecer o conceito?

O *Deep Learning*, ou aprendizagem profunda, é uma subárea de *Machine Learning* associada à utilização de redes neuronais com múltiplas camadas. A ISO/IEC 22989:2022 constitui a referência terminológica adequada para enquadrar este conceito. [R8]

Para um gestor industrial, não é necessário compreender matematicamente uma rede neuronal. É importante, contudo, reconhecer o termo porque estas técnicas são utilizadas em aplicações que trabalham com informação complexa, incluindo imagem, vídeo, som, linguagem e outros tipos de dados de elevada dimensionalidade. [R8]

Muitos dos desenvolvimentos recentes em modelos fundacionais e IA generativa estão associados a arquiteturas baseadas em *Deep Learning*. Contudo, "*deep*" não significa

automaticamente "melhor". Uma abordagem mais complexa pode exigir mais dados, capacidade computacional, esforço técnico, validação e manutenção. [R10]; [R11]

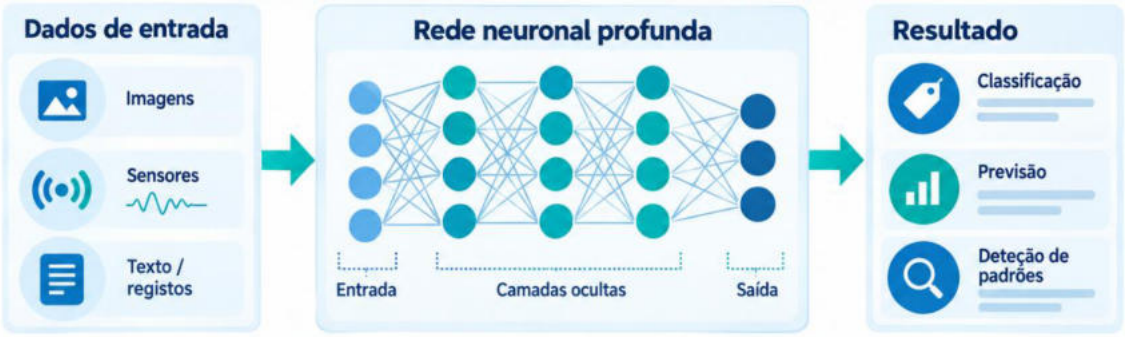


Figura 18: Deep Learning.

Fonte: elaboração própria, com base em [R10]; [R11].

Para problemas estruturados e relativamente delimitados, modelos mais simples - ou mesmo métodos estatísticos tradicionais - podem ser suficientes. Acrescentar complexidade sem ganho mensurável pode significar mais custo, menor interpretabilidade e maior dependência técnica. [R11]

Regra prática: Utilizar a abordagem mais simples que alcance um desempenho adequado ao problema. [R11]

2.4 IA generativa e modelos de linguagem

A IA generativa tornou-se uma das áreas mais visíveis da Inteligência Artificial porque permite que pessoas sem competências técnicas avançadas interajam com modelos através de linguagem natural. O ponto mais importante a estabelecer desde já é simples: a IA generativa é uma família de aplicações de Inteligência Artificial; não é sinónimo de Inteligência Artificial. [R10]; [R12]

Cofinanciado pela União Europeia

A OCDE descreve a evolução recente da IA generativa e dos *Large Language Models* - LLM - como parte de uma geração de modelos capazes de produzir novos conteúdos e suportar aplicações aplicáveis a diferentes tarefas. Muitos destes desenvolvimentos estão associados a modelos fundacionais treinados sobre grandes volumes de informação e posteriormente adaptáveis a múltiplas utilizações. [R10]

Dependendo do sistema, a IA generativa pode produzir texto, imagens, áudio, vídeo, código ou combinações destes conteúdos. Para uma PME industrial, aplicações de texto são particularmente fáceis de imaginar: resumir um manual técnico, procurar informação num conjunto de procedimentos, estruturar notas de manutenção, criar uma primeira versão de uma instrução de trabalho, traduzir documentação ou organizar informação extraída de documentos. [R10]; [R12]

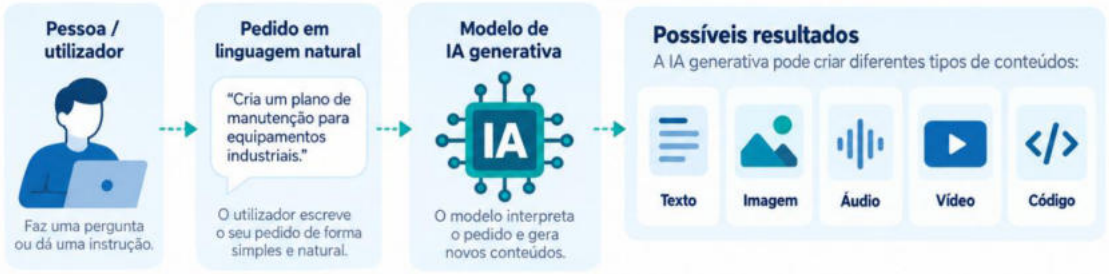


Figura 19: IA generativa.

Fonte: elaboração própria, com base em [R10]; [R12].

O que é um modelo de linguagem?

Um modelo de linguagem processa relações e padrões existentes na linguagem e pode ser utilizado para analisar ou produzir texto. Os *Large Language Models* possuem uma escala muito superior à dos modelos tradicionais e podem realizar um conjunto diversificado de tarefas linguísticas. [R10]

É precisamente aqui que surge um risco importante: um modelo pode produzir um texto fluido, coerente, bem estruturado e tecnicamente plausível e, mesmo assim, apresentar informação incorreta. O NIST utiliza o termo *confabulation* para descrever a geração

confiante de conteúdo erróneo ou falso por sistemas de IA generativa, fenómeno frequentemente designado por "alucinação". [R12]



Figura 20: Large Language Models.

Fonte: elaboração própria, com base em [R10]; [R12].

Exemplo industrial

Um técnico pergunta a um sistema de IA generativa qual deve ser o binário aplicado a um componente da máquina. O sistema responde "45 Nm". A resposta está bem escrita e parece objetiva, mas, se o valor não estiver sustentado pelo manual técnico adequado, uma resposta convincente pode criar um risco real. [R10]; [R12]

Por isso, em utilizações técnicas relevantes, a empresa deve privilegiar soluções em que seja possível identificar as fontes, consultar os documentos originais, limitar a informação utilizada, validar o resultado e definir claramente o papel humano. A gestão destes riscos será aprofundada no Capítulo 7. [R12]

Mensagem-chave: Um resultado produzido por IA generativa deve ser tratado como conteúdo a validar, não como uma fonte de verdade. Quanto maior a consequência de um erro, maior deve ser a exigência de rastreabilidade, consulta da fonte original e validação humana. [R12]

Cofinanciado pela União Europeia

2.5 Visão computacional

A visão computacional é uma área da Inteligência Artificial associada à obtenção e análise de informação presente em imagens ou vídeo. O conceito deve ser enquadrado através da terminologia de IA. [R8]

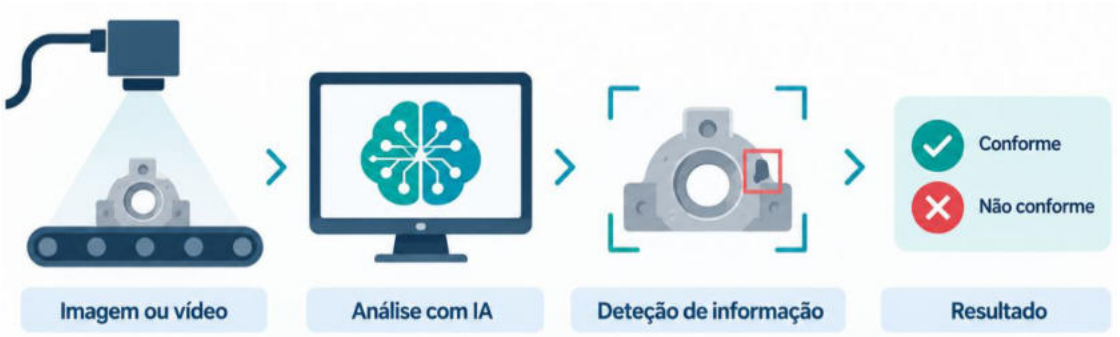


Figura 21: Visão computacional.

Fonte: elaboração própria, com base em [R8]; [R13].

Em ambiente industrial, aplicações de visão computacional podem apoiar tarefas como controlo de qualidade, identificação ou localização de defeitos, verificação de componentes e análise visual de processos. A OCDE identifica a inspeção e o controlo de qualidade entre as aplicações relevantes de IA no setor industrial. [R13]

Uma aplicação pode analisar a imagem de uma peça e produzir um resultado como "Conforme / Não conforme" ou indicar uma área onde existe um possível defeito. Noutro caso, poderá reconhecer se um determinado componente está presente na posição esperada antes de uma etapa de montagem. [R13]

O desempenho não depende apenas do modelo. Pode depender da câmara, iluminação, distância, posição do produto, estabilidade do processo, resolução, exemplos disponíveis e critérios de qualidade. Se a iluminação mudar constantemente ou se o produto aparecer em posições muito diferentes, o contexto de utilização altera-se e o desempenho observado durante o desenvolvimento pode não se manter. [R11]; [R13]

Cofinanciado pela União Europeia

Também é necessário definir com rigor o que constitui um defeito. Se dois inspetores humanos classificarem a mesma peça de forma diferente, criar dados de referência consistentes será mais difícil. Um projeto de visão computacional é, por isso, simultaneamente um problema de processo, aquisição de dados, qualidade, validação e IA. [R11]; [R13]

Exemplo



Figura 22: Exemplo de visão computacional.

Fonte: elaboração própria para fins pedagógicos, com base nos princípios de [R11]; [R13]; indicadores numéricos hipotéticos.

2.6 Previsão, classificação, deteção de anomalias e otimização

Em vez de começar por algoritmos, uma PME pode compreender muitas aplicações através de uma pergunta mais simples: que tipo de resposta queremos obter? Previsão, classificação e deteção de anomalias correspondem a tipos de problemas recorrentes em IA, enquanto a otimização pode ou não utilizar IA, consoante a abordagem adotada. [R7]; [R8]; [R13]

Cofinanciado pela União Europeia

Previsão

A previsão procura estimar um valor ou resultado que ainda não é conhecido. Pergunta típica: "O que é provável acontecer?" Exemplos industriais incluem procura futura, consumo energético, duração de uma operação ou probabilidade de determinado evento. *Machine Learning* pode ser utilizado, mas não é a única abordagem possível: métodos estatísticos tradicionais podem também ser eficazes. [R8]; [R13]

Classificação

A classificação procura atribuir uma observação a uma categoria. Pergunta típica: "A que classe pertence?" Exemplos incluem peça conforme/defeituosa, tipo de ocorrência ou categoria de prioridade. [R8]; [R13]

Deteção de anomalias

A deteção de anomalias procura reconhecer dados ou comportamentos que se afastam do comportamento esperado ou habitual. Pergunta típica: "Existe aqui algo fora do padrão?" Uma anomalia não equivale automaticamente a uma avaria: é um sinal que pode justificar investigação. [R8]; [R13]

Um falso positivo ocorre quando o sistema gera um alerta sem existir um problema relevante. Um falso negativo ocorre quando existe um problema relevante, mas o sistema não gera alerta. Em ambiente industrial, o custo e as consequências destes dois tipos de erro podem ser muito diferentes e devem ser avaliados no contexto de utilização. [R11]

Otimização

A otimização procura identificar uma solução que satisfaça da melhor forma possível determinados objetivos e restrições. Pergunta típica: "Qual é a melhor opção entre as

Cofinanciado pela União Europeia

alternativas possíveis, dadas estas condições?" Exemplos industriais incluem sequenciar ordens de produção, distribuir recursos ou selecionar determinados parâmetros. [R13]

É fundamental não classificar automaticamente otimização como IA. A existência de um procedimento de otimização não basta, por si só, para enquadrar uma solução como sistema de IA. Algumas soluções combinam IA e otimização; outras utilizam métodos matemáticos convencionais sem recorrer a Inteligência Artificial. [R7] [R8]



Figura 23: Previsão, classificação, deteção de anomalias e otimização.

Fonte: elaboração própria, com base em [R7]; [R8]; [R11]; [R13].

2.7 Como funciona um sistema de IA

Um sistema de Inteligência Artificial começa, idealmente, por um problema concreto, e não pela escolha de uma tecnologia. Numa PME industrial, esse problema pode ser, por exemplo, identificar mais cedo comportamentos anormais numa máquina crítica, melhorar a deteção de defeitos ou apoiar uma previsão de procura. [R7]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

A partir do problema, é necessário identificar os dados relevantes e avaliar se têm qualidade suficiente para serem utilizados. Esses dados podem provir de sensores, máquinas, sistemas de gestão, registos de manutenção, imagens ou outros processos da empresa. Antes da utilização, podem necessitar de limpeza, organização, harmonização ou contextualização. [R7]; [R11]

Com base nesses dados, é selecionado ou desenvolvido um modelo adequado ao objetivo pretendido. O modelo procura identificar padrões ou relações que permitam gerar um resultado, como uma previsão, uma classificação, uma recomendação ou um indicador de anomalia. Antes da utilização, esse resultado deve ser testado e validado no contexto em que o sistema será aplicado. [R7]; [R11]

Quando entra em utilização, o sistema recebe novos dados, processa-os através do modelo e produz um resultado. Por exemplo:

Sinais da CNC → Modelo de IA → Indicador de anomalia → Decisão operacional

O resultado produzido não constitui necessariamente uma decisão final. Deve ser interpretado de acordo com o processo, o nível de risco e as responsabilidades definidas pela empresa. Em alguns casos, servirá apenas para informar ou apoiar uma pessoa; noutros, poderá desencadear uma ação automatizada, desde que essa utilização seja adequada ao contexto. [R6]; [R11]

Após a implementação, o desempenho do sistema deve continuar a ser acompanhado, uma vez que os dados, os processos e as condições de utilização podem alterar-se ao longo do tempo. [R11]

De forma simplificada, o funcionamento pode ser representado pelo seguinte percurso:

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia



Figura 24: Processo de um sistema de IA.

Fonte: elaboração própria, com base em [R6]; [R7]; [R11].

2.8 Capacidades, limitações e papel das pessoas

Compreender a Inteligência Artificial implica reconhecer simultaneamente aquilo que estes sistemas conseguem fazer e as limitações que permanecem. A IA pode criar valor quando as suas capacidades são adequadas a um problema real, existem dados suficientemente apropriados e os resultados são integrados num processo de decisão bem definido. [R10]; [R12]

2.8.1 O que a IA consegue fazer - e o que não consegue

Os sistemas de IA podem processar grandes volumes de informação, identificar padrões difíceis de representar através de regras simples, apoiar tarefas de previsão, classificação ou deteção de anomalias e, no caso da IA generativa, criar ou transformar conteúdos como texto, imagem ou áudio. Estas capacidades podem ser particularmente úteis em contextos industriais com dados de sensores, imagens, históricos de produção, documentação ou operações repetitivas. [R8]; [R10]; [R13]

Estas capacidades não significam, contudo, que os resultados sejam automaticamente corretos ou adequados. Um sistema pode cometer erros, reproduzir limitações presentes

Cofinanciado pela União Europeia

nos dados, interpretar incorretamente alterações do contexto ou degradar o seu desempenho quando as condições de utilização mudam. A existência de grandes volumes de dados também não compensa, por si só, problemas de qualidade, representatividade ou contextualização da informação. [R11]

A IA também não estabelece automaticamente relações de causalidade, não conhece o contexto específico da empresa sem que este seja adequadamente representado e não deve ser tratada como uma autoridade incontestável. Uma previsão, classificação ou recomendação deve ser interpretada tendo em conta o problema, os dados utilizados, as limitações conhecidas e as consequências de uma eventual decisão errada. [R11]

Expetativa correta: a IA não elimina a incerteza. Pode ajudar a gerir determinada incerteza quando o problema, os dados, o modelo e a forma de utilização estão adequadamente definidos.



Figura 25: Capacidades e limitações.

Fonte: elaboração própria com base em [R11].

2.8.2 O papel das pessoas nas decisões apoiadas por IA

A utilização de IA em contexto empresarial não envolve apenas tecnologia. Os sistemas funcionam num contexto sociotécnico em que pessoas, processos, dados, organização e tecnologia interagem. Por isso, mesmo quando uma solução apresenta bom desempenho técnico, continua a ser necessário definir quem compreende o problema, quem interpreta os resultados, quem possui autoridade para decidir e quem responde pelo processo em que o sistema é utilizado. [R11]

O resultado produzido por um sistema de IA pode apoiar uma pessoa ou, quando apropriado, desencadear uma ação automatizada. O nível de intervenção humana deve depender da finalidade da aplicação, da criticidade da decisão e das consequências possíveis de um erro. Quanto maior o impacto potencial, maior deve ser a atenção dada à validação, supervisão e capacidade de intervenção. [R6]; [R11]

A supervisão humana só é útil quando é efetiva. Não basta existir formalmente uma pessoa no processo se esta não tiver informação, competência, tempo, autoridade ou possibilidade real de discordar, interromper ou corrigir uma decisão apoiada por IA. As responsabilidades específicas da equipa serão aprofundadas no Capítulo 8, enquanto os requisitos de supervisão, risco e conformidade serão desenvolvidos no Capítulo 7. [R6] [R11]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 26: O papel das pessoas nas decisões apoiadas por IA.

Fonte: elaboração própria com base em [R11].

Exemplo Contínuo MoveTec - IA, *Analytics* ou automação simples?

No Capítulo 1, a MoveTec identificou um problema relevante: uma máquina CNC crítica sofre paragens inesperadas e a empresa gostaria de reduzir a incerteza associada ao seu funcionamento. Contudo, decidiu não avançar imediatamente para uma solução de manutenção preditiva. Esta continuidade parte da caracterização pedagógica apresentada no "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais". [R2]

Essa decisão permite agora aplicar os conceitos deste capítulo e distinguir três situações diferentes. [R11]

Situação A - Existe uma regra operacional conhecida

O fabricante indica que determinada variável deve manter-se dentro de uma faixa específica. A MoveTec pretende que o sistema avise o técnico quando o limite é ultrapassado durante um período definido. [R2]

Cofinanciado pela União Europeia

Solução - Automação baseada em regras: SE condição definida → gerar alerta. A empresa não precisa de *Machine Learning*. Se uma regra simples é transparente, robusta, económica e resolve o problema, é uma solução adequada. [R7]; [R8]

Situação B - A MoveTec quer compreender melhor as paragens

A empresa pretende saber quantas paragens ocorreram, quando aconteceram, a sua duração, equipamento, turno, produto em produção, causa registada e tempo médio de recuperação. A informação é organizada num painel de indicadores e analisada ao longo do tempo. [R2]

Solução - *Business Intelligence* + *Analytics*: O objetivo principal é compreender o histórico. Não é obrigatório utilizar IA; esta etapa pode, aliás, criar melhores condições para um projeto posterior.

Situação C - Regras simples não conseguem representar o comportamento

A equipa suspeita que determinados problemas podem estar relacionados não com um único limite, mas com combinações entre vibração, temperatura, corrente, carga e regime de funcionamento. A MoveTec pretende saber se os dados históricos contêm padrões que ajudem a identificar comportamentos pouco habituais. [R11]

Solução potencial - ***Machine Learning***: deteção de anomalias. Aqui existe uma justificação mais clara para estudar uma abordagem de IA, mas a empresa terá de confirmar se os dados são suficientes, sincronizados e contextualizados, se o histórico de manutenção é utilizável, se o modelo acrescenta valor face a uma referência mais simples e como serão tratados falsos alertas. [R8]; [R11]

A empresa passa, assim, de "Queremos manutenção preditiva com IA" para uma formulação mais rigorosa: "Queremos avaliar se a análise dos sinais desta CNC permite identificar padrões anómalos suficientemente cedo e com fiabilidade suficiente para apoiar a equipa de manutenção." [R11]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

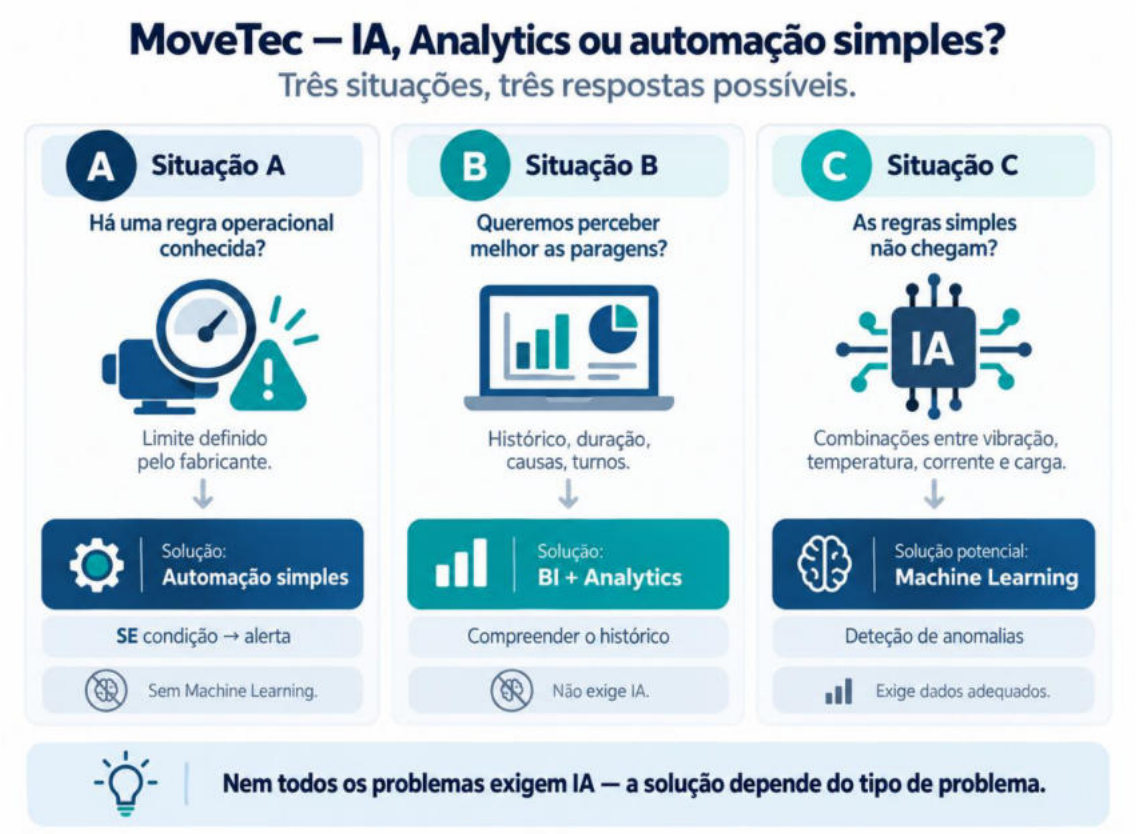


Figura 27: Três situações MoveTec.

Fonte: elaboração própria com base em [R7]; [R8]; [R11].

Decisão da MoveTec neste capítulo: Usar a solução mais simples que resolva adequadamente cada problema e reservar IA para os casos em que exista uma justificação clara para estudar uma capacidade adicional.

Cofinanciado pela União Europeia

2.9 Mensagens-chave do capítulo

1. Inteligência Artificial é um domínio amplo, não uma tecnologia única.

O conceito abrange diferentes técnicas, modelos e famílias de aplicações, que podem produzir previsões, classificações, recomendações, conteúdos ou outros resultados. [R6]; [R7]; [R8]

2. Automação, *Business Intelligence*, *Analytics* e IA não são sinónimos.

Estas abordagens respondem a necessidades diferentes e podem coexistir na mesma solução sem que todas utilizem Inteligência Artificial. [R7]; [R8]

3. *Machine Learning* e *Deep Learning* representam abordagens diferentes dentro da IA.

Machine Learning utiliza dados para identificar padrões, enquanto *Deep Learning* constitui uma abordagem específica baseada em redes neuronais multicamada; maior complexidade não significa automaticamente maior adequação ao problema. [R8]; [R11]

4. Diferentes famílias de IA respondem a perguntas diferentes.

Previsão, classificação, deteção de anomalias, visão computacional, otimização e IA generativa possuem finalidades distintas que devem ser compreendidas antes de selecionar uma abordagem. [R7]; [R8]; [R13]

5. IA generativa pode produzir conteúdo convincente sem garantir que esteja correto.

Fluência e plausibilidade não equivalem a verdade factual, sobretudo quando estão em causa informação técnica, procedimentos ou decisões com consequências relevantes. [R10]; [R12]

6. O resultado produzido pelo modelo não é automaticamente a decisão empresarial.

Dados alimentam o modelo, o modelo produz um resultado e a organização define o significado operacional desse resultado e a ação que lhe deve estar associada. [R7]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

3 Onde pode a IA criar valor numa PME industrial

Cofinanciado pela União Europeia

3 Onde pode a IA criar valor numa PME industrial

Pergunta-guia

- Em que problemas de uma PME industrial pode a Inteligência Artificial criar valor e como distinguir uma oportunidade concreta de uma ideia tecnologicamente interessante, mas pouco útil para o negócio?

Objetivos do capítulo

- Identificar áreas industriais onde a IA pode apoiar problemas concretos de produção, manutenção, qualidade, planeamento, stocks, logística, energia e gestão;
- Apresentar cada oportunidade segundo a lógica Problema → Dados → Abordagem de IA → Resultado → KPI → Pré-requisitos → Riscos → Papel humano;
- Distinguir benefícios potenciais de resultados garantidos, evitando transpor métricas de casos externos para a realidade da PME sem validação;
- Explicar de forma breve a complementaridade entre IA e *Digital Twins*, sem duplicar o aprofundamento dos restantes Guias TWINS4TS;
- Ajudar a PME a reconhecer situações em que IA não é a solução mais adequada e a medir o valor de uma oportunidade antes de avançar;
- Aplicar a análise à MoveTec, comparando três possibilidades de utilização de IA.

Resultado esperado

- No final do capítulo, o leitor deverá conseguir identificar oportunidades de IA ligadas a problemas reais da sua empresa, formular um KPI de negócio para cada oportunidade, reconhecer os dados e condições mínimas necessários e excluir ideias

Cofinanciado pela União Europeia

em que o valor não seja claro. Deverá ainda compreender que a mesma tecnologia pode apoiar problemas diferentes e que o mesmo problema pode, em alguns casos, ser resolvido por abordagens mais simples do que IA.

Cofinanciado pela União Europeia

A Inteligência Artificial pode apoiar diferentes atividades de uma PME industrial, desde a produção e manutenção até ao planeamento, logística, gestão de energia ou acesso ao conhecimento técnico. No entanto, a existência de uma tecnologia disponível não significa que exista automaticamente uma oportunidade de aplicação com valor.

O objetivo deste capítulo é ajudar a empresa a reconhecer problemas em que as capacidades da IA podem ser relevantes, perceber que dados podem estar associados a esses problemas e identificar que resultados poderiam apoiar uma decisão ou melhorar um processo. A avaliação da prontidão da PME, da viabilidade técnica, dos riscos, dos custos e do retorno será aprofundada nos capítulos seguintes. [R11]; [R13]

3.1 Do problema à oportunidade de IA

Depois de compreender as principais formas de Inteligência Artificial, o passo seguinte consiste em identificar problemas empresariais concretos em que essas capacidades possam ser úteis. Uma oportunidade de IA não deve nascer apenas de uma demonstração tecnológica, de uma tendência ou da disponibilidade de um fornecedor. Deve partir de uma necessidade suficientemente clara para poder ser descrita, observada e, mais tarde, comparada com outras formas de resolução. [R13]

A análise da OCDE sobre aplicações de IA na indústria transformadora identifica áreas como manutenção, controlo da qualidade, previsão e otimização da cadeia de abastecimento entre os casos de utilização relevantes. Contudo, salienta igualmente que a adoção depende das condições técnicas, organizacionais e dos dados existentes. Um caso de aplicação deve, por isso, ser entendido como uma possibilidade a analisar e não como uma solução universal. [R13]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 28: Mapa de oportunidades de IA ao longo da atividade industrial.

Fonte: Elaboração própria, com base na estrutura do Guia e em OECD [R13].

Uma forma simples de estruturar uma primeira oportunidade consiste em seguir o percurso:

PROBLEMA → PROCESSO → DADOS → POSSÍVEL ABORDAGEM → RESULTADO → KPI

Por exemplo, "utilizar IA na manutenção" é uma formulação demasiado ampla. Em contrapartida, "identificar comportamentos anómalos numa CNC crítica para permitir uma verificação antecipada pela equipa de manutenção, acompanhando o tempo de paragem e a utilidade dos alertas" corresponde já a uma oportunidade suficientemente concreta para ser posteriormente analisada. [R13]

Nesta fase, o objetivo não é demonstrar que a IA é a melhor solução nem construir ainda uma análise de viabilidade. É identificar oportunidades que relacionem um problema real com dados potencialmente úteis, um resultado operacional e pelo menos um indicador que permita perceber que melhoria se pretende alcançar. [R13]

Cofinanciado pela União Europeia

3.2 IA nas operações industriais

As operações industriais concentram algumas das aplicações mais conhecidas de Inteligência Artificial. Produção, manutenção, qualidade e planeamento geram frequentemente dados sobre máquinas, ordens, tempos, produtos, parâmetros e resultados que podem ser utilizados para identificar padrões, antecipar situações ou apoiar decisões. [R13]

A oportunidade surge sobretudo quando existe variabilidade relevante, grande volume de informação ou relações difíceis de representar através de regras simples. A utilização da IA deve, contudo, permanecer ligada ao processo e ao problema que se pretende melhorar. [R13]



Figura 29: IA nas operações industriais.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R13].

Cofinanciado pela União Europeia

3.2.1 Produção e otimização de processos

Na produção, a IA pode ser útil quando existem dados suficientes para analisar relações entre parâmetros de processo, estados das máquinas, materiais, tempos e resultados. O objetivo não é "automatizar a fábrica com IA", mas apoiar problemas delimitados, como variabilidade excessiva, tempos de ciclo instáveis, perdas de capacidade, utilização ineficiente de recursos ou condições de processo difíceis de interpretar através de regras fixas. [R13]

A análise de históricos pode, por exemplo, ajudar a identificar fatores associados a tempos de ciclo elevados, perdas de rendimento ou estados de processo indesejáveis. Modelos podem também apoiar a previsão de duração de operações ou recomendar parâmetros que necessitem posteriormente de validação. Nem todos estes problemas exigem *Machine Learning:* em determinados contextos, regras, métodos estatísticos ou técnicas clássicas de otimização podem ser suficientes. [R13]

Indicadores como OEE, tempo de ciclo, produtividade, taxa de sucata ou lead time permitem relacionar a aplicação com o desempenho real do processo. Um modelo tecnicamente sofisticado que não melhora um indicador relevante não demonstrou, por si só, valor empresarial.

3.2.2 Manutenção e deteção de anomalias

A manutenção constitui uma das áreas mais conhecidas de utilização de IA em contexto industrial. Dados provenientes de sensores, equipamentos e históricos de intervenção podem ser analisados para identificar alterações de comportamento, classificar estados ou, quando existe evidência suficiente, antecipar determinadas situações de degradação. O objetivo é apoiar o momento e a prioridade das intervenções, e não substituir automaticamente o diagnóstico técnico. [R13]

Importa distinguir manutenção preventiva, manutenção baseada em condição e manutenção preditiva. Na primeira, as intervenções seguem normalmente um calendário

Cofinanciado pela União Europeia

ou número de ciclos; na segunda, sinais observados ajudam a determinar quando intervir; na terceira, procura-se antecipar uma evolução ou evento futuro. A deteção de anomalias pode constituir um primeiro passo relevante, uma vez que identifica comportamentos fora do padrão sem assumir automaticamente que existe uma avaria. [R11]; [R13]

Para uma PME, pode ser mais prudente começar por melhorar os registos, estabelecer uma situação de referência e testar a utilidade de alertas de anomalia antes de avançar para promessas de "previsão de falhas". Indicadores como tempo de paragem, MTBF, MTTR, número de falhas e antecedência útil dos alertas pode ajudar a avaliar o impacto operacional.

3.2.3 Qualidade e inspeção com visão computacional

A qualidade é outra área em que a IA pode criar valor, particularmente quando existe inspeção visual repetitiva ou quando os dados do processo podem ajudar a identificar desvios antes de estes originarem defeitos. Sistemas de visão computacional podem ser utilizados para detetar, classificar ou localizar defeitos em imagens, enquanto outros modelos podem relacionar variáveis de produção com resultados de qualidade. [R13]

Num sistema de visão computacional, o modelo representa apenas uma parte da solução. Iluminação, posição da câmara, resolução, velocidade da linha, variedade de produtos e critérios utilizados para classificar um defeito influenciam diretamente o desempenho. Se a empresa não conseguir definir de forma consistente aquilo que considera conforme e não conforme, a solução de IA herdará essa ambiguidade. [R13]

O impacto deve ser observado através de indicadores como FPY, taxa de defeitos, retrabalho, falsos rejeitados ou defeitos não detetados. É igualmente importante considerar as consequências dos diferentes tipos de erro: rejeitar uma peça conforme gera desperdício, enquanto aceitar uma peça defeituosa pode provocar reclamações ou riscos superiores.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

3.2.4 Planeamento e sequenciamento da produção

O planeamento e sequenciamento da produção envolvem múltiplas restrições, como capacidade, tempos, prioridades, materiais, ferramentas, *setups*, manutenção e datas de entrega. A IA pode apoiar a previsão de tempos ou atrasos e ser combinada com técnicas de otimização para gerar ou comparar diferentes planos. Contudo, nem todo o *software* de planeamento ou sequenciamento utiliza Inteligência Artificial. [R13]

Uma oportunidade pode surgir quando o planeamento exige correções manuais frequentes porque os tempos reais diferem sistematicamente das estimativas ou porque existem fatores relevantes que os sistemas existentes não conseguem incorporar. Um modelo pode, por exemplo, estimar a duração provável de uma ordem a partir do histórico, permitindo que um mecanismo de otimização utilize essa informação na construção do plano. [R13]

Indicadores como OTIF, lead time, número de *setups*, aderência ao plano ou utilização dos recursos ajudam a perceber se a abordagem contribui efetivamente para melhorar o processo.

3.3 IA na cadeia de abastecimento e gestão de recursos

Para além da operação produtiva, a IA pode apoiar decisões relacionadas com procura, compras, stocks, logística e utilização de recursos. Nestes domínios, o valor surge principalmente quando a análise permite antecipar necessidades, identificar exceções ou melhorar uma decisão antes de ocorrer uma consequência operacional relevante. [R13]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 30: IA na cadeia de abastecimento e gestão de recursos.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R13].

3.3.1 Previsão da procura, compras e gestão de *stocks*

A previsão pode apoiar compras e gestão de *stocks* quando existe histórico suficiente e uma variabilidade que justifique melhorar as estimativas. Dados de encomendas, consumos, sazonalidade, carteira de clientes, prazos de fornecedores ou outros fatores relevantes podem ser utilizados desde que a sua relação com o problema esteja suficientemente compreendida. [R13]

A utilidade não consiste em produzir uma previsão "mais inteligente", mas em apoiar decisões concretas: quando comprar, quanto comprar, que nível de segurança manter ou que referências exigem maior acompanhamento. A OCDE identifica previsão e

otimização de *procurement*, juntamente com informação sobre procura e inventário, entre as possíveis aplicações industriais de IA. [R13]

Indicadores como erro de previsão, nível de cobertura, ruturas, *stock* médio ou capital empatado permitem comparar a abordagem com o método atualmente utilizado. Se uma regra simples ou uma média histórica produzir resultados equivalentes aos de um modelo complexo, a vantagem adicional da IA pode não justificar a complexidade introduzida.

3.3.2 Logística e cadeia de abastecimento

Na logística e cadeia de abastecimento, a IA pode apoiar previsão de atrasos, classificação de risco, estimativa de tempos de entrega e priorização de ocorrências. Pode igualmente ser combinada com técnicas de otimização para apoiar rotas, consolidação de cargas ou afetação de recursos. [R13]

Para uma PME, os primeiros casos não necessitam de envolver uma plataforma complexa. Pode ser útil começar por identificar encomendas ou fornecedores com maior probabilidade de atraso, estimar tempos de entrega com base no histórico ou priorizar expedições que exigem intervenção. Uma previsão só cria valor se chegar suficientemente cedo para permitir uma ação. [R13]

OTIF, atraso médio, custos logísticos, urgências ou número de ruturas constituem exemplos de indicadores que podem ser utilizados para acompanhar o impacto.

3.3.3 Energia, recursos e sustentabilidade

A IA pode apoiar a eficiência energética através da análise de padrões de consumo, deteção de anomalias, previsão de cargas ou otimização de determinadas operações. A Agência Internacional de Energia identifica a digitalização e a IA como ferramentas potencialmente relevantes para melhorar a gestão de energia, salientando

Cofinanciado pela União Europeia

simultaneamente que a própria utilização de sistemas de IA exige recursos computacionais e consumo energético. [R14]; [R15]

Para uma PME industrial, a análise torna-se mais útil quando o consumo é relacionado com o contexto produtivo. Um aumento no consumo total pode resultar simplesmente de maior produção, enquanto indicadores normalizados permitem identificar alterações de eficiência. Exemplos incluem kWh por unidade produzida, kWh por hora produtiva, consumo em vazio ou pico de potência. [R14]; [R15]

A utilização de IA não deve, portanto, ser apresentada como sustentável por definição. A complexidade e o consumo da solução devem ser proporcionais ao benefício obtido, considerando também os efeitos sobre qualidade, produtividade e vida útil dos equipamentos.

Sustentabilidade sem simplificações: a IA pode apoiar a redução de desperdício, consumo de energia ou intervenções desnecessárias, mas o impacto da própria solução deve igualmente ser considerado.

3.4 IA na gestão e no conhecimento

Nem todas as aplicações relevantes para uma PME industrial estão diretamente associadas às máquinas ou à linha de produção. A IA pode também apoiar a gestão da informação, a identificação de exceções, a análise de indicadores e o acesso ao conhecimento técnico acumulado pela organização. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

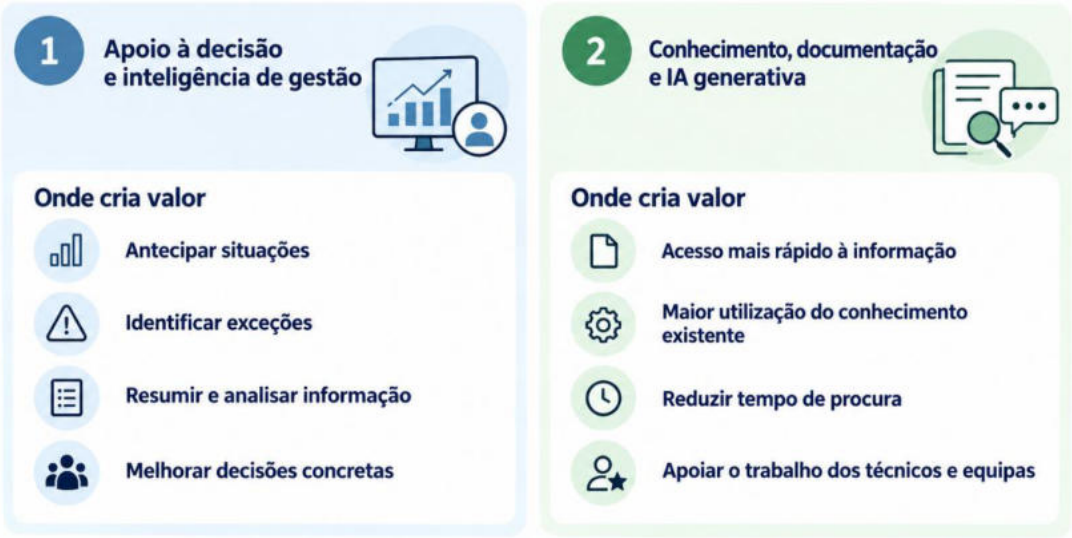


Figura 31: IA na gestão e no conhecimento.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R11].

3.4.1 Apoio à decisão e inteligência de gestão

A IA pode apoiar a gestão através da previsão de indicadores, classificação de ocorrências, deteção de situações fora do comportamento esperado ou síntese de grandes volumes de informação. O objetivo deve, contudo, ser melhorar uma decisão concreta, e não criar mais alertas, recomendações ou painéis de indicadores sem uma utilização claramente definida. [R11]

Uma PME pode, por exemplo, procurar identificar encomendas com maior risco de atraso, antecipar desvios de margem, classificar reclamações ou destacar indicadores que exigem atenção numa reunião diária. Algumas destas necessidades podem ser resolvidas através de *Business Intelligence* ou *Analytics* tradicionais; outras podem beneficiar de modelos preditivos ou de linguagem.

Pergunta central: Que decisão será diferente ou mais bem informada se este resultado estiver disponível?

Cofinanciado pela União Europeia

A utilização do resultado continua a exigir contexto e responsabilidade, uma vez que uma recomendação pode refletir erros de dados, alterações do processo ou pressupostos que não estão imediatamente visíveis. [R11]

3.4.2 Conhecimento, documentação e IA generativa

Em muitas PME industriais, o conhecimento técnico encontra-se distribuído por manuais, procedimentos, relatórios de manutenção, pastas partilhadas, correio eletrónico e experiência individual dos trabalhadores. Os modelos de linguagem e outras formas de IA generativa podem apoiar pesquisa, síntese, estruturação e transformação desta informação. [R10]

Uma aplicação controlada pode, por exemplo, permitir que um técnico faça uma pergunta e receba uma resposta construída a partir de documentação interna autorizada, acompanhada da indicação das fontes relevantes. O benefício pode traduzir-se em menor tempo de procura, acesso mais rápido à informação ou maior utilização da documentação existente.

Contudo, um texto convincente não garante que a informação esteja correta. Sistemas generativos podem produzir conteúdo incorreto ou não suportado pelas fontes. Quanto maior a consequência de uma resposta errada, maior deve ser a necessidade de mostrar a origem da informação e exigir validação antes da utilização. [R12]

Indicadores possíveis incluem tempo médio de procura, percentagem de respostas validadas, utilização da solução ou número de situações que exigem escalamento para um especialista.

Princípio para documentação técnica: quanto maior a consequência de uma resposta errada, maior deve ser a exigência de identificar a fonte e validar o conteúdo antes da utilização.

Cofinanciado pela União Europeia

3.5 IA e *Digital Twins*: complementaridade

Inteligência Artificial e *Digital Twins* constituem tecnologias relevantes no contexto do TWINS4TS, mas não devem ser tratadas como sinónimos nem como tecnologias obrigatoriamente dependentes. A série ISO 23247 estabelece um enquadramento para *Digital Twins* em contexto de fabrico, incluindo princípios gerais e uma arquitetura de referência. [R16]; [R17]

Um gémeo digital representa um ativo, processo ou sistema e mantém uma ligação aos respetivos dados físicos, com atualização adequada à finalidade. Pode integrar simulação e IA, mas não exige necessariamente nenhuma dessas capacidades. [R16]; [R17]

A complementaridade pode ser resumida da seguinte forma:

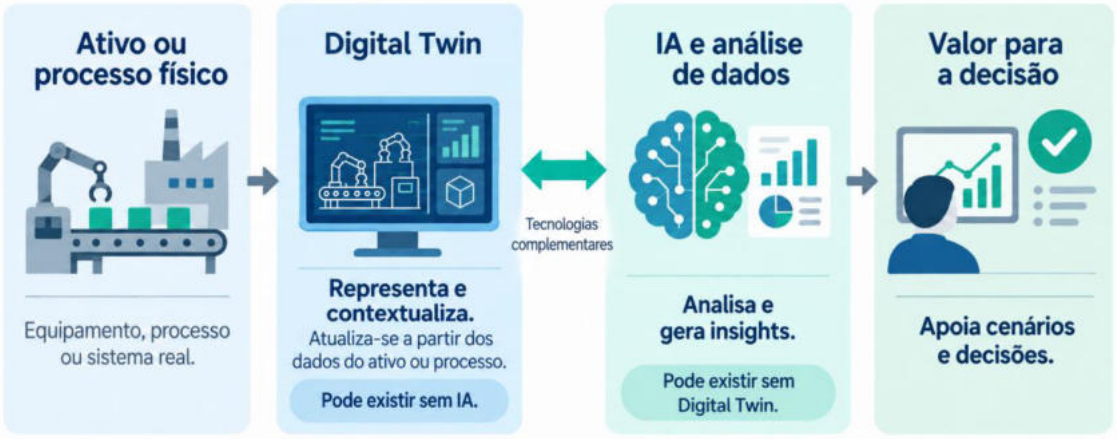


Figura 32: IA e Digital Twin: complementaridade.

Fonte: Elaboração própria com base em ISO 23247-1 e ISO 23247-2 [R16] [R17].

O resultado produzido pela IA pode posteriormente alimentar uma simulação, apoiar a análise de cenários ou contribuir para uma decisão. Contudo, uma PME pode utilizar IA sem possuir um *Digital Twin* e pode desenvolver um *Digital Twin* sem incorporar necessariamente IA.

Cofinanciado pela União Europeia

A integração deve ser progressiva e proporcional. Se a empresa ainda não possui identificação consistente dos ativos, dados suficientemente fiáveis ou integração básica entre sistemas, desenvolver uma representação sofisticada apenas para acrescentar IA pode introduzir complexidade sem benefício correspondente. [R16]; [R17]

3.6 Mapa de oportunidades de IA numa PME industrial

Os exemplos anteriores mostram que as mesmas capacidades tecnológicas podem responder a problemas muito diferentes. Para facilitar uma primeira leitura das possibilidades, a tabela seguinte relaciona áreas da empresa, problemas possíveis, dados, abordagens e indicadores de resultado.

Tabela 5: Mapa prático de oportunidades de IA numa PME industrial.

Área	Exemplo de problema	Dados possíveis	Abordagem possível	Resultado esperado
Produção	Variabilidade de processo ou tempos de ciclo	Ordens, estados, parâmetros, tempos	Análise de padrões ou previsão	Identificação de fatores ou antecipação de resultados
Manutenção	Paragens inesperadas	Sensores, estados, eventos, histórico	Deteção de anomalias ou previsão	Alerta antecipado
Qualidade	Defeitos identificados tarde	Imagens, medições, lote, processo	Visão computacional ou classificação	Deteção ou localização de defeitos
Planeamento	Alterações frequentes ao plano	Ordens, tempos, recursos, restrições	Previsão + otimização	Estimativas e sequências mais realistas
Compras e *stocks*	Ruturas ou excesso de *stock*	Consumos, encomendas, fornecedor, *lead time*	Previsão ou classificação de risco	Necessidades ou risco estimados

Cofinanciado pela União Europeia

Área	Exemplo de problema	Dados possíveis	Abordagem possível	Resultado esperado
Logística	Atrasos difíceis de antecipar	Prazos, transporte, produto, ocorrências	Previsão ou classificação	Risco de atraso ou ETA
Energia	Consumo elevado ou anómalo	Energia, produção, estados das máquinas	Deteção de anomalias ou previsão	Desvio ou consumo esperado
Gestão	Exceções difíceis de identificar	ERP, MES, BI e outros registos	Classificação, previsão ou deteção	Priorização de situações
Conhecimento	Informação técnica dispersa	Documentos e metadados	Pesquisa semântica + IA generativa	Resposta ou síntese com fontes

Fonte: Elaboração própria com base em OECD [R13], IEA [R14]; [R15] e referências apresentadas no Capítulo 2.

Esta tabela não constitui um catálogo fechado nem significa que todas as aplicações sejam adequadas a todas as PME. Em qualquer oportunidade devem ainda ser considerados qualidade dos dados, condições de utilização, erros possíveis, necessidades de supervisão humana, integração, custos e riscos. Estes aspetos serão aprofundados nos capítulos seguintes.

A existência de um caso aparentemente interessante também não significa que seja necessário utilizar IA. Em determinadas situações, uma melhoria do processo, regras simples, automação convencional, *Business Intelligence*, *Analytics* ou métodos clássicos de otimização podem resolver o problema com menor complexidade. Esta decisão será aprofundada no Capítulo 6.

MoveTec - 3 oportunidades a explorar

Depois de compreender diferentes aplicações possíveis, a MoveTec analisa a sua própria realidade e identifica três oportunidades com características distintas. O objetivo, nesta fase, não é escolher definitivamente o primeiro projeto, mas transformar problemas da

empresa em oportunidades suficientemente concretas para serem posteriormente avaliadas.

Oportunidade 1 - CNC crítica: deteção de anomalias

A MoveTec regista paragens inesperadas numa CNC crítica e tem dificuldade em reconhecer antecipadamente alterações de comportamento. Uma possibilidade consiste em utilizar sinais disponíveis da máquina, estados de funcionamento, programas, carga, eventos e histórico de manutenção para testar uma abordagem de deteção de anomalias. [R11]

O resultado esperado seria um alerta ou indicador que ajudasse a equipa de manutenção a decidir quando realizar uma verificação. Tempo de paragem, MTBF, antecedência útil do alerta e número de falsos alertas podem constituir indicadores iniciais.

Oportunidade 2 - Qualidade: inspeção visual

A empresa identifica determinados defeitos apenas numa fase tardia do controlo de qualidade. Uma segunda oportunidade consiste em explorar visão computacional utilizando imagens de peças e classificações de defeitos previamente validadas, associadas à referência ou lote correspondente. [R11]

A aplicação poderia apoiar a identificação ou localização de zonas suspeitas para posterior validação. Indicadores como FPY, retrabalho, defeitos não detetados e falsos rejeitados permitiriam acompanhar o resultado.

Oportunidade 3 - Documentação técnica: pesquisa assistida

A MoveTec possui informação técnica distribuída por diferentes manuais e procedimentos, o que aumenta o tempo necessário para localizar informação relevante. Uma terceira possibilidade consiste em utilizar pesquisa semântica e IA generativa sobre

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

documentação autorizada e versionada, apresentando ao utilizador as fontes utilizadas. [R11]

O benefício esperado seria reduzir o tempo de consulta e tornar o conhecimento mais acessível. O tempo médio de procura e a percentagem de respostas posteriormente confirmadas nas fontes originais podem constituir indicadores iniciais.



Figura 33: MoveTec: três problemas, três possibilidades de IA.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos.

Decisão da MoveTec neste capítulo: a CNC mantém-se como a principal oportunidade a explorar, porque existe um problema operacional relevante e potencial disponibilidade de dados. A empresa não conclui, contudo, que o caso seja já viável ou que deva avançar para implementação. No Capítulo 4 será avaliada a prontidão da organização. As oportunidades de qualidade e documentação técnica mantêm-se como alternativas para comparação posterior.

Cofinanciado pela União Europeia

3.7 Mensagens-chave do capítulo

1. Uma oportunidade de IA deve começar num problema concreto.

A tecnologia só é relevante quando existe uma necessidade operacional ou empresarial suficientemente clara para ser relacionada com dados, resultados e indicadores. [R13]

2. A IA pode criar valor em diferentes áreas da PME industrial.

Produção, manutenção, qualidade, planeamento, cadeia de abastecimento, energia, gestão e conhecimento apresentam oportunidades distintas para previsão, classificação, deteção, análise ou geração de conteúdo. [R13]

3. Um caso de aplicação não constitui uma receita universal.

Uma solução relevante numa empresa pode ser inadequada noutra. Os processos, dados, condições de utilização e recursos disponíveis influenciam diretamente a possibilidade de aplicação. [R11]; [R13]

4. O resultado de IA só cria valor quando contribui para melhorar uma decisão ou um processo.

O desempenho técnico de um modelo não representa, por si só, benefício empresarial. Indicadores ligados ao processo ajudam a perceber se existe uma melhoria efetiva. [R11]; [R13]

5. Identificar uma oportunidade não significa decidir avançar.

Antes de iniciar um projeto será necessário avaliar a prontidão da PME, determinar se a IA é realmente necessária e analisar valor, viabilidade, riscos, custos e condições de implementação. Estes passos serão desenvolvidos nos capítulos seguintes. [R5]; [R11]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

4 A minha PME está preparada para IA?

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa
P.PORTO
COMPETE 2030
PORTUGAL 2030
Cofinanciado pela União Europeia

4 A minha PME está preparada para IA?

Pergunta-guia

- A empresa possui condições suficientes para iniciar um projeto de Inteligência Artificial de forma controlada, mensurável e proporcional ao seu contexto?

Objetivos do capítulo

- Compreender o que significa prontidão para IA em contexto industrial;
- Distinguir a preparação geral da empresa da preparação necessária para um caso de utilização específico;
- Analisar oito dimensões relevantes: problema e processo, dados, tecnologia e integração, pessoas e competências, liderança, governação, segurança e informação, e sustentabilidade e proporcionalidade;
- Identificar lacunas que devem ser tratadas antes de iniciar um piloto;
- Utilizar uma autoavaliação simples e orientada à decisão;
- Identificar o nível de prontidão TWINS4TS - Explorar, Preparar, Experimentar, Integrar ou Escalar - e o próximo passo mais adequado.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir avaliar se possui condições mínimas para avançar com um determinado caso de IA, identificar os aspetos que ainda exigem preparação e transformar o diagnóstico numa decisão prática.
- Essa decisão não tem necessariamente de ser "avançar". Pode ser necessário melhorar os dados, estabilizar o processo, clarificar responsabilidades, reforçar

Cofinanciado pela União Europeia

condições de segurança ou simplesmente concluir que ainda não existem condições suficientes para experimentar.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa
P.PORTO
COMPETE 2030
PORTUGAL 2030
Cofinanciado pela União Europeia

4.1 O que significa prontidão para IA?

Estar preparado para utilizar Inteligência Artificial não significa possuir uma equipa de cientistas de dados, infraestrutura tecnológica avançada ou vários sistemas de IA já em produção. Para uma PME industrial, prontidão significa possuir condições suficientes para transformar um problema concreto numa experiência controlada, obter evidência credível e decidir se faz sentido continuar, ajustar ou parar. [R18]; [R19]



Figura 34: Prontidão para IA.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos.

Essas condições não são apenas tecnológicas. Dependendo do caso, podem envolver qualidade e acesso aos dados, conhecimento do processo, competências, responsabilidades definidas, capacidade de integração, gestão de risco, segurança da informação, proteção de dados e recursos suficientes para acompanhar a solução. [R5] [R11]; [R18]

A prontidão também não é uma característica fixa da empresa. Uma PME pode estar suficientemente preparada para experimentar pesquisa assistida sobre documentação técnica e, simultaneamente, não possuir condições para desenvolver um caso de deteção de anomalias numa máquina crítica. O primeiro caso pode beneficiar de documentação já organizada e de um contexto de utilização controlável, enquanto o segundo pode depender de históricos, sensores, registos de manutenção e integração que ainda não existem ou não apresentam qualidade suficiente. [R5]

Cofinanciado pela União Europeia

Esta perspetiva é coerente com os referenciais de gestão e risco aplicáveis à IA. O NIST destaca a importância do contexto de utilização, papéis, recursos, medição e gestão contínua do risco, enquanto a ISO/IEC 42001 enquadra a utilização de IA num sistema de gestão associado às responsabilidades, processos, riscos e melhoria contínua da organização. [R11]; [R18]

Princípio central: a pergunta não deve ser apenas "a nossa empresa está preparada para IA?", mas antes "estamos suficientemente preparados para experimentar este caso, neste processo, com estes dados e com este nível de risco?" [R5]; [R11]

4.2 As 8 dimensões de prontidão para a IA

A prontidão para IA deve ser analisada de forma multidimensional e em função do caso de utilização. Possuir tecnologia adequada não compensa um problema mal definido; ter muitos dados não garante que estes sejam relevantes; e um bom modelo não cria valor se ninguém souber interpretar ou utilizar o resultado.

Neste Guia, a avaliação organiza-se em oito dimensões complementares: Problema e processo; Dados; Tecnologia e integração; Pessoas e competências; Liderança; Governação; Segurança e informação; Sustentabilidade e proporcionalidade.

Estas dimensões permitem reconhecer as condições já existentes e, sobretudo, identificar as lacunas que podem limitar um piloto ou conduzir a conclusões pouco fiáveis. [R5]; [R11]; [R18]

A avaliação deve ser efetuada relativamente a um caso concreto. O objetivo não consiste em classificar genericamente a empresa como "pronta" ou "não pronta", mas determinar se existe preparação suficiente para avançar para a fase seguinte e o que deve ser reforçado antes disso.

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 35: As oito dimensões da prontidão para IA.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, com base em [R11].

4.2.1 Problema e processo

A primeira condição de prontidão consiste em compreender que problema se pretende resolver, onde ocorre e que resultado se pretende melhorar. Formulações como "queremos utilizar IA na manutenção" ou "temos muitas paragens" ainda são demasiado genéricas para orientar um projeto.

Uma formulação como "a CNC X concentra paragens não planeadas e queremos avaliar se determinados sinais permitem identificar antecipadamente comportamentos anómalos" já permite relacionar o problema com um processo, dados, indicadores e utilizadores concretos. [R11]

Antes de experimentar IA, a empresa deve conseguir responder, pelo menos, a algumas perguntas fundamentais:

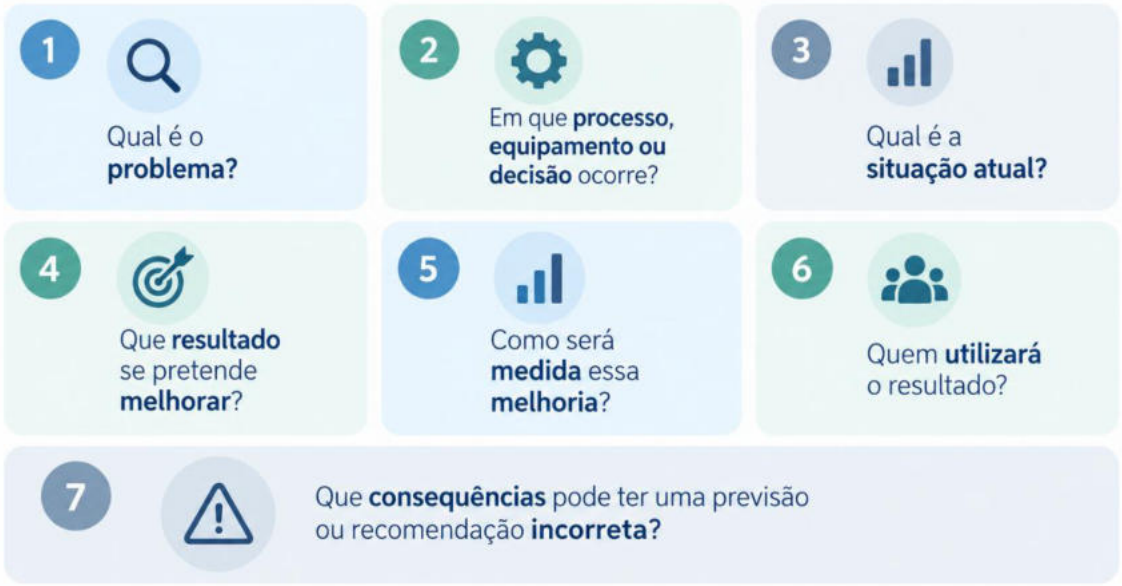


Figura 36: Perguntas fundamentais antes de experimentar IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11].

O NIST recomenda precisamente que o propósito, o contexto de utilização, os utilizadores, os benefícios esperados e os possíveis impactos sejam compreendidos antes da utilização do sistema. [R11]

Se a própria equipa não consegue concordar sobre o que constitui uma paragem, um defeito, uma urgência ou uma intervenção correta, estabilizar e compreender o processo deve preceder a escolha da tecnologia.

4.2.2 Dados

Os dados constituem uma das condições mais relevantes para muitos casos de IA, mas ter muitos dados não significa possuir os dados adequados. O que importa é saber se a informação disponível possui relação suficiente com o problema e pode ser utilizada de forma consistente. [R5]; [R11]

A avaliação deve considerar, pelo menos:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 37: Dados para experimentar IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R11].

Um sinal proveniente de uma máquina, por exemplo, pode ter pouco valor se não for possível saber que produto estava a ser fabricado, que programa estava ativo ou se tinha ocorrido recentemente uma intervenção de manutenção.

Nem todos os projetos necessitam de grandes volumes de informação. A quantidade exigida depende do problema e da abordagem escolhida. O essencial é que os dados sejam suficientes para testar a hipótese de forma credível.

As questões de arquitetura, qualidade, recolha e governação de dados são aprofundadas no Guia TWINS4TS "Gestão de Dados Industriais: Estratégias para PMEs na era do *Big Data*" dedicado à Gestão de Dados Industriais.

4.2.3 Tecnologia e integração

A prontidão tecnológica não significa possuir antecipadamente a infraestrutura definitiva da solução. Um primeiro piloto pode funcionar num ambiente limitado, desde que seja

possível obter os dados, executar o teste em segurança, disponibilizar os resultados e recolher evidência.

A empresa deve perceber:



Figura 38: Tecnologia e integração para experimentar IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R20].

A pergunta relevante não é simplesmente "temos nuvem?" ou "temos servidores?", mas "conseguimos executar este caso de forma segura, repetível e compatível com os sistemas existentes?"

Nos produtos e equipamentos conectados, o acesso e utilização de determinados dados podem ainda depender das características do produto, do serviço e das condições contratuais aplicáveis. O Regulamento Europeu dos Dados (*Data Act*) estabelece regras relacionadas com o acesso e utilização de dados gerados por produtos conectados e serviços relacionados, cuja aplicação deve ser analisada de acordo com cada situação. [R22]

Cofinanciado pela União Europeia

4.2.4 Pessoas e competências

Dados e tecnologia não são suficientes se não existirem pessoas capazes de explicar o processo, interpretar resultados e transformar a informação produzida numa decisão útil.

Nas PME, estas competências não necessitam de estar concentradas numa equipa dedicada de IA. Podem estar distribuídas entre produção, manutenção, qualidade, TI, gestão e parceiros externos. [R5]; [R11]

Para um primeiro projeto, importa assegurar quatro tipos de capacidade:

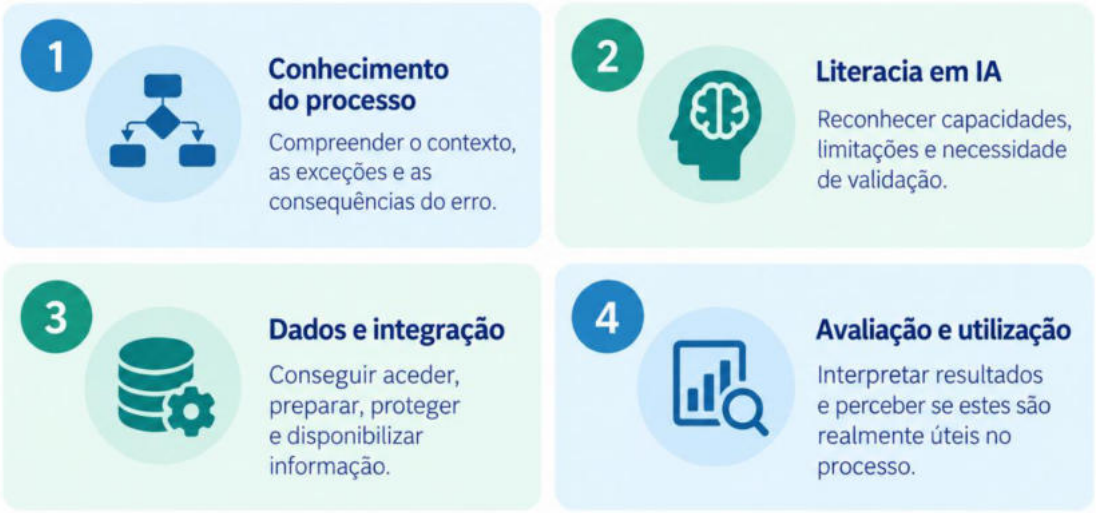


Figura 39: Capacidades essenciais para um primeiro projeto de IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R11].

A empresa não necessita de internalizar imediatamente todas as competências técnicas. Pode recorrer a parceiros externos, desde que mantenha conhecimento suficiente para compreender o que está a ser testado, avaliar os resultados e tomar decisões informadas. [R5]; [R11]

O enquadramento deste guia reporta-se a 30 de junho de 2026 e utiliza o Regulamento (UE) 2024/1689. Alterações posteriores à data de fecho não integram esta edição. [R6]

Em junho de 2026, as disposições gerais e as proibições dos capítulos I e II já eram aplicáveis desde 2 de fevereiro de 2025. O artigo 113.º prevê a aplicação geral em 2 de

Cofinanciado pela União Europeia

agosto de 2026 e a aplicação do artigo 6.º, n.º 1, e das obrigações correspondentes em 2 de agosto de 2027, sem prejuízo das restantes disposições transitórias. A existência de uma obrigação no Regulamento não significa, por si só, que já seja aplicável em junho de 2026. [R6]

4.2.5 Liderança

A liderança é necessária para garantir que a iniciativa permanece ligada ao problema empresarial e não se transforma num projeto tecnológico sem direção. Um responsável de gestão deve conseguir esclarecer: por que razão está a ser testado este caso, que recursos podem ser utilizados, que evidência justificará continuar e que resultado poderá levar a ajustar ou parar. [R11]; [R18]

Isto implica aceitar que um piloto pode produzir uma conclusão válida mesmo quando demonstra que a IA não acrescenta valor suficiente. Aprender que não se deve avançar também pode ser um resultado útil de uma experiência bem desenhada.

A liderança deve ainda garantir disponibilidade mínima das pessoas envolvidas, remover obstáculos organizacionais e apoiar decisões quando o projeto entra em conflito com outras prioridades.

O NIST atribui à liderança executiva responsabilidade pelas decisões relacionadas com riscos de sistemas de IA e considera a governação uma função transversal. [R11] A ISO/IEC 42001 enquadra igualmente a IA num sistema de gestão que exige alinhamento com o contexto, responsabilidades e melhoria contínua. [R18]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

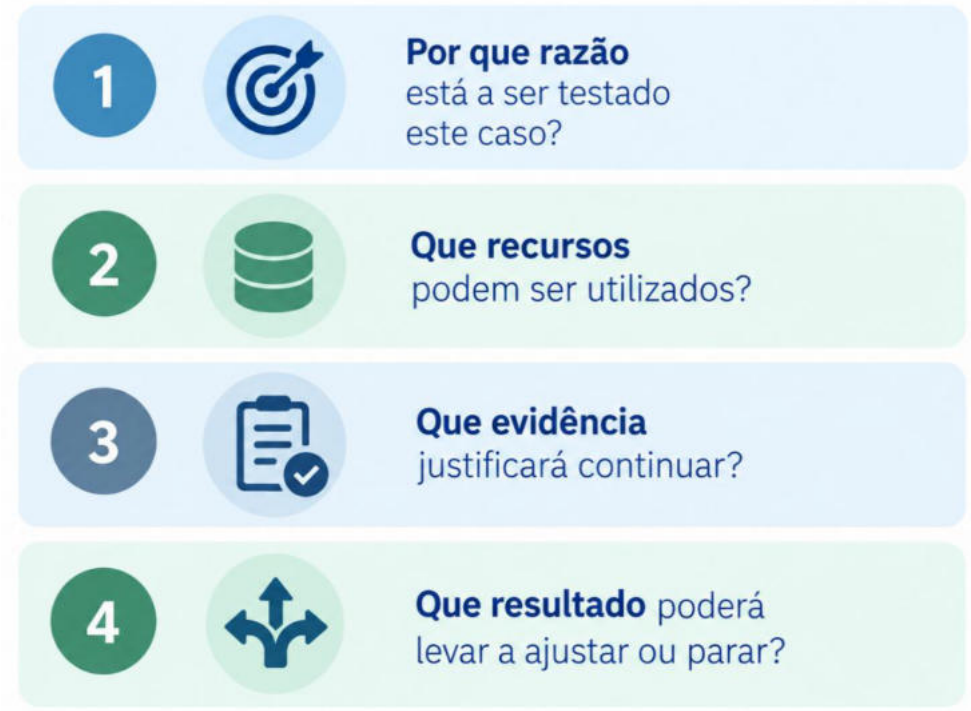


Figura 40: Liderança para um primeiro projeto de IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R18].

4.2.6 Governação

Para uma PME, governação de IA não significa necessariamente criar estruturas administrativas complexas. Significa assegurar que existem responsabilidades claras para as decisões essenciais.

A empresa deve saber:



Figura 41: Governação para um primeiro projeto de IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R18]; [R19].

O NIST recomenda estruturas de responsabilização, papéis e linhas de comunicação claras, inventário dos sistemas e monitorização contínua. [R11]

A ISO/IEC 42001 fornece um enquadramento de gestão para organizações que desenvolvem ou utilizam IA, enquanto a ISO/IEC 23894:2023 orienta a integração da gestão de risco de IA nas atividades da organização, adaptável ao respetivo contexto. [R18]; [R19]

Numa organização pequena, uma mesma pessoa pode acumular vários destes papéis. O importante é evitar situações em que ninguém assume claramente responsabilidade pelo resultado, pelos dados ou pela decisão de utilização.

A governação necessária deve ser proporcional ao caso. Um sistema de apoio à pesquisa documental não exige necessariamente a mesma estrutura de controlo que uma solução integrada num processo operacional crítico.

Cofinanciado pela União Europeia

4.2.7 Segurança e informação

Segurança e proteção da informação devem ser consideradas antes do piloto, e não apenas quando a solução estiver pronta para entrar em produção.

A PME deve perceber que informação será utilizada, quem lhe poderá aceder, onde ficará armazenada, durante quanto tempo e em que condições poderá ser processada por terceiros. [R20]; [R21]

Algumas questões mínimas incluem:



Figura 42: Segurança e proteção de informação para um primeiro projeto de IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R20]; [R21].

Cofinanciado pela União Europeia

A ENISA recomenda que os sistemas de IA sejam tratados como componentes integrados na infraestrutura digital da organização, aplicando fundamentos gerais de cibersegurança e acrescentando medidas específicas quando necessário. [R20]

Quando exista tratamento de dados pessoais, o RGPD continua aplicável. Outras obrigações relacionadas com o *AI Act*, propriedade intelectual, confidencialidade e cibersegurança serão aprofundadas no Capítulo 7. [R21]

4.2.8 Sustentabilidade e proporcionalidade

Estar preparado para IA também significa ser capaz de evitar uma solução mais complexa, dispendiosa ou intensiva em recursos do que o problema justifica. [R14]

Uma regra, análise estatística ou modelo simples pode ser preferível a uma solução mais sofisticada se produzir um resultado suficientemente bom com menores necessidades de integração, manutenção e processamento. [R14]

Para a PME, a avaliação deve considerar:



Figura 43: Sustentabilidade e proporcionalidade para um primeiro projeto de IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R14].

Cofinanciado pela União Europeia

Limite deste capítulo: nesta fase interessa sobretudo confirmar que as questões relevantes foram identificadas e que existe alguém responsável por as analisar. O objetivo não é realizar aqui uma avaliação jurídica ou de cibersegurança completa.

4.3 Autoavaliação de prontidão para IA

Para transformar estas oito dimensões num diagnóstico prático, o Guia disponibiliza uma Autoavaliação de Prontidão para IA, apresentada integralmente no Anexo A.1.

A ferramenta foi desenvolvida para fins pedagógicos no âmbito do TWINS4TS. Não constitui uma certificação, auditoria ou norma oficial de maturidade. O seu objetivo é estruturar uma conversa entre gestão, responsáveis do processo e equipa técnica antes da decisão de avançar para experimentação. [R5]; [R11]

Cada uma das oito dimensões é avaliada através de duas afirmações. Para cada afirmação utiliza-se a seguinte escala:



Figura 44: Autoavaliação rápida: como pontuar.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em princípios de OECD [R5], NIST AI RMF [R11], ISO/IEC 42001 [R18] e ISO/IEC 23894 [R19].

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Cada dimensão pode, assim, obter entre 0 e 4 pontos, e o resultado global entre 0 e 32 pontos.

A pontuação total deve, contudo, ser interpretada com cuidado. Uma média elevada não deve compensar uma lacuna essencial. Por esse motivo, o modelo TWINS4TS considera como dimensões particularmente críticas para a passagem a "Experimentar": problema e processo; dados; liderança; governação e segurança e informação.

Para o nível "Experimentar" ou superior, o Guia propõe que estas dimensões apresentem pelo menos 2 pontos em 4. Trata-se de um critério pedagógico de passagem (ponto de decisão) definido pelo TWINS4TS, e não de um limiar estabelecido por uma norma técnica. [R5]; [R11]

A representação dos resultados num gráfico radar permite identificar rapidamente desequilíbrios entre dimensões. O objetivo não é procurar uma figura visualmente "perfeita", mas reconhecer as lacunas que podem comprometer o caso e transformá-las em ações de preparação.

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 45: Prontidão para IA por dimensão.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. A linha 2/4 é uma referência pedagógica para leitura dos pontos de decisão, não um limiar normativo.

4.4 Níveis de prontidão TWINS4TS

Para transformar o diagnóstico numa decisão, o Guia utiliza cinco níveis de prontidão: Explorar, Preparar, Experimentar, Integrar e Escalar. O modelo é deliberadamente simples e orientado a PME. Foi construído a partir dos facilitadores identificados pela OCDE e dos princípios de governação e gestão de risco do NIST e das normas ISO, mas a nomenclatura, pontuação e pontos de decisão são uma ferramenta própria do TWINS4TS. [R5]; [R11]; [R18]; [R19]

A classificação deve ser lida como uma indicação do próximo passo, não como um ranking de qualidade da empresa. Uma organização no nível "Preparar" pode estar a

tomar uma decisão mais responsável do que outra que avança diretamente para um piloto sem dados ou controlo. [R5]; [R11]



Figura 46: Níveis de prontidão TWINS4TS.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. Escala pedagógica; não corresponde a certificação ou norma oficial de maturidade.

4.4.1 Explorar

Neste nível, a empresa ainda está a compreender o problema e a possível utilidade da IA. Pode existir interesse pela tecnologia, mas a relação entre problema, dados, resultado e indicador ainda não está suficientemente clara.

A prioridade consiste em:

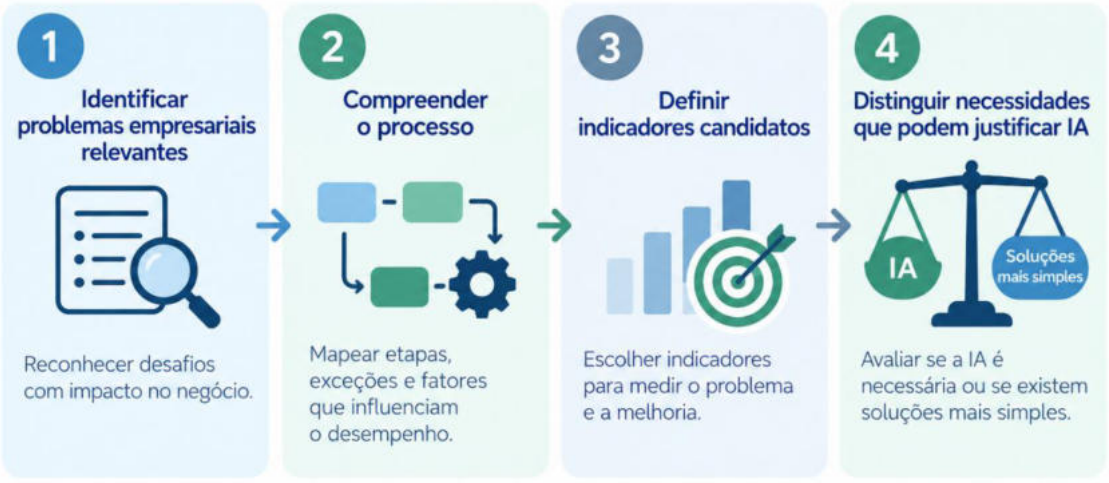


Figura 47: Prioridades no nível "Explorar".

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. Escala pedagógica; não corresponde a certificação ou norma oficial de maturidade.

Cofinanciado pela União Europeia

Resultado esperado: uma pequena lista de oportunidades suficientemente concretas para posterior análise.

Evitar: adquirir uma solução antes de compreender o problema que se pretende resolver. [R5]; [R11]

4.4.2 Preparar

A empresa já identificou uma oportunidade relevante, mas uma ou mais condições essenciais ainda são insuficientes.

A prioridade consiste em reduzir as incertezas que impedem uma experimentação credível, por exemplo:



Figura 48: Prioridades no nível "Preparar".

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. Escala pedagógica; não corresponde a certificação ou norma oficial de maturidade.

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Resultado esperado: condições mínimas documentadas e critérios claros para decidir se o caso pode avançar para experimentação.

Evitar: tentar compensar dados ou processos deficientes através de maior complexidade tecnológica. [R5]; [R11]

4.4.3 Experimentar

A empresa possui condições suficientes para executar um piloto limitado, mensurável e reversível.

O problema está definido, existem dados utilizáveis, responsáveis identificados, indicadores, condições básicas de segurança e um contexto em que o resultado pode ser testado.



Figura 49: Prioridades no nível "Experimentar".

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. Escala pedagógica; não corresponde a certificação ou norma oficial de maturidade.

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Resultado esperado: evidência técnica e operacional que permita decidir entre parar, ajustar ou avançar.

Evitar: confundir uma prova de conceito tecnicamente bem-sucedida com uma solução pronta para produção. [R5]; [R11]

4.4.4 Integrar

Neste nível, já existe evidência suficiente para considerar a utilização da solução no processo real.

A atenção desloca-se do teste para:



Figura 50: Prioridades no nível "Integrar".

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. Escala pedagógica; não corresponde a certificação ou norma oficial de maturidade.

Resultado esperado: uma solução integrada no processo com responsabilidades, monitorização e suporte definidos.

Evitar: assumir que o desempenho observado no piloto permanecerá automaticamente estável depois da entrada em operação. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

4.4.5 Escalar

A empresa possui experiência suficiente para expandir a utilização de IA a novos equipamentos, processos ou casos, preservando governação, controlo e capacidade de manutenção.

Escalar não significa simplesmente replicar uma solução. Cada novo contexto deve ser novamente analisado, porque os dados, riscos, utilizadores e condições operacionais podem ser diferentes.



Figura 51: Prioridades no nível "Escalar".

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. Escala pedagógica; não corresponde a certificação ou norma oficial de maturidade.

Resultado esperado: expansão controlada, reutilização de aprendizagens e integração da IA no roteiro de transformação digital.

Evitar: escalar antes de conhecer o custo total, as necessidades de suporte e a capacidade da organização para manter as soluções ao longo do tempo. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

O que fazer em cada nível

Tabela 6: Nível de prontidão e respetivas orientações.

Nível	Ação prioritária	Evidência de saída	Evitar
Explorar	Escolher 2-3 problemas empresariais e descrever impacto.	Mapa de oportunidades + problemas com KPI candidato.	Comprar solução antes de saber o problema.
Preparar	Fechar 2-4 lacunas críticas de processo, dados, papéis ou segurança.	Dados mínimos + referência inicial + responsáveis + ponto de decisão para piloto.	Tentar compensar dados fracos com um modelo mais complexo.
Experimentar	Definir piloto limitado, comparador/referência inicial e critérios de saída.	Evidência técnica e operacional para decisão.	Confundir prova de conceito com entrada em produção.
Integrar	Criar processo de operação, monitorização, suporte e incidentes.	Sistema integrado com responsabilidade definida.	Assumir que desempenho do piloto se manterá automaticamente.
Escalar	Reutilizar padrões, arquitetura e governação com avaliação por caso.	Expansão controlada e roteiro de IA.	Escalar antes de medir custo total e capacidade de manutenção.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. Escala pedagógica; não corresponde a certificação ou norma oficial de maturidade.

Regra de decisão: quando existe uma lacuna crítica, o próximo passo é tratar essa lacuna - e não reduzir artificialmente o critério para justificar a passagem ao nível seguinte. [R5]; [R11]

Exemplo contínuo MoveTec

A MoveTec aplica a autoavaliação ao caso principal da CNC crítica. Trata-se de um exercício pedagógico, não de um resultado de empresa real. A caracterização mantém a

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

continuidade do "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais" e dos capítulos anteriores: existe um problema operacional relevante e alguns dados exportáveis, mas os registos de manutenção e as causas de paragem ainda não são totalmente consistentes. [R2]

Tabela 7: Exemplo contínuo MoveTec.

Dimensão	Pontuação pedagógica	Leitura
Problema e processo	3/4	CNC crítica e objetivo claros; referência inicial ainda precisa de maior detalhe.
Dados	2/4	Sinais exportáveis; histórico e ligação a causas de manutenção ainda incompletos.
Tecnologia e integração	2/4	Exportação possível; integração e ambiente de piloto ainda não preparados.
Pessoas e competências	3/4	Conhecimento forte de manutenção; falta apoio especializado em dados/IA.
Liderança	3/4	Gestão aceita piloto controlado; recursos e ponto de decisão ainda devem ser formalizados.
Governação	1/4	Dono do caso e responsabilidades de risco/decisão ainda não formalizados.
Segurança e informação	2/4	É necessária revisão de acessos, fornecedor, retenção e condições de utilização.
Sustentabilidade	3/4	Caso pequeno e reversível; falta comparar explicitamente custo computacional/alternativas.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos. A MoveTec é fictícia.

A MoveTec obtém 19/32. O total deve ser interpretado em conjunto com as dimensões críticas. A governação apresenta 1/4, abaixo da referência pedagógica de 2/4 definida neste guia; por isso, a decisão é preparar e corrigir esta lacuna antes de experimentar. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

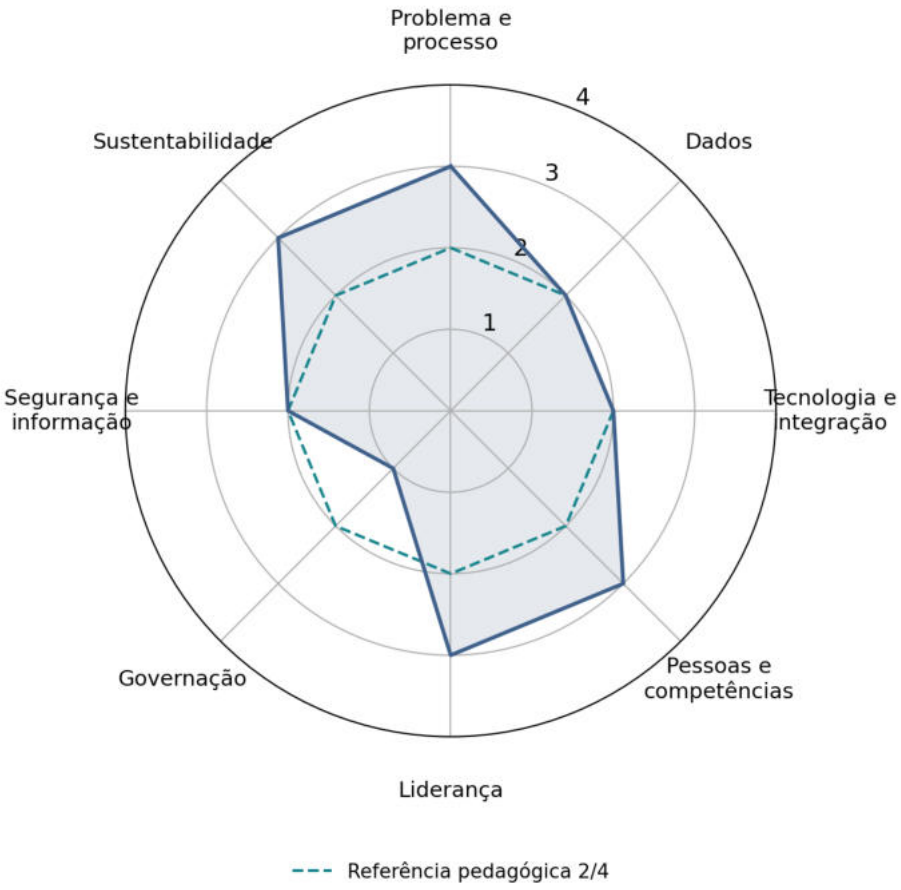


Figura 52: MoveTec e o diagnóstico de prontidão.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos. A MoveTec é fictícia; a pontuação ilustra a aplicação da ferramenta TWINS4TS.

Antes de repetir o diagnóstico, a empresa deverá:

1. normalizar códigos e registos de paragens e intervenções de manutenção;

2. relacionar os sinais da CNC com estados, programas, produtos e ocorrências de manutenção;

3. garantir consistência temporal entre as diferentes fontes de informação;

4. formalizar o dono do caso, responsável técnico, utilizadores e autoridade para avançar ou parar;

5. rever acessos, credenciais, retenção e condições aplicáveis ao fornecedor;

6. estabelecer a referência inicial através de indicadores como tempo de paragem, MTBF, MTTR e frequência de paragens;

7. definir critérios de sucesso e preparar um ambiente de experimentação limitado e reversível. [R2]; [R11]

Decisão da MoveTec: não adquirir ainda uma plataforma de "manutenção preditiva". A prioridade é tratar as lacunas identificadas e repetir o diagnóstico. Quando existirem condições suficientes ao nível de governação, dados, referência inicial e ambiente de teste, a empresa poderá avançar para um piloto de deteção de anomalias. [R2]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

4.5 Mensagens-chave do capítulo

1. A prontidão para IA é específica do caso de utilização.

A mesma PME pode possuir condições suficientes para experimentar uma aplicação e apresentar lacunas importantes para outra, consoante o processo, os dados, a tecnologia e o nível de risco envolvidos. [R5]; [R11]

2. A prontidão deve ser analisada em várias dimensões.

Problema e processo, dados, tecnologia e integração, pessoas e competências, liderança, governação, segurança e informação e sustentabilidade/proporcionalidade formam uma avaliação conjunta. [R5]; [R11]; [R18]

3. Dados existentes não significam dados adequados para o caso.

É necessário verificar existência, qualidade, histórico, contexto, ligação ao resultado pretendido e possibilidade de acesso e reutilização. [R5]; [R11]

4. Liderança, competências e governação fazem parte da preparação da empresa.

Uma iniciativa necessita de pessoas que compreendam o processo, responsabilidades definidas, capacidade técnica adequada e autoridade para tomar decisões sobre a utilização da solução. [R11]; [R18]

5. Os níveis TWINS4TS indicam o próximo estado de preparação.

Explorar, Preparar, Experimentar, Integrar e Escalar ajudam a orientar a ação da PME e não constituem uma certificação ou ranking da qualidade da organização. [R5]; [R11]; [R18] [R19]

6. A pontuação global não deve esconder uma lacuna crítica.

Os pontos de decisão definidos no diagnóstico ajudam a identificar condições cuja insuficiência deve ser tratada antes de a empresa passar para uma fase mais exigente. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

5 Casos de aplicação nas indústrias do Tâmega e Sousa

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa
P.PORTO
COMPETE 2030
PORTUGAL 2030
Cofinanciado pela União Europeia

5 Casos de aplicação nas indústrias do Tâmega e Sousa

Pergunta-guia

- Como pode uma PME industrial aprender com casos de aplicação de IA de outros setores ou empresas sem copiar soluções desajustadas à sua realidade?

Objetivos do capítulo

- Ensinar o leitor a interpretar criticamente um caso de aplicação, separando problema, processo, dados, abordagem de IA, KPI, benefícios potenciais, pré-requisitos, riscos e papel humano;
- Apresentar padrões de aplicação relevantes para metalomecânica, mobiliário/madeira, têxtil/vestuário, calçado/couro e, de forma complementar, agroalimentar;
- Distinguir aquilo que pode ser transferido entre setores daquilo que tem de ser redesenhado para cada processo, máquina, produto e empresa;
- Evitar a lógica de "casos de sucesso" como promessa de resultados universais, privilegiando casos como instrumentos de aprendizagem e formulação de hipóteses;
- Disponibilizar um método curto para adaptar um caso à própria PME.

Resultado esperado

- No final do capítulo, o leitor deverá conseguir analisar um exemplo externo sem confundir possibilidade com evidência de viabilidade na sua empresa. Deverá ainda ser capaz de transformar um caso setorial numa ficha adaptada à sua própria

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

realidade, identificando os dados, KPI, pré-requisitos, riscos e papel humano antes de decidir se o caso merece avançar para priorização.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

5.1 Como interpretar um caso de aplicação

Os exemplos apresentados neste capítulo têm três naturezas distintas: (1) aplicações documentadas em fontes externas, identificadas como tal; (2) padrões de aplicação tecnicamente plausíveis, apresentados para apoiar a análise e sujeitos a validação no contexto de cada PME; e (3) exemplos pedagógicos da MoveTec, empresa fictícia utilizada para demonstrar o método. Nenhum exemplo deve ser interpretado como garantia de desempenho ou como recomendação automática de tecnologia.



Figura 53: Como interpretar um caso de aplicação.

Um caso de aplicação é útil quando ajuda a formular uma hipótese empresarial; torna-se perigoso quando é lido como uma receita. Uma empresa pode demonstrar que determinada abordagem funcionou num equipamento, produto ou processo específico, mas esse resultado não prova que a mesma solução produzirá o mesmo efeito noutra PME. O NIST recomenda que o desempenho e o risco sejam avaliados no contexto concreto de utilização, incluindo utilizadores, condições operacionais, limitações e consequências de erro. [R11]

A OCDE, ao analisar a adoção de IA na indústria transformadora europeia, destaca manutenção preditiva, garantia/controlo da qualidade e otimização da cadeia de abastecimento entre os casos de aplicação de maior impacto, mas sublinha

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

simultaneamente que a adoção permanece fragmentada e depende de condições organizacionais, dados e competências. [R13]

Para uma PME, isto significa que um caso externo serve para descobrir perguntas e possibilidades - não para saltar a avaliação de prontidão feita no Capítulo 4.

A leitura recomendada neste Guia segue nove campos. Primeiro, identificar o problema e o processo. Depois, perceber que dados são utilizados, que abordagem de IA gera o resultado e que KPI permite medir valor. Por fim, analisar pré-requisitos, riscos e o papel das pessoas. Esta estrutura permite comparar casos muito diferentes sem reduzir a análise ao nome da tecnologia. [R11]; [R13]



Figura 54: Nove perguntas para interpretar um caso de aplicação.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R13].

Regra de leitura: não transfira para a sua empresa a percentagem de benefício anunciada por outra organização. Transfira as perguntas, a estrutura do problema e o método utilizado para produzir e validar evidência. [R11]; [R13]

5.2 Metalomecânica

A metalomecânica inclui realidades muito diferentes, desde pequenas empresas de maquinação e peças de precisão até organizações que desenvolvem máquinas, moldes e equipamentos completos. O *Roadmap* para a Transição Digital do Setor da Metalomecânica, publicado em 2023 no âmbito do projeto SHIFT2Future, descreve cadeias de valor frequentemente orientadas à encomenda, com atividades de orçamentação, engenharia, compras, produção discreta, testes, metrologia, qualidade, logística e manutenção, e enfatiza integração, sensorização, rastreabilidade e análise de dados como dimensões relevantes da transição digital. [R23]

É precisamente neste contexto que IA pode acrescentar valor, sobretudo quando existem problemas repetidos e dados suficientes para reconhecer padrões que regras simples não captam. A OCDE identifica manutenção preditiva, qualidade e cadeia de abastecimento como áreas particularmente relevantes na indústria transformadora. [R13]

Caso A - Deteção de anomalias em máquinas críticas

Problema: uma CNC, centro de maquinação, compressor ou outro ativo crítico apresenta comportamentos irregulares e paragens não planeadas.

Processo: operação e manutenção.

Dados: estados da máquina, corrente, temperatura, vibração, carga, velocidade, alarmes, programa executado e histórico de intervenções.

Abordagem: deteção de anomalias ou, quando existe histórico suficientemente classificado, previsão/classificação de estados.

KPI: tempo de paragem, MTBF, MTTR, proporção de alertas tecnicamente úteis e falhas relevantes não detetadas. [R13]; [R23]

Benefício potencial: apoiar uma verificação mais precoce, reduzir investigação manual e orientar manutenção para equipamentos ou momentos de maior risco.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

Pré-requisitos: *timestamps* consistentes, contexto de produção, registo de intervenções e participação da manutenção.

Riscos: falsos alarmes, alteração de padrões entre produtos, interpretação de uma anomalia como avaria certa e dependência excessiva do modelo. Papel humano: técnico de manutenção valida o alerta e decide a intervenção. [R13]

Caso B - Qualidade assistida por visão computacional

Problema: inspeções visuais ou dimensionais repetitivas, com risco de variação entre inspetores ou deteção tardia.

Processo: controlo em operação, metrologia ou controlo final.

Dados: imagens ou medições, referência do produto e classificação de defeitos. Abordagem: classificação/deteção por visão computacional.

KPI: defeitos relevantes não detetados, falsos rejeitados, tempo de inspeção e retrabalho. [R13]; [R23]

O ponto crítico não é apenas o modelo. Iluminação, posicionamento, resolução, variedade de peças e definição consistente do que constitui defeito condicionam fortemente o resultado. Um sistema pode funcionar bem numa família de peças e degradar-se quando surgem geometrias, acabamentos ou condições de captura diferentes. [R13]; [R23]

Tabela 8: Exemplo pedagógico (metalomecânica).

Metalomecânica	Problema	Dados principais	IA possível	KPI
Máquina crítica	Paragens e comportamento irregular	Sinais de máquina + estados + manutenção	Deteção de anomalias / classificação	Tempo de paragem; MTBF; alertas validados

Cofinanciado pela União Europeia

Metalomecânica	Problema	Dados principais	IA possível	KPI
Qualidade	Defeitos ou desvios detetados tarde	Imagem/medição + referência + defeito	Visão computacional	Defeitos não detetados; rejeições; retrabalho
Planeamento	Ordens complexas e capacidade variável	Ordens + tempos + recursos + restrições	Previsão / apoio ao planeamento	Atrasos; cumprimento de prazo; *setups*

5.3 Mobiliário, madeira e componentes industriais

No mobiliário, madeira e componentes industriais, a diversidade de referências, materiais, acabamentos e operações cria problemas onde a combinação entre dados de processo e conhecimento operacional pode ser valiosa. O "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais" já enquadrou este setor entre as fileiras industriais relevantes do Tâmega e Sousa e destacou a necessidade de soluções proporcionais à maturidade e aos sistemas existentes. [R2]

Um primeiro padrão de aplicação é semelhante ao da metalomecânica: monitorização de CNC, seccionadoras, centros de furação ou equipamentos de acabamento. A abordagem pode passar por regras, *Analytics* ou, quando há informação suficiente, deteção de anomalias. A transferência entre setores está no padrão do problema; os sinais, regimes de funcionamento e critérios de falha terão de ser redesenhados para cada máquina. [R13]

Caso A - Inspeção de superfícies e acabamentos

Problema: riscos, manchas, falhas de acabamento, imperfeições de bordo ou outros defeitos visuais são encontrados apenas no controlo final.

Processo: acabamento, controlo intermédio ou inspeção final.

Cofinanciado pela União Europeia

Dados: imagens obtidas em condições estáveis, referência do produto, material/acabamento e classes de defeito.

Abordagem: visão computacional.

KPI: defeitos não detetados, falsos rejeitados, FPY e retrabalho. [R13]

Benefício potencial: criar um ponto de controlo mais cedo e tornar a inspeção mais consistente.

Pré-requisitos: taxonomia de defeitos, iluminação estável, amostras representativas de produtos e defeitos e validação por especialistas de qualidade.

Riscos: variação natural da madeira, reflexos, novos acabamentos, alterações de cor ou produto e diferenças entre defeito real e característica estética aceitável. [R13]

Caso B - Apoio ao planeamento e estimativa

Empresas com elevada personalização podem também explorar previsão de tempos, apoio ao planeamento ou estimativa de necessidades, desde que existam dados históricos suficientemente estruturados. Nestes problemas, a alternativa de comparação deve incluir métodos simples e otimização clássica; não é correto assumir que um problema de sequenciamento exige necessariamente IA. [R13]

Tabela 9: Exemplo pedagógico (Mobiliário, madeira e componentes industriais).

Mobiliário/madeira	Exemplo de caso	Dados	Indicador principal
Qualidade	Deteção visual de defeitos de superfície/acabamento	Imagem + referência + classes de defeito	FPY; retrabalho; defeitos não detetados
Manutenção	Anomalias em CNC e equipamentos críticos	Sinais + estados + manutenção	Tempo de paragem; MTBF
Planeamento	Previsão de tempos/capacidade em produção personalizada	Ordens + tempos + materiais + recursos	Cumprimento de prazo; desvios de tempo

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

5.4 Têxtil e vestuário

O ecossistema têxtil europeu está simultaneamente sujeito a exigências de digitalização, sustentabilidade, resiliência e competitividade. O *Textiles Ecosystem Transition Pathway* da Comissão Europeia, publicado em 6 de junho de 2023, organiza cerca de 50 ações para apoiar a dupla transição e a resiliência de longo prazo do ecossistema. [R24]

Este enquadramento não é uma lista de casos de IA, mas reforça que tecnologia, competências, sustentabilidade e modelos de negócio devem evoluir de forma articulada.

Caso A - Deteção de defeitos em tecido ou produto

Problema: defeitos como falhas de tecelagem, manchas, irregularidades, costuras ou outros desvios são detetados tarde ou dependem de inspeção visual intensiva.

Processo: produção, acabamento ou controlo de qualidade. Dados: imagens, lote, artigo, cor, máquina, operação e classificação de defeito.

Abordagem: visão computacional.

KPI: taxa de defeitos não detetados, falso rejeitado, tempo de inspeção e retrabalho. [R24] [R13]

A utilização deve ser desenhada por família de produto e condição de captura. Tecidos com padrões, brilho, diferentes cores ou estruturas podem alterar significativamente a dificuldade. A qualidade do conjunto de dados é inseparável da consistência com que os especialistas definem e classificam os defeitos. [R13]; [R24]

Caso B - Previsão e planeamento de pequenas séries

Problema: procura variável, séries curtas, mudanças frequentes e necessidade de responder a prazos.

Cofinanciado pela União Europeia

Dados: encomendas, artigos, quantidades, tempos de operação, capacidade, disponibilidade e histórico de procura.

Abordagem: previsão para determinados horizontes e apoio ao planeamento, combinável com métodos de otimização.

KPI: erro de previsão, OTIF/cumprimento de prazos, stocks, alterações urgentes e utilização de capacidade. [R13]; [R24]

Caso C - Energia e anomalias de consumo

Em processos com consumo energético relevante, modelos podem ajudar a identificar padrões de consumo invulgares ou estimar consumo esperado por lote, linha ou produção. O valor só existe se a informação conduzir a ações operacionais e for comparada com uma referência inicial. A IEA sublinha que sistemas de gestão de energia e medição são essenciais para transformar dados em ações de eficiência; IA pode complementar, não substituir, essa base. [R15]

Tabela 10: Exemplo pedagógico (Têxtil e vestuário).

Têxtil/vestuário	Problema	IA possível	KPI
Inspeção	Defeitos visuais e variabilidade da inspeção	Visão computacional	Defeitos não detetados; retrabalho
Planeamento	Séries curtas, procura e capacidade variáveis	Previsão + apoio ao planeamento	Erro de previsão; cumprimento de prazo
Energia	Consumo anómalo por linha/lote	Deteção de anomalias / previsão	kWh/unidade; desvios de consumo

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

5.5 Calçado e couro

O setor do calçado oferece exemplos particularmente úteis para este capítulo porque existem iniciativas portuguesas documentadas que mostram a utilização de visão artificial e IA em diferentes partes da cadeia de valor. O CTCP publicou, em 24 de junho de 2024, uma síntese de aplicações de IA no calçado, abrangendo design, materiais, análise de mercado, cadeia de fornecimento, qualidade, manufatura, personalização e sustentabilidade. [R25]

Na mesma data, o CTCP descreveu projetos de visão artificial orientados a tarefas concretas: inspeção dimensional de solas, leitura de formas para adaptação de estações, verificação de parâmetros e defeitos, e inspeção/controlo de qualidade em diferentes etapas de produção. [R26]

Estes exemplos são particularmente úteis porque mostram que a aplicação não é "usar visão artificial"; é transformar uma tarefa de inspeção específica, com equipamento de captura, critérios e integração definidos.

Caso A - Inspeção dimensional e de defeitos

Problema: verificação manual de componentes, solas, cortantes ou produto em diferentes fases.

Processo: corte, preparação, montagem ou controlo.

Dados: imagem 2D/3D, modelo/referência, limites dimensionais e classes de defeito. Abordagem: visão computacional.

KPI: não conformidades detetadas, falso rejeitado, tempo de inspeção e estabilidade da medição. [R25]; [R26]

Benefício potencial: automatizar uma parte repetitiva da verificação e disponibilizar evidência consistente à qualidade.

Pré-requisitos: referência digital, captura controlada e critérios de aceitação.

Cofinanciado pela União Europeia

Riscos: variedade de modelos, materiais e acabamentos, iluminação, geometria e calibração.

Papel humano: qualidade valida exceções e mantém os critérios. [R25]; [R26]

Caso B - Apoio ao conhecimento e desenvolvimento

IA generativa pode apoiar pesquisa, síntese e exploração inicial de documentação, requisitos, tendências ou ideias de design, mas não deve substituir validação técnica nem decisões de propriedade intelectual, segurança ou qualidade. A mesma regra definida no Capítulo 2 permanece válida: fluência não significa verdade. [R12]

Tabela 11: Exemplo pedagógico (Calçado e couro).

Calçado/couro	Exemplo documentado ou padrão	Dados/entrada	Cuidado principal
Qualidade	Inspeção dimensional de solas e componentes	Imagem/3D + referência + tolerâncias	Calibração, diversidade de modelos e falsos rejeitados
Produção	Leitura de forma e adaptação de operações	Imagem/3D + geometria + parâmetros	Integração segura com equipamento/robótica
Conhecimento/design	Apoio à geração/transformação de conteúdo	*Brief*, documentos, imagens	Validação humana, PI e rastreabilidade da fonte

5.6 Agroalimentar - aplicação complementar

O agroalimentar surge neste Guia como aplicação complementar. O capítulo aprofunda sobretudo metalomecânica, mobiliário, têxtil e calçado, utilizando fontes setoriais específicas para esses contextos, enquanto no agroalimentar a análise é deliberadamente mais sintética. Neste setor, a experimentação tecnológica deve coexistir com as obrigações de rastreabilidade aplicáveis à cadeia alimentar. [R23]; [R24]; [R25]; [R26]; [R27]; [R28]

Cofinanciado pela União Europeia

O relatório 2024 do *European Monitor of Industrial Ecosystems* para o agroalimentar, publicado pela União Europeia em 2025, analisa a transição digital do ecossistema e inclui a utilização de IA por etapa de operação entre os indicadores acompanhados. [R28]

Em contexto industrial, padrões de aplicação plausíveis incluem classificação visual, controlo de processo, previsão de procura e apoio à rastreabilidade, sempre subordinados aos requisitos de segurança alimentar e aos sistemas de controlo aplicáveis.

Caso A - Qualidade visual e classificação

Problema: separar produto por características visuais, detetar defeitos de embalagem ou apoiar inspeções repetitivas.

Dados: imagem, lote, produto, classe e resultado da inspeção.

Abordagem: visão computacional.

KPI: não conformidades não detetadas, falsos rejeitados e velocidade da inspeção. O sistema deve ser validado no contexto real, porque iluminação, formato, variação natural do produto e sujidade podem alterar o desempenho. [R28]

Caso B - Previsão e planeamento

Problema: combinar procura, perecibilidade, capacidade e compras.

Dados: vendas/encomendas, sazonalidade, validade, stocks, lead time e capacidade.

Abordagem: previsão, complementada por regras e otimização.

KPI: erro de previsão, ruturas, desperdício, nível de serviço e stock. [R28]

A rastreabilidade permanece uma obrigação independente da utilização de IA. O Regulamento (CE) n.º 178/2002 exige que a rastreabilidade de alimentos, alimentos para animais e substâncias relevantes seja estabelecida ao longo das etapas de produção, transformação e distribuição. [R27]

Conselho Empresarial Tâmega e Douro · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

IA pode apoiar a investigação ou deteção de padrões sobre dados de rastreabilidade, mas não substitui os sistemas e responsabilidades exigidos. Este Guia não constitui aconselhamento jurídico.

Tabela 12: Exemplo pedagógico (Agroalimentar).

Agroalimentar	Aplicação	KPI	Condição essencial
Qualidade	Visão computacional para classificação/inspeção	Não conformidades; falsos rejeitados	Critérios de qualidade + captura controlada
Planeamento	Previsão de procura/necessidades	Erro de previsão; ruturas; desperdício	Histórico + sazonalidade + validade
Processo	Anomalias em condições operacionais	Desvios; incidentes; estabilidade	Sensores fiáveis + limites/processo conhecidos
Rastreabilidade	Pesquisa e análise sobre dados de lote	Tempo de rastreio; completude	Sistema de rastreabilidade conforme

5.7 Aplicações transversais a diferentes setores

Apesar das diferenças entre fileiras industriais, vários tipos de problema reaparecem: equipamentos críticos podem parar, defeitos necessitam de ser identificados, procura e capacidade variam, conhecimento técnico encontra-se disperso e energia e materiais representam recursos relevantes. Isto permite reconhecer famílias transversais de aplicação, sem assumir que os dados, modelos ou condições de utilização são iguais entre empresas. [R13]

A OCDE identifica precisamente manutenção preditiva, garantia da qualidade e otimização da cadeia de abastecimento entre casos de referência na manufatura. [R13]

A estas áreas podem acrescentar-se, para efeitos deste Guia, planeamento/previsão, apoio ao conhecimento e análise de energia/recursos, sempre com avaliação caso a caso.

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 13: Aplicações transversais a diferentes setores.

Padrão transversal	Dados típicos	Resultado possível	KPI possível
Manutenção e anomalias	Sinais, estados, alarmes, manutenção	Alerta ou indicador de anomalia	Tempo de paragem, MTBF, MTTR
Qualidade e visão	Imagens, produto, defeito, referência	Classe, localização ou indicador	FPY, retrabalho, não conformidades
Previsão	Histórico, encomendas, sazonalidade, contexto	Valor ou probabilidade futura	Erro de previsão, stock, nível de serviço
Planeamento	Ordens, tempos, recursos, restrições	Priorização ou recomendação	Prazo, *setups*, utilização de capacidade
Conhecimento	Procedimentos, manuais, registos	Pesquisa, síntese ou resposta	Tempo de pesquisa, respostas validadas
Energia e recursos	Consumo, produção, lote, turno	Previsão ou deteção de desvio	kWh/unidade, desperdício

Nota: a presença de uma aplicação num setor indica apenas que o exemplo foi analisado; não representa prioridade, nível de adoção, impacto esperado ou maturidade relativa do setor. A adequação deve ser avaliada caso a caso.

5.8 Como adaptar um caso de aplicação à própria PME

Os casos apresentados ao longo do capítulo podem reduzir o esforço necessário para identificar oportunidades, mas não eliminam a necessidade de reconstruir o caso no contexto da própria empresa. O que deve ser transferido é sobretudo a lógica de análise. Equipamentos, dados, produtos, processos, custos de erro e condições de utilização podem variar mesmo entre empresas aparentemente semelhantes.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

5.8.1 O que pode ser transferido entre empresas e setores?

O maior valor de um caso externo está frequentemente na estrutura, não na solução. Uma PME pode reutilizar a forma como o problema foi formulado, os tipos de dados considerados, a lógica de KPI, o desenho de um piloto e as perguntas de risco. Esta transferência reduz o esforço de descoberta sem criar a ilusão de que o desempenho técnico também será transferível. [R5]; [R11]

Por exemplo, o caso "detetar anomalias numa máquina crítica" é transferível entre metalomecânica e mobiliário porque a lógica de decisão é semelhante: observar sinais, reconhecer desvios, gerar um alerta e pedir validação à manutenção. Mas os sinais relevantes, estados normais, frequência de amostragem, histórico e custo de erro são específicos de cada ativo. [R5]; [R11]

Também é transferível a ideia de comparar IA com uma referência inicial simples. Se uma regra ou análise estatística resolve o problema com desempenho suficiente, a empresa deve considerar essa alternativa. O objetivo é demonstrar valor incremental, não apenas demonstrar que um modelo consegue produzir uma saída. [R5]; [R11]



Figura 55: O que pode ser transferido e o que depende do contexto.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, com base na lógica de avaliação contextual do NIST [R11] e na análise de adoção em PME [R5].

Cofinanciado pela União Europeia

5.8.2 O que depende do contexto específico de cada PME?

A parte mais importante de um caso de IA tende a ser justamente a que não aparece num resumo comercial: como funciona o processo real. Duas empresas do mesmo setor podem utilizar equipamentos distintos, fabricar produtos com níveis de variedade diferentes, registar causas de falha de forma diferente e possuir relações diferentes com clientes e fornecedores. [R5]; [R11]

O contexto determina, entre outros aspetos, a definição de normalidade, o custo de um erro, a qualidade dos dados, os requisitos de latência, a possibilidade de intervir no processo, a explicação necessária ao utilizador e o grau de supervisão humana. O NIST considera o contexto de utilização central para a identificação e gestão de risco e alerta para diferenças entre condições de desenvolvimento e condições reais. [R11]

EXEMPLO:

Um falso positivo num sistema de deteção de anomalias pode significar apenas cinco minutos de verificação numa PME e, noutra, uma paragem cara de uma linha. A mesma métrica técnica pode, portanto, ter consequências empresariais muito diferentes. [R5]; [R11]

Também a maturidade digital influencia a adaptabilidade. A OCDE observa que a adoção de IA nas PME varia com maturidade digital, complexidade e âmbito do uso, além de depender de conectividade, dados, competências e financiamento. [R5]

Assim, um caso tecnologicamente simples pode ser organizacionalmente difícil se exigir dados que a empresa ainda não regista.

5.8.3 Como adaptar um caso à própria empresa

Adaptar um caso não significa substituir o nome de uma empresa pelo de outra. Significa reconstruir a hipótese a partir do processo real. O processo pode ser realizado

Cofinanciado pela União Europeia

inicialmente por uma pequena equipa que inclua conhecimento do processo, dos dados ou sistemas e do futuro utilizador do resultado. [R5]; [R11]



Figura 56: Como adaptar um caso à própria empresa.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS.

Passo 1 - Reescrever o problema

- Eliminar inicialmente palavras como "IA", "modelo" ou "plataforma" e descrever a situação concreta:
- Onde ocorre? Quem é afetado? Qual é a consequência?
- Exemplo: "Paragens inesperadas na CNC X provocam perda de disponibilidade, horas de diagnóstico e necessidade de replaneamento." [R5]; [R11]

Passo 2 - Mapear o processo e a decisão

- Identificar onde um resultado seria utilizado.
- Quem recebe a informação?

Cofinanciado pela União Europeia

- Em que momento?
- Que decisão poderá tomar?
- Se não existe uma ação possível, o sistema corre o risco de gerar apenas mais informação sem consequência prática. [R5]; [R11]

Passo 3 - Inventariar os dados próprios

Confirmar que informação existe realmente:

- fontes;
- período histórico;
- contexto;
- qualidade;
- acessibilidade;
- classificações;
- lacunas.
- Os dados utilizados por outra empresa não devem ser assumidos como disponíveis ou adequados no contexto da PME. [R5]; [R11]

Passo 4 - Fixar referência inicial e KPI

- Medir a situação atual antes do teste.
- Na manutenção podem ser utilizados tempo de paragem, duração e número de paragens; na qualidade, FPY, retrabalho e defeitos; na previsão, o erro do método atualmente utilizado.
- Sem referência inicial não existe uma base credível para demonstrar melhoria. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Passo 5 - Confirmar pré-requisitos e riscos

- Identificar o que necessita de ser tratado antes da experimentação:
- dados;
- integração;
- competências;
- segurança;
- responsabilidades;
- supervisão;
- consequências dos erros.

Esta análise deve ser relacionada com o diagnóstico de prontidão realizado no Capítulo 4. [R5]; [R11]

Passo 6 - Escolher o menor teste que produza evidência útil

O primeiro teste deve isolar a hipótese essencial e limitar custo, risco e complexidade. Pode começar por:

- dados históricos;
- uma única máquina;
- uma família de produtos;
- um período limitado;
- utilização apenas em modo de recomendação.

O objetivo é aprender antes de integrar ou automatizar. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 14: Como adaptar um caso à própria empresa.

***Checklist* de adaptação**	**Resposta da PME**
Problema descrito sem referência à tecnologia	
Processo e decisão identificados	
Dados próprios confirmados e lacunas registadas	
Referência inicial e KPI definidos	
Alternativa simples de comparação identificada	
Principais riscos e consequências de erro compreendidos	
Responsável pelo resultado e pela decisão identificado	
Menor teste útil definido	

MoveTec - dois casos analisados em profundidade

A MoveTec aplica agora o método do capítulo a duas oportunidades já identificadas. O objetivo ainda não é decidir definitivamente qual deve avançar - essa priorização será realizada no Capítulo 6 -, mas perceber por que razão duas aplicações aparentemente interessantes podem exigir condições de preparação muito diferentes. Esta lógica já está presente no desenvolvimento atual da MoveTec e é importante preservá-la.

Cofinanciado pela União Europeia

Caso 1 - Deteção de anomalias numa CNC crítica

Tabela 15: MoveTec - Caso 1 analisado em profundidade.

Campo	MoveTec - CNC crítica
Problema	Paragens inesperadas numa CNC crítica provocam perda de disponibilidade e replaneamento.
Processo	Maquinação CNC + manutenção.
Dados	Sinais exportáveis da máquina, estados/alarmes, programa/ordem e registos de manutenção.
Abordagem de IA	Deteção de anomalias; eventualmente classificação quando existirem exemplos de falha suficientemente estruturados.
Resultado	Alerta/score de comportamento pouco habitual.
KPI	Tempo de paragem; MTBF; tempo de diagnóstico; alertas validados; falhas relevantes não detetadas.
Benefício potencial	Apoiar verificação mais precoce e concentrar atenção da manutenção.
Pré-requisitos	Sincronizar dados; normalizar paragens/causas; ligar eventos a manutenção; estabelecer referência inicial.
Riscos	Falsos alarmes; mudança de regime; interpretar anomalia como avaria certa.
Papel humano	Técnico de manutenção valida e decide a ação; gestão define o ponto de decisão do piloto.

Leitura: este é o caso com maior continuidade no percurso da MoveTec porque já existe um problema prioritário e alguns dados exportáveis. No entanto, o diagnóstico do Capítulo 4 identificou lacunas de governação e de qualidade/ligação dos registos.

A decisão pedagógica mantém-se: preparar essas condições e só depois executar um piloto controlado. [R11]

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Caso 2 - Visão computacional para controlo de qualidade

Tabela 16: MoveTec - Caso 2 analisado em profundidade.

Campo	MoveTec - qualidade visual
Problema	Alguns defeitos são identificados apenas no controlo final, gerando retrabalho e repetição de inspeções.
Processo	Acabamento/montagem/controlo final, a delimitar por família de produto.
Dados	Imagens do produto, referência, condições de captura e classes de defeito validadas por qualidade.
Abordagem de IA	Classificação/deteção de defeitos por visão computacional.
Resultado	Classe, localização ou score de possível defeito.
KPI	Defeitos não detetados; falsos rejeitados; FPY; retrabalho; tempo de inspeção.
Benefício potencial	Detetar mais cedo e tornar a inspeção mais consistente.
Pré-requisitos	Taxonomia de defeitos; estação de captura; iluminação; conjunto de dados representativo; critérios de aceitação.
Riscos	Variação de produto/acabamento; imagens insuficientes; defeitos raros; automação cega da rejeição.
Papel humano	Qualidade valida classes, exceções e critérios; operador mantém capacidade de revisão.

Leitura: a oportunidade é relevante, mas a MoveTec ainda não possui uma base de imagens rotuladas nem uma estação de captura definida.

Por isso, embora a tecnologia seja madura e existam exemplos noutros setores, o caso exige um trabalho de preparação diferente. Um primeiro passo poderá ser normalizar defeitos e recolher imagens antes de discutir modelos. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

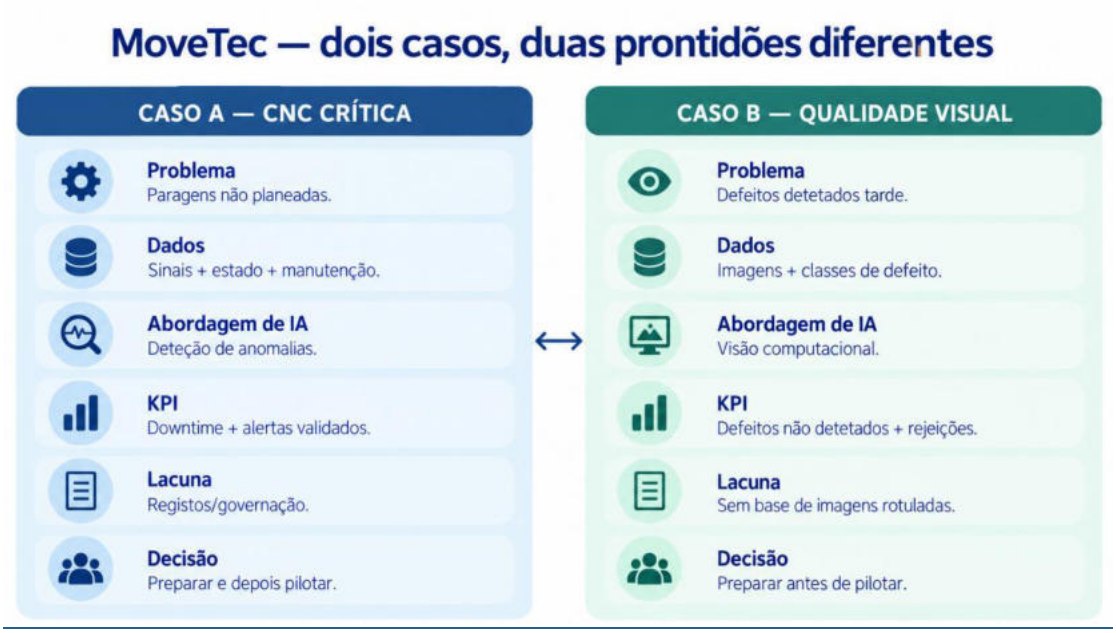


Figura 57: MoveTec: dois casos, duas prontidões diferentes.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos. A MoveTec é fictícia; não são apresentados resultados quantitativos reais.

Aprendizagem MoveTec: o caso tecnologicamente mais apelativo não é necessariamente o melhor primeiro caso. A CNC mantém-se como candidato principal porque o problema está mais claramente definido e já existe alguma base de dados. A visão computacional permanece no portefólio, mas exige primeiro a criação de imagens e critérios de qualidade consistentes. [R11]

5.9 Mensagens-chave do capítulo

1. Um caso de aplicação é uma referência para aprender, não uma receita para copiar.

Os exemplos ajudam a formular hipóteses, reconhecer requisitos e antecipar dificuldades, mas não permitem garantir que outra PME obterá os mesmos resultados. [R11]; [R13]

2. Diferentes setores partilham padrões de problema, mas não necessariamente os mesmos dados ou soluções.

Manutenção, qualidade, previsão, planeamento, energia e conhecimento surgem em várias fileiras industriais, mas têm de ser adaptados ao processo concreto. [R13]

3. O que pode ser transferido entre casos é sobretudo o método de análise. Processo, dados necessários, indicadores, pré-requisitos, riscos e utilização do resultado devem ser novamente avaliados quando uma aplicação é adaptada a outro contexto. [R11]; [R13]

4. Resultados externos devem ser interpretados à luz das condições em que foram obtidos.

Diferenças de equipamento, produto, processo, escala, qualidade dos dados ou critérios operacionais podem limitar a comparação direta entre um caso publicado e a realidade da PME. [R11]; [R13]

5. Duas oportunidades dentro da mesma empresa podem apresentar níveis de preparação muito diferentes.

Na MoveTec, o caso da CNC dispõe já de alguma base de dados, enquanto uma aplicação de visão computacional exige primeiro construir imagens e critérios consistentes de classificação de defeitos. [R11]

6. Adaptar um caso precede a priorização.

Cofinanciado pela União Europeia

O objetivo deste capítulo é transformar exemplos externos em hipóteses adequadas à realidade da PME. A comparação formal de valor, viabilidade, custos e risco será aprofundada no Capítulo 6.

Cofinanciado pela União Europeia

6 Definir uma estratégia e escolher o primeiro caso de IA

Cofinanciado pela União Europeia

6 Definir uma estratégia e escolher o primeiro caso de IA

Pergunta-guia

- Entre várias oportunidades possíveis, qual deve ser o primeiro caso de Inteligência Artificial da PME e que evidência justifica avançar, preparar melhor, adiar ou rejeitar?

Objetivos do capítulo

- Transformar oportunidades de IA num pequeno portefólio comparável e orientado ao negócio;
- Ensinar a formular o problema, estabelecer a referência inicial e definir objetivos, KPIs e critérios de sucesso antes de selecionar tecnologia;
- Avaliar se a IA é realmente necessária ou se uma solução mais simples é suficiente;
- Comparar valor potencial, viabilidade técnica, viabilidade organizacional, risco, criticidade, reversibilidade, custos e recursos;
- Construir uma análise de viabilidade simplificada adequado a uma PME industrial, sem criar falsa precisão financeira;
- Apoiar a decisão entre desenvolver, comprar, adaptar uma solução existente ou contratar apoio externo;
- Utilizar uma Matriz Valor × Viabilidade e um ponto de decisão explícito.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a empresa deverá possuir uma ficha clara para cada oportunidade prioritária, uma referência inicial, KPIs e critérios de sucesso, uma avaliação qualitativa de valor, viabilidade e risco, uma estimativa dos recursos

Cofinanciado pela União Europeia

necessários e uma decisão registada. O resultado não tem de ser "avançar": preparar melhor, adiar ou rejeitar podem ser decisões de boa gestão.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa
P.PORTO
COMPETE 2030
PORTUGAL 2030
Cofinanciado pela União Europeia

6.1 Construir e priorizar um portefólio de oportunidades

Os capítulos anteriores permitiram identificar problemas onde a IA pode criar valor, avaliar a prontidão da empresa e analisar casos de aplicação. A partir deste ponto, o desafio deixa de ser descobrir ideias e passa a ser escolher. Para uma PME, tentar explorar simultaneamente demasiadas oportunidades tende a dispersar dados, pessoas, orçamento e atenção da gestão. [R5]; [R11]

A seleção deve reduzir incerteza por etapas. Primeiro, reunir as oportunidades. Depois, descrever apenas um pequeno conjunto de casos com detalhe suficiente para comparação. Finalmente, avaliar valor, viabilidade, risco, recursos e capacidade de aprendizagem antes de escolher o primeiro piloto. A OCDE salienta que a adoção de IA nas PME depende do nível de maturidade digital, da complexidade e do âmbito do uso, bem como de dados, competências, infraestrutura e financiamento. [R5]

O NIST recomenda que contexto, finalidade, benefícios, limitações, impactos e tolerância ao risco sejam considerados antes da implementação e ao longo do ciclo de vida. [R11] Isto favorece uma lógica de decisão gradual: uma oportunidade não se torna prioridade apenas por ter potencial técnico.



Figura 58: Da oportunidade à prioridade.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em OECD [R5] e NIST AI RMF [R11].

Cofinanciado pela União Europeia

Por isso, a empresa deve construir um portefólio curto, normalmente com três a cinco oportunidades suficientemente concretas para serem comparadas. Nesta fase, não é necessário definir a arquitetura técnica nem selecionar fornecedores. O objetivo é reunir informação suficiente para decidir quais os casos que justificam uma análise mais aprofundada. [R5]; [R11]

Cada oportunidade pode ser resumida através dos seguintes elementos:



Figura 59: Do portefólio de oportunidades à prioridade.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, com base em OECD [R5] e NIST AI RMF [R11].

Regra prática: uma oportunidade não se torna prioritária apenas porque a tecnologia existe ou porque parece inovadora. Deve existir uma razão empresarial suficientemente clara para investir tempo e recursos na sua experimentação.

Cofinanciado pela União Europeia

6.2 Definir o problema, a referência inicial e o objetivo

Antes de avaliar uma oportunidade, é necessário garantir que a equipa está a discutir o mesmo problema, a mesma situação de partida e o mesmo resultado pretendido.

Problema, referência inicial e objetivo constituem a base da comparação posterior. Se estes elementos não estiverem suficientemente claros, avaliações de valor, viabilidade ou retorno serão construídas sobre pressupostos frágeis.



Figura 60: Definição do problema, referência inicial e o objetivo.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11].

6.2.1 Formular claramente o problema

Um bom caso de IA deve poder ser explicado sem mencionar primeiro a tecnologia.

Expressões como "implementar IA", "utilizar *Machine Learning*" ou "criar um *chatbot*" descrevem soluções possíveis, não o problema empresarial. A formulação deve identificar o processo, a situação observável, a consequência e a decisão que se pretende melhorar. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Exemplo de uma estrutura simples:

No processo [X], ocorre [problema observável], que provoca [impacto]. Pretendemos melhorar [KPI], apoiando [utilizador ou decisor] a tomar [decisão ou ação], respeitando [restrição relevante].

Por exemplo:

Formulação fraca: "Queremos utilizar IA para manutenção preditiva."

Formulação mais útil: "As paragens não planeadas da CNC crítica reduzem a disponibilidade e obrigam a replaneamento. Pretendemos avaliar se os sinais já disponíveis permitem identificar comportamentos anómalos suficientemente cedo para apoiar uma verificação da manutenção."

Se a equipa ainda não consegue concordar sobre o que constitui o problema, onde ocorre ou que decisão pretende melhorar, a oportunidade deve regressar à fase de preparação.

6.2.2 Estabelecer a referência inicial

A referência inicial - valor de referência inicial - descreve o desempenho atual antes da intervenção. Sem referência inicial, a empresa pode demonstrar que um modelo produz uma saída, mas não que o processo melhorou. A referência inicial deve ser estabelecida antes do piloto e documentada com a mesma definição que será usada para medir resultados. [R11]

A referência inicial pode incluir tempo, custo, erro, qualidade, produtividade ou esforço humano. Em manutenção, pode abranger tempo de paragem, número e duração de paragens, MTBF ou MTTR. Em qualidade, FPY, retrabalho, defeitos não detetados ou tempo de inspeção. Em previsão, erro do método atual. Em pesquisa documental, tempo médio de procura e taxa de respostas corretamente validadas. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 17: Estabelecer a referência inicial.

Pergunta de referência inicial	Exemplo
O que medimos hoje?	Tempo de paragem mensal da CNC crítica.
Em que período?	Período representativo, excluindo eventos extraordinários devidamente registados.
Com que definição?	Paragem não planeada = evento que interrompe produção fora do plano.
Qual a variabilidade?	Comparar turnos, famílias de produto ou meses quando relevante.
Qual é o método atual?	Diagnóstico por alarmes + experiência do técnico.
A medição continuará igual no piloto?	Sim - para permitir comparação válida.

CUIDADO: Não escolher a referência inicial depois de conhecer o resultado do piloto. Isso aumenta o risco de selecionar uma comparação que favoreça a solução. [R11]

6.2.3 Definir objetivo e resultado esperado

O objetivo empresarial e o resultado produzido pelo sistema são conceitos diferentes. O objetivo descreve a melhoria pretendida no processo. O resultado descreve aquilo que a aplicação disponibiliza ao utilizador. [R11]

Tabela 18: Definir objetivo e resultado esperado.

Elemento	Exemplo MoveTec
Objetivo empresarial	Reduzir a incerteza e o tempo de resposta perante comportamentos anómalos da CNC.

Cofinanciado pela União Europeia

Elemento	Exemplo MoveTec
Resultado do sistema	Score/alerta de comportamento pouco habitual.
Utilizador	Técnico de manutenção.
Decisão apoiada	Verificar equipamento, recolher informação adicional ou manter operação.
Restrição	O sistema não deve parar automaticamente a máquina durante o piloto.

Esta separação impede que uma métrica técnica se transforme no objetivo do projeto. "Atingir 95% de precisão" pode ser uma meta técnica em determinado contexto, mas não explica por si só que valor empresarial será criado nem se os erros restantes são aceitáveis. [R11]

6.3 Definir KPIs e critérios de sucesso

Os KPIs devem ser definidos antes do piloto e divididos, sempre que útil, em três níveis: empresarial/operacional, técnico e de adoção. O NIST destaca a necessidade de métricas relevantes para o contexto e de métodos de medição adequados aos riscos e objetivos do sistema. [R11]

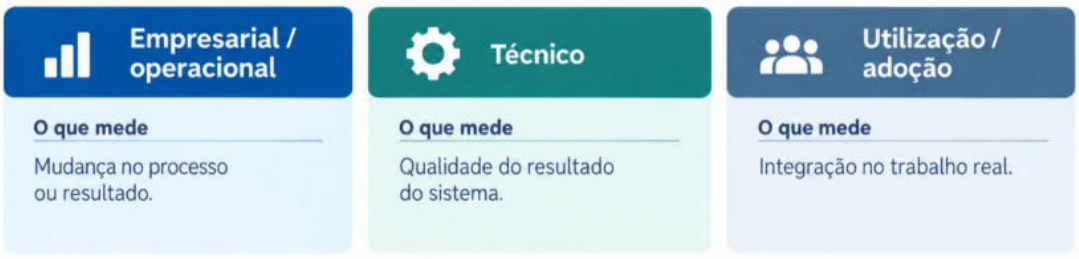


Figura 61: Três níveis de indicadores para avaliar o caso.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11].

Cofinanciado pela União Europeia

Critério de sucesso não significa definir um número universal. Significa registar antecipadamente que evidência será suficiente para decidir. Pode assumir a forma de intervalos ou regras: "o piloto avança se reduzir o tempo de diagnóstico sem aumentar falsos alertas acima do nível acordado"; "é rejeitado se não superar a regra simples usada como referência inicial". [R11]

Regra prática: Um projeto de IA deve competir com o método atual e, quando possível, com uma alternativa simples. O objetivo não é provar que a IA funciona; é provar que acrescenta valor suficiente. [R11]

6.4 A IA é realmente necessária?

Antes de comparar modelos, plataformas ou fornecedores, existe uma pergunta mais importante:

Este problema necessita realmente de Inteligência Artificial?

Regras, automação convencional, *Business Intelligence*, análise estatística, otimização tradicional ou simplesmente uma melhoria do processo podem resolver determinadas necessidades com menor custo, risco e manutenção. [R5]; [R11]

A pergunta-chave é se o resultado necessário exige inferir padrões, classificar, prever, reconhecer conteúdo complexo ou gerar informação de uma forma que métodos mais simples não conseguem oferecer com desempenho suficiente. Se a regra é conhecida, o processo é estável e o resultado é determinístico, automatização convencional pode ser mais transparente, barata e fácil de manter. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 62: A IA é realmente necessária?

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, em continuidade com os princípios dos Capítulos 2 e 3.

Mensagem-chave: Sempre que possível, comparar o caso de IA com uma alternativa simples: regra, média histórica, modelo estatístico, pesquisa convencional, *checklist* ou método atual. [R5]; [R11]

6.5 Avaliar a oportunidade

Depois de definir problema, referência inicial, objetivo e indicadores, a oportunidade pode ser avaliada de forma mais estruturada.

Para este Guia, a avaliação considera cinco dimensões:

Cofinanciado pela União Europeia

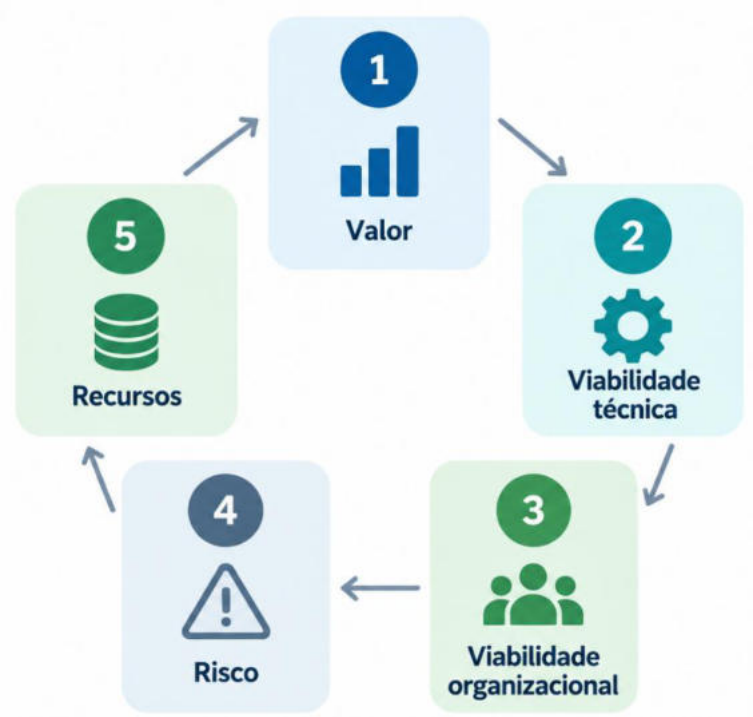


Figura 63: 5 dimensões em análise.

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R11].

Estas dimensões devem ser analisadas separadamente. Um caso pode apresentar alto valor, mas baixa viabilidade, ou ser tecnicamente simples mas possuir impacto empresarial reduzido.

6.5.1 Valor potencial

O valor potencial indica se o problema é suficientemente importante para justificar o esforço de experimentação. O valor não é exclusivamente financeiro. Pode resultar de melhoria de qualidade, disponibilidade, prazo, segurança, capacidade de resposta, redução de desperdício, aprendizagem organizacional ou acesso a conhecimento. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 19: Valor potencial.

Dimensão de valor	Pergunta
Magnitude	Quando o problema ocorre, qual é a consequência?
Frequência	Com que regularidade acontece?
Alcance	Quantas máquinas, pessoas, produtos ou decisões são afetados?
Estratégia	O caso está ligado a uma prioridade real da empresa?
Aprendizagem	Cria competências/dados reutilizáveis noutros casos?
Urgência	Existe prazo, cliente, custo ou dependência que aumenta a prioridade?

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R11].

Evite converter todas estas dimensões numa fórmula pseudoexata. Se os dados financeiros forem fiáveis, pode estimar custos evitáveis ou benefícios potenciais; quando não são, deve registar intervalos, hipóteses e nível de confiança. Uma análise de viabilidade simples e transparente é preferível a um retorno sobre investimento construído sobre suposições não validadas. [R5]; [R11]

6.5.2 Viabilidade técnica

Viabilidade técnica não significa apenas perguntar se existe um algoritmo capaz de executar a tarefa. Para um primeiro caso, significa verificar se a PME consegue construir ou adquirir uma solução que funcione com os dados, sistemas e condições reais da empresa e que possa ser testada e mantida. [R29]

A ISO/IEC 5338:2023 define processos de ciclo de vida aplicáveis ao desenvolvimento ou aquisição de sistemas de IA, incluindo definição, controlo, gestão, execução e melhoria ao longo do ciclo de vida. [R29]

Para uma PME, esta orientação traduz-se em perguntas simples sobre dados, interfaces, ambiente de teste, avaliação, operação e manutenção.

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 20: Viabilidade técnica.

Critério técnico	Pergunta de decisão
Dados	Existem dados relevantes e utilizáveis ou é realista obtê-los?
Abordagem	Existe tecnologia madura para este tipo de resultado?
Integração	Conseguimos obter entradas e devolver resultados sem bloquear o processo?
Latência	O resultado chega a tempo da decisão?
Teste	É possível testar offline ou em contexto controlado?
Métrica	Conseguimos medir desempenho técnico e operacional?
Manutenção	Quem tratará versões, falhas, alterações e reavaliação?

Uma viabilidade ainda incerta pode ser aceitável quando o objetivo do piloto é precisamente resolver essa incerteza. O que não deve ser ignorado é uma dependência estrutural, como a impossibilidade de obter os dados necessários. [R29]

6.5.3 Viabilidade organizacional

A melhor tecnologia pode falhar se a empresa não tiver tempo, responsabilidade ou processo para a utilizar. A viabilidade organizacional mede se existem pessoas e condições para executar o piloto, validar resultados e incorporar aprendizagem. [R5]; [R11]

A OCDE identifica competências, maturidade digital, capacidades de gestão e financiamento como fatores importantes para a adoção de IA em PME. [R5]

O NIST e a ISO/IEC 42001 reforçam a necessidade de responsabilidades, governação, formação, monitorização e decisão ao longo do ciclo de vida. [R11]; [R18]

A PME deve confirmar, pelo menos, que:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 64: Condições de viabilidade organizacional.

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R11].

Esta avaliação deve aproveitar o diagnóstico já realizado no Capítulo 4, evitando repetir integralmente a ferramenta de prontidão.

6.5.4 Risco, criticidade e reversibilidade

O primeiro caso deve permitir aprender sem expor a empresa a consequências desproporcionadas.

Por isso, risco, criticidade e reversibilidade funcionam como um ponto de decisão separado da Matriz Valor × Viabilidade. Um caso pode ter alto valor e ser tecnicamente viável, mas continuar inadequado para uma primeira experiência se um erro puder causar um impacto grave e não existir supervisão suficiente. [R11]; [R19]

O NIST recomenda que risco e impactos sejam analisados de acordo com o contexto, e a ISO/IEC 23894:2023 orienta a integração da gestão de risco de IA nas atividades da organização. [R11]; [R19]

O aprofundamento de erro, falsos positivos/negativos, enviesamento, transparência, AI Act, RGPD e cibersegurança será feito no Capítulo 7.

Tabela 21: Risco, criticidade e reversibilidade.

Dimensão	Pergunta
Consequência do erro	O que acontece se a saída estiver errada?
Criticidade	Afeta segurança, qualidade crítica, clientes, pessoas ou produção essencial?
Autonomia	O sistema recomenda, alerta ou atua automaticamente?
Reversibilidade	Conseguimos voltar ao método anterior sem perda relevante?
Detetabilidade	É provável que uma pessoa identifique o erro antes de causar impacto?
Contenção	Podemos limitar o piloto a uma máquina, produto ou ambiente?

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R19].

Primeiro caso recomendado: deve ser privilegiada, sempre que possível, uma situação em que a IA apoie uma pessoa, a experiência possa ser limitada e exista um caminho claro para regressar ao processo anterior. [R11]; [R19]

Cofinanciado pela União Europeia

6.5.5 Custos e recursos necessários

O custo de uma aplicação de IA não corresponde apenas à licença ou ao desenvolvimento do modelo.

A PME deve considerar recursos ao longo de todo o ciclo de vida. A ISO/IEC 5338 reforça precisamente que desenvolvimento e aquisição fazem parte de um conjunto mais amplo de processos que inclui preparação, validação, operação e evolução. [R29]

Tabela 22: Custos e recursos necessários.

Categoria	Exemplos de custo ou recurso
Preparação de dados	Extração, limpeza, sincronização, classificação, criação de imagens ou classificações.
Tecnologia	Licenças, hardware, nuvem, sensores, câmaras, conectores, API.
Desenvolvimento/configuração	Horas internas, integrador, fornecedor, centro tecnológico.
Validação	Tempo de técnicos, produção de casos de teste, comparação com referência inicial.
Integração	ERP/MES/máquina, painéis de indicadores, alertas, identidades e acessos.
Risco e conformidade	Segurança, contratos, proteção de dados, revisão jurídica quando aplicável.
Mudança e formação	Formação, procedimentos, tempo de utilizadores e chefias.
Operação	Suporte, monitorização, atualizações, consumo computacional, reavaliação.

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R29].

Numa primeira análise de viabilidade, não é necessário conhecer todos os valores com exatidão. É mais importante distinguir:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 65: Primeira análise de viabilidade.

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R29].

6.6 Construir a análise de viabilidade

A análise de viabilidade simplificada utilizada neste Guia destina-se a responder a uma pergunta concreta:

Existe justificação suficiente para investir num piloto?

Não corresponde ao orçamento final de uma solução em produção nem deve criar uma aparência de precisão superior à informação disponível. [R5]; [R29]

O documento pode ser construído numa única página:

Tabela 23: Construir a análise de viabilidade.

Campo	Conteúdo mínimo
1. Problema	Processo, impacto e responsável
2. Referência inicial	Situação atual e forma de medição
3. Objetivo	Melhoria que se pretende demonstrar

Cofinanciado pela União Europeia

Campo	Conteúdo mínimo
4. Solução candidata	Resultado de IA e alternativa simples de comparação
5. Valor potencial	Magnitude, frequência, alcance e aprendizagem
6. Viabilidade	Dados, tecnologia, integração e organização
7. Recursos e custos	Pessoas, dados, tecnologia, parceiro e operação
8. Riscos	Principais consequências, salvaguardas e reversibilidade
9. Critérios de sucesso	Evidência necessária para continuar
10. Decisão	Avançar, preparar, adiar ou rejeitar

Fonte: Elaboração própria com base em [R5]; [R29].

Quando existirem dados financeiros sólidos, podem ser estimados benefício anual, custos e prazo de retorno. Quando isso ainda não for possível, intervalos e hipóteses explícitas são preferíveis a números exatos sem fundamento. [R5]; [R29]

Pergunta final da análise de viabilidade: se o piloto demonstrar exatamente aquilo que esperamos, o benefício potencial será suficiente para justificar integração, operação e manutenção? Se a resposta continuar indefinida, a análise de viabilidade ainda não está completa. [R5]; [R29]

A ferramenta completa está disponível no Anexo A.5 - Análise de viabilidade simplificada.

6.7 Desenvolver, comprar, adaptar ou contratar?

Escolher o caso não significa que a PME tenha de desenvolver uma solução de raiz.

Existem quatro caminhos principais:



Figura 66: Desenvolver, comprar, adaptar ou contratar.

Fonte: Elaboração própria com base em [R29]; [R30].

A ISO/IEC 5338 aplica processos de ciclo de vida tanto a sistemas desenvolvidos como adquiridos. A utilização de um fornecedor não elimina, portanto, a responsabilidade da empresa pela definição do problema, validação do resultado e gestão da utilização. [R29]

a) Desenvolver

Pode fazer sentido quando o problema é altamente específico, existe competência interna suficiente e o controlo sobre dados, modelo ou integração constitui uma vantagem relevante. [R29]; [R30]

Para muitas PME, esta opção pode exigir demasiado esforço técnico e de manutenção para um primeiro caso. [R29]; [R30]

b) Comprar

É adequado quando existe uma solução relativamente madura para um problema suficientemente padronizado. [R29]; [R30]

A demonstração comercial deve, contudo, ser validada com os dados, processo e utilizadores da própria empresa. [R29]; [R30]

c) Adaptar

Consiste em utilizar uma plataforma, modelo ou componente existente e configurá-lo para os dados, categorias, regras e fluxo de trabalho da PME. [R29]; [R30]

Para muitas empresas, pode constituir uma via intermédia entre a rigidez de uma solução pronta e o custo de desenvolvimento integral. [R29]; [R30]

d) Contratar ou cocriar

Um parceiro externo pode reduzir lacunas de competências e acelerar a experimentação. Contudo, a PME deve continuar a controlar o problema, os dados, os KPIs, os critérios de sucesso e o conhecimento produzido. O NIST AI RMF *Playbook* inclui práticas associadas à gestão de terceiros, aquisição, cadeia de fornecimento e monitorização, reforçando a necessidade de considerar os riscos de dependência externa. [R30]

Tabela 24: Desenvolver, comprar, adaptar ou contratar?

Critério	Desenvolver	Comprar	Adaptar	Contratar/cocriar
Velocidade inicial	Baixa	Alta	Média-alta	Média
Ajuste a problema específico	Muito alto	Variável	Alto	Alto
Competência interna exigida	Alta	Média	Média	Baixa-média
Dependência de fornecedor	Baixa-média	Alta	Média-alta	Média-alta
Controlo técnico	Alto	Baixo-médio	Médio	Negociável

Cofinanciado pela União Europeia

Critério	Desenvolver	Comprar	Adaptar	Contratar/cocriar
Manutenção futura	Interna	Fornecedor	Partilhada	A definir/transferir

Fonte: Elaboração própria com base em [R29]; [R30].

Cuidado contratual: antes de criar dependência de um fornecedor, confirmar direitos sobre dados, resultados, configurações e registos; capacidade de exportação; utilização de dados por terceiros; suporte; e condições de saída. O tema será aprofundado nos Capítulos 9 e 10. [R29]; [R30]

6.8 Matriz Valor × Viabilidade

A Matriz Valor × Viabilidade permite comparar visualmente o pequeno portefólio de oportunidades. O eixo de valor considera fatores como impacto, frequência, alcance, prioridade estratégica e aprendizagem. O eixo de viabilidade considera dados, tecnologia, integração, competências e possibilidade de executar um teste controlado.

A posição na matriz é deliberadamente qualitativa. O objetivo não é produzir uma pontuação científica, mas tornar explícitas as razões que sustentam a comparação. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

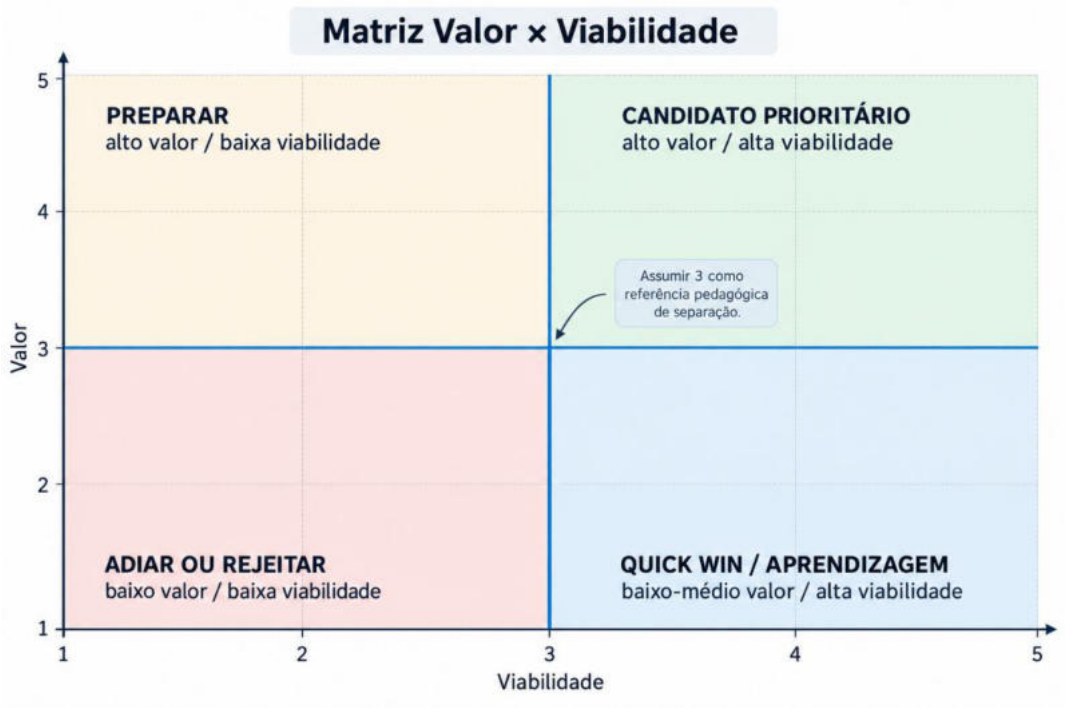


Figura 67: Matriz Valor × Viabilidade.

Fonte: elaboração própria TWINS4TS. Instrumento pedagógico.

Alto valor e alta viabilidade indicam um candidato natural. Alto valor e baixa viabilidade sugere preparar condições antes de avançar. Baixo valor e alta viabilidade pode ser um ganho rápido de aprendizagem, mas não deve deslocar um caso estratégico apenas porque é mais fácil. Baixo valor e baixa viabilidade deve normalmente ser adiado ou rejeitado. [R5]; [R11]

A matriz não substitui a avaliação de risco. Uma aplicação posicionada no quadrante prioritário pode continuar a ser inadequada como primeiro piloto se as consequências de erro forem excessivas ou não existir supervisão e reversibilidade suficientes. [R5]; [R11]

6.9 Ponto de decisão: avançar, preparar, adiar ou rejeitar

A avaliação deve terminar numa decisão explícita e registada.

Isto evita que oportunidades permaneçam indefinidamente em exploração ou que um interesse inicial seja transformado prematuramente numa decisão de compra. O NIST recomenda que as decisões de gestão do risco sejam relacionadas com o contexto e a tolerância ao risco da organização. [R11]; [R19]

Tabela 25: Ponto de decisão: avançar, preparar, adiar ou rejeitar.

Decisão	Quando usar	Próximo passo
Avançar	Valor suficiente, viabilidade adequada, risco controlável e teste delimitável	Preparar ficha de piloto do Capítulo 8.
Preparar melhor	Valor relevante, mas persistem lacunas resolúveis	Executar plano curto de preparação e repetir o ponto de decisão.
Adiar	Depende de dados, equipamento, orçamento ou prioridade futura	Registar a condição e a data de reavaliação.
Rejeitar	Valor insuficiente, IA desnecessária, custo desproporcionado ou risco não aceitável.	Documentar razão e libertar recursos.

Fonte: elaboração própria TWINS4TS. Instrumento pedagógico.

O NIST recomenda que decisões de gestão de risco sejam alinhadas com tolerância ao risco e contexto, e que respostas a riscos sejam monitorizadas. [R11]

O ponto de decisão TWINS4TS traduz este princípio para uma decisão empresarial simples.

Boa disciplina de gestão: rejeitar um caso fraco aumenta a capacidade de investir nos casos fortes. Preparar uma oportunidade de elevado valor não significa abandoná-la. [R11]; [R19]

Cofinanciado pela União Europeia

Exemplo contínuo - MoveTec

A MoveTec compara três oportunidades construídas ao longo do Guia. A avaliação é pedagógica e qualitativa: pretende demonstrar o método, não representar resultados reais. [R11]

Tabela 26: Ponto de decisão: avançar, preparar, adiar ou rejeitar (MoveTec).

Critério	CNC - anomalias	Qualidade - visão computacional	Documentação - IA generativa
Problema	Paragens inesperadas	Defeitos identificados tarde	Pesquisa de documentação lenta
Valor potencial	Alto	Alto	Médio
Referência inicial	A consolidar	A estruturar por família	Ainda a medir
Dados	Existem sinais e alguns registos	Falta base de imagens consistente	Documentos já existem
Viabilidade	Média-alta após preparação	Média-baixa nesta fase	Alta para teste limitado
Risco inicial	Médio	Médio	Baixo-médio
Aprendizagem estratégica	Alta	Alta	Média
Decisão	Avançar após pontos de decisão mínimos	Preparar	Ganho rápido possível

Fonte: elaboração própria TWINS4TS. Instrumento pedagógico.

A CNC mantém-se como primeiro caso estratégico não por ser a aplicação tecnologicamente mais sofisticada, mas porque combina problema operacional prioritário, alguma disponibilidade de dados e aprendizagem diretamente associada à produção. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

A visão computacional continua a apresentar potencial, mas necessita primeiro de normalizar critérios de defeito, preparar condições de captura e construir uma base de imagens representativa.

A IA generativa para documentação pode ser experimentada com menor esforço e funcionar como exercício de aprendizagem e literacia, desde que as respostas permaneçam controladas e validadas. [R11]

Ponto de decisão MoveTec: primeiro caso estratégico - deteção de anomalias na CNC crítica. A decisão é avançar para o desenho do piloto quando estiverem asseguradas as condições mínimas de dados, governação, segurança e referência inicial identificadas anteriormente. A próxima etapa não é comprar uma solução; é desenhar um piloto controlado. [R11]

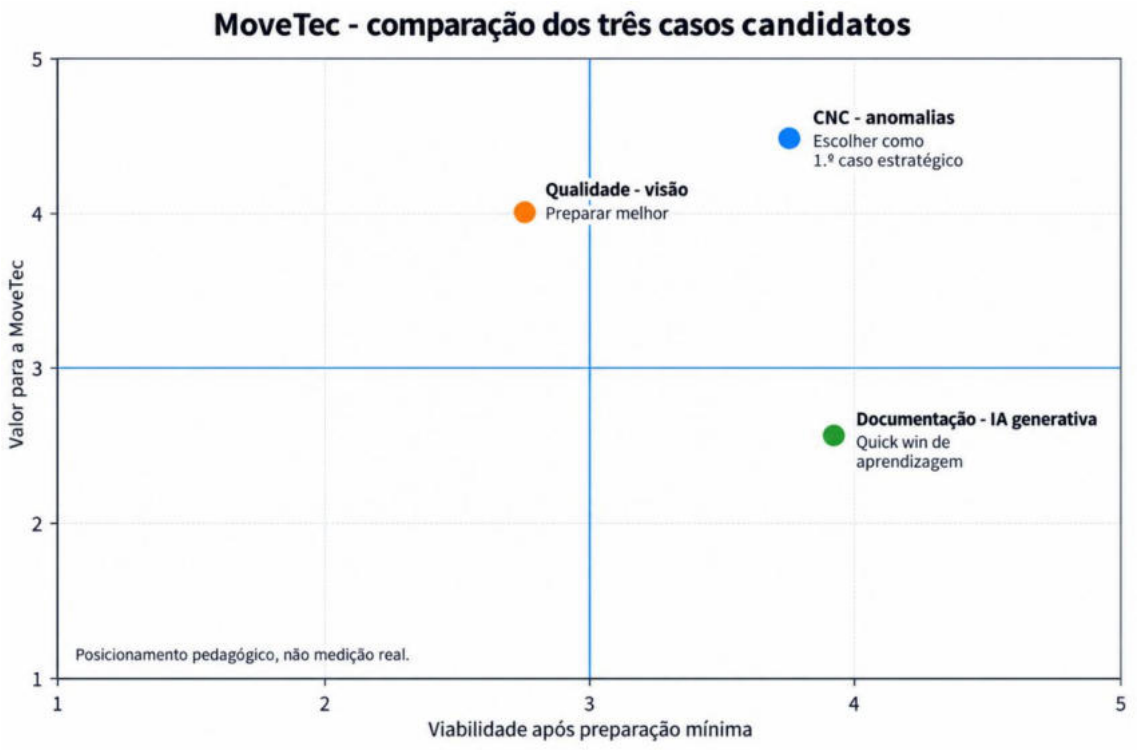


Figura 68: MoveTec: comparação dos três casos candidatos.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos. Posicionamento qualitativo; a MoveTec é fictícia.

6.10 Mensagens-chave do capítulo

1. Priorizar significa escolher deliberadamente entre oportunidades.

Um portefólio curto permite concentrar recursos e tornar explícita a razão pela qual determinados casos avançam e outros aguardam.[R11]; [R19]

2. Problema, referência inicial e objetivo devem ser definidos antes da tecnologia.

Sem compreender a situação atual e a melhoria pretendida, não existe uma base credível para comparar resultados. [R11]

3. KPI empresarial e métrica técnica cumprem funções diferentes.

Melhor desempenho do modelo só é relevante quando contribui para uma melhoria útil no processo ou na decisão. [R11]

4. Valor e viabilidade devem ser avaliados separadamente.

Uma oportunidade de elevado impacto pode necessitar de preparação, enquanto um caso tecnicamente simples pode não justificar prioridade.

5. A IA deve competir com alternativas mais simples.

Se regras, automação, estatística ou melhoria do processo resolverem adequadamente o problema, podem constituir uma opção mais proporcional. [R5]; [R11]

6. A análise de viabilidade deve considerar o ciclo de vida, não apenas o investimento inicial. Dados, integração, validação, pessoas, segurança, operação, suporte e manutenção fazem parte do esforço necessário. [R29]

7. Avançar, preparar, adiar e rejeitar são decisões legítimas. Uma boa estratégia de IA não mede sucesso pelo número de projetos iniciados, mas pela qualidade das decisões tomadas sobre onde investir. [R11]; [R19]

Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

7 IA responsável, segura e conforme

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa
P.PORTO
COMPETE 2030
PORTUGAL 2030
Cofinanciado pela União Europeia

7 IA responsável, segura e conforme

Pergunta-guia

- Como pode uma PME utilizar Inteligência Artificial sem perder controlo sobre os erros, os dados, as pessoas, a segurança, a conformidade e a decisão final?

Objetivos do capítulo

- Compreender por que razão a utilização de IA pode introduzir riscos diferentes dos sistemas digitais tradicionais;
- Avaliar esses riscos de forma proporcional à finalidade, contexto e possíveis consequências;
- Compreender erro, incerteza, falsos positivos, falsos negativos, enviesamento e alterações de desempenho;
- Assegurar níveis adequados de transparência, rastreabilidade e supervisão humana;
- Estabelecer regras de utilização e validação para IA generativa;
- Proteger dados pessoais, informação confidencial e propriedade intelectual;
- Integrar requisitos básicos de cibersegurança;
- Realizar uma primeira triagem das obrigações associadas ao AI Act, RGPD e outros enquadramentos aplicáveis;
- Considerar sustentabilidade e proporcionalidade tecnológica;
- Definir uma política mínima de utilização responsável de IA.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir criar um registo simples de riscos e salvaguardas para um caso de IA, definir quem supervisiona o sistema, que erros são

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

aceitáveis, que informação pode ser utilizada, como serão registados resultados e decisões, quando é necessário procurar apoio jurídico ou de cibersegurança e que condições devem estar fechadas antes de iniciar o piloto.

7.1 Risco e proporcionalidade na utilização de IA

A utilização responsável de IA começa por reconhecer que nem todas as aplicações apresentam o mesmo risco. O nível de controlo necessário deve depender da finalidade, da informação utilizada, das pessoas ou processos afetados e das consequências que podem resultar de um erro. [R11]

Esta abordagem evita dois extremos: aplicar requisitos excessivamente complexos a qualquer utilização de IA ou, pelo contrário, assumir que um sistema é seguro apenas porque o seu funcionamento parece simples. [R11]

7.1.1 Porque a IA introduz novos riscos

Todos os sistemas digitais apresentam riscos, mas os sistemas de IA possuem características que podem tornar a sua gestão diferente. O seu comportamento pode depender fortemente dos dados utilizados, os resultados podem assumir natureza probabilística, o desempenho pode alterar-se quando o contexto muda e determinadas soluções podem ser difíceis de explicar ou testar de forma exaustiva.

Existe também uma dimensão humana e organizacional. Uma previsão ou recomendação tecnicamente correta pode ser mal interpretada, utilizada fora do contexto previsto ou aceite sem análise suficiente apenas porque foi produzida por um sistema de IA. [R11]; [R19]

O NIST caracteriza estes sistemas numa perspetiva sociotécnica, em que tecnologia, dados, processos, pessoas e contexto interagem. Entre as características relevantes para a confiança incluem-se validade e fiabilidade, segurança e resiliência, transparência, explicabilidade, privacidade e gestão de enviesamentos prejudiciais. [R11]

A ISO/IEC 23894:2023 recomenda que a gestão de risco de IA seja integrada nas atividades e funções da organização e adaptada ao respetivo contexto. [R19]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

Princípio: gerir risco de IA não significa eliminar toda a incerteza. Significa identificar os riscos relevantes, reduzir a sua probabilidade ou consequência e manter capacidade para detetar, interromper e corrigir.



Figura 69: Mapa dos riscos de IA ao longo do ciclo de utilização.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em NIST AI RMF [R11] e ISO/IEC 23894 [R19].

7.1.2 Risco proporcional ao contexto de utilização

O mesmo modelo pode representar níveis de risco muito diferentes consoante a utilização. Um sistema que sugere palavras-chave para organizar documentos internos não tem o mesmo impacto que um sistema que influencia uma decisão sobre uma pessoa, rejeita produto crítico ou atua sobre uma máquina. [R6]; [R11]

O NIST recomenda identificar propósito, utilizadores, pessoas afetadas, contexto, limitações, benefícios e impactos antes de avaliar e gerir risco. [R11]

O *AI Act* utiliza igualmente uma lógica baseada no risco e distingue práticas proibidas, sistemas de risco elevado e obrigações específicas de transparência, além de regras para modelos de finalidade geral. [R6]

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 27: Risco proporcional ao contexto de utilização.

Pergunta	Baixa criticidade	Maior criticidade
Que decisão é afetada?	Organização de informação	Segurança, emprego, qualidade crítica ou ação física
O resultado é reversível?	Pode ser corrigido antes de uso	Pode causar impacto imediato ou difícil de reverter
Existe validação humana?	Utilizador revê antes de usar	Automação parcial/total ou revisão difícil
Quem é afetado?	Equipa interna sem efeitos relevantes	Trabalhadores, clientes ou outras pessoas
Qual o custo do erro?	Pequeno atraso ou retrabalho	Paragem, dano, incumprimento ou decisão significativa

Fonte: Elaboração própria com base em [R6]; [R11].

Uma PME deve, portanto, aumentar a exigência de testes, documentação, supervisão e segurança à medida que cresce a consequência do erro. Esta proporcionalidade evita dois extremos: tratar todo o uso de IA como juridicamente crítico ou, pelo contrário, tratar qualquer saída do sistema como inofensiva. [R6]; [R11]

7.2 Fiabilidade e confiança nos resultados

Um sistema de IA não deve ser avaliado apenas pela capacidade de gerar uma saída. É necessário compreender quando o resultado é fiável, em que situações pode falhar, que consequências decorrem dos diferentes tipos de erro e como essas limitações serão tratadas no processo real.

Cofinanciado pela União Europeia

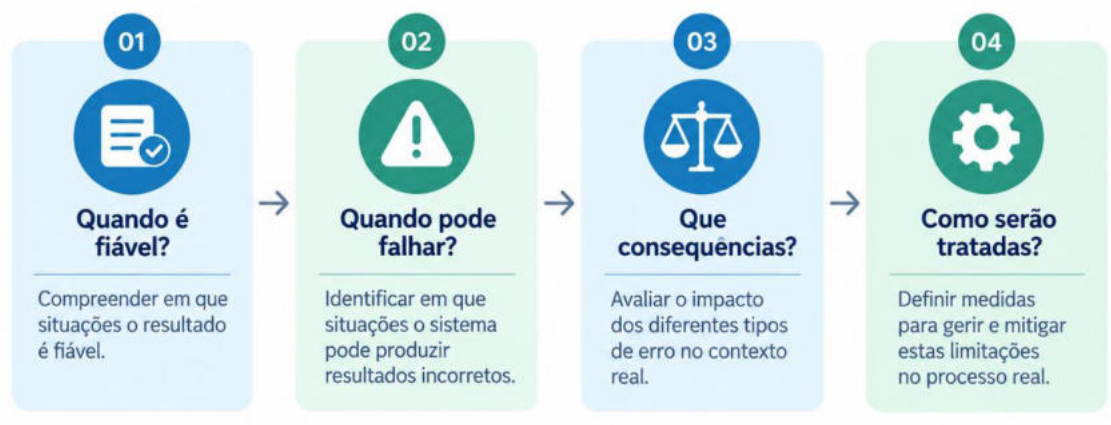


Figura 70: Fiabilidade e confiança nos resultados.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11].

7.2.1 Erro e incerteza

Uma saída de IA pode estar errada mesmo quando o sistema apresenta um desempenho médio considerado bom. Além disso, muitas aplicações produzem pontuações, probabilidades, classificações ou estimativas, e não certezas sobre o mundo real. [R11]

O NIST considera validade e fiabilidade características fundamentais de sistemas de IA fiáveis e recomenda medir desempenho em condições relevantes, reconhecer limitações e monitorizar diferenças entre testes e operação. [R11]

Em termos empresariais, isto significa perguntar não apenas "qual é a precisão?", mas "em que dados, para que classe, em que condições e com que consequência quando falha?".

Tabela 28: Erro e incerteza.

Questão	Pergunta prática
Métrica média	Esconde diferenças entre produtos, turnos, máquinas ou classes?
Incerteza	O sistema consegue sinalizar casos pouco fiáveis ou próximos do limite?
Cobertura	Há situações para as quais não deveria produzir uma recomendação?

Cofinanciado pela União Europeia

Questão	Pergunta prática
Condições de teste	Representam o ambiente real de produção?
Tolerância	Qual é o nível de erro aceitável para esta decisão?

Boa prática: criar uma zona de dúvida: quando o resultado está perto do limite ou fora das condições conhecidas, encaminhar para análise humana em vez de forçar uma decisão automática. [R11]

7.2.2 Falsos positivos e falsos negativos

Em problemas de classificação ou deteção, dois tipos de erro merecem particular atenção.

Um falso positivo ocorre quando o sistema sinaliza uma situação que, na realidade, não corresponde ao problema procurado.

Um falso negativo ocorre quando o problema existe, mas o sistema não o identifica.

A importância relativa destes erros depende da aplicação. [R11]; [R19]

Não existe um equilíbrio universal. Um falso positivo pode ser pouco relevante num processo e extremamente dispendioso noutro.

Por isso, uma única métrica como *accuracy* pode ser insuficiente. O piloto deve medir separadamente os tipos de erro que possuem consequências empresariais relevantes. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 71: Falsos positivos e falsos negativos.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS.

7.2.3 Enviesamento e qualidade das decisões

Enviesamento em IA não se limita a situações de discriminação entre pessoas. Pode também ocorrer quando dados históricos, métodos de recolha, amostragem, classificações humanas ou critérios de medição produzem resultados sistematicamente menos fiáveis em determinadas situações. [R31]

O NIST distingue fatores computacionais, humanos e sistémicos e salienta que o enviesamento pode surgir em diferentes fases do ciclo de vida. [R31]

Em contexto industrial, isto pode significar que um modelo:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 72: Enviesamento e qualidade das decisões.

Fonte: Elaboração própria com base em [R31].

Quando a IA influencia decisões relativas a pessoas - por exemplo recrutamento, avaliação ou organização do trabalho - a análise deve ser particularmente cuidadosa. Determinadas utilizações relacionadas com emprego podem ainda enquadrar-se nas categorias de risco elevado do *AI Act*. [R6]

7.2.4 Transparência, explicabilidade e rastreabilidade

Transparência, explicabilidade e rastreabilidade são conceitos relacionados, mas diferentes. Transparência significa disponibilizar informação adequada sobre finalidade, utilização, limitações e responsabilidades. Explicabilidade procura tornar compreensível como o sistema chega a determinado tipo de resultado. Interpretabilidade ajuda o

Cofinanciado pela União Europeia

utilizador a compreender o significado do resultado no contexto da tarefa. Rastreabilidade permite reconstruir o que aconteceu. [R32]

O NIST distingue explicabilidade - representação dos mecanismos subjacentes - de interpretabilidade - significado do resultado no contexto da finalidade. [R11]

O NISTIR 8312 acrescenta princípios como explicação, significado para o utilizador, precisão da explicação e limites de conhecimento. [R32] Para uma PME, nem todo o modelo precisa de uma explicação matemática detalhada. A explicação deve ser proporcional a quem utiliza o sistema e à consequência. Um técnico de manutenção pode precisar de saber que variáveis ou mudanças contribuíram para um alerta, que dados foram usados e se o sistema está dentro do domínio conhecido. [R11]; [R32]

Tabela 29: Transparência, explicabilidade e rastreabilidade.

Rastrear	**Exemplo de registo mínimo**
Sistema	Nome, fornecedor e versão/modelo.
Configuração	Limiar, *prompt*, regras ou parâmetros relevantes.
Entrada	Referência ao dado/documento/imagem usado, quando apropriado.
Resultado	Alerta, classe, score, texto ou recomendação.
Validação humana	Quem analisou e que decisão tomou.
Evento posterior	Avaria confirmada, defeito real, correção, incidente ou informação de retorno.

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 73: Supervisão humana útil e rastreabilidade.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em NIST [R11] e princípios de supervisão do AI Act [R6].

7.2.5 Supervisão humana

Supervisão humana não significa apenas inserir uma pessoa entre o sistema e a ação. Para ser eficaz, a pessoa deve compreender as capacidades e limitações relevantes, conseguir interpretar a saída, reconhecer quando não deve utilizar o sistema e ter autoridade real para ignorar, substituir ou interromper o resultado. [R6]; [R11]



Figura 74: Supervisão humana.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em [R6]; [R11].

Para sistemas classificados como de risco elevado, o *AI Act* exige medidas de supervisão proporcionais ao risco, autonomia e contexto e prevê que as pessoas encarregadas possam monitorizar o funcionamento, interpretar resultados, evitar dependência

Cofinanciado pela União Europeia

excessiva, ignorar ou reverter resultados e, quando aplicável, intervir ou parar o sistema. [R6]

Mesmo fora dessas situações legais, estes princípios são úteis para aplicações industriais. O Regulamento chama ainda a atenção para o *automation bias* - tendência para confiar ou confiar excessivamente na saída do sistema. [R6]

Em termos práticos, a interface e o processo de trabalho devem permitir que o utilizador veja contexto e evidência, e não apenas um grande indicador vermelho que induz aceitação automática.

Teste de supervisão: Pergunte ao utilizador: "Consegues explicar quando o sistema pode estar errado? Podes discordar? O que fazes quando discordas? A decisão fica registada?". Se a resposta for não, a supervisão ainda não está desenhada. [R6]; [R11]

7.2.6 Alterações de desempenho e *model drift*

Um sistema que funciona hoje pode degradar-se quando os dados ou o processo mudam. Este fenómeno é frequentemente designado por *model drift* ou *data drift*.

O NIST AI RMF *Playbook* descreve *drift* como uma situação em que, à medida que o ambiente evolui, o sistema deixa de cumprir os pressupostos e limitações do desenho original e recomenda monitorizar diferenças entre métricas observadas em produção e em testes pré-implementação. [R30]

Numa PME industrial, *drift* pode surgir sem existir qualquer alteração no código. Uma nova matéria-prima, outro fornecedor, alteração do programa CNC, substituição de sensor, manutenção, mudança de câmara ou introdução de uma nova família de produtos pode mudar a distribuição dos dados. [R30]

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 30: Alterações de desempenho e model drift.

Mudança	Possível efeito	Ação de monitorização
Novo produto/programa	Padrão normal da máquina muda	Comparar score por família e rever referência inicial
Sensor substituído	Escala/ruído altera-se	Verificar calibração e distribuição dos sinais
Nova iluminação/câmara	Imagens diferentes	Revalidar desempenho de visão computacional
Alteração de processo	Classificações históricos perdem significado	Rever critérios e conjunto de dados
Nova versão do modelo	Resultados mudam	Teste de regressão antes de produção

Condição de reavaliação de revisão

Definir eventos que obrigam a revalidar o sistema: mudança relevante de equipamento, sensor, produto, processo, fornecedor, modelo ou critério de decisão. [R30]

7.3 IA generativa: alucinações e validação

A IA generativa introduz riscos específicos porque pode produzir conteúdo fluido e plausível que não corresponde aos factos. O NIST utiliza o termo *confabulation* para a produção confiante de conteúdo falso ou erróneo e inclui este risco entre os desafios de IA generativa. [R12]

Numa PME industrial, o risco cresce quando a resposta influencia especificações técnicas, manutenção, segurança, qualidade, compras, contratos ou comunicação com clientes. A regra deve ser: quanto maior a consequência, maior a exigência de fonte, validação e restrição do uso. [R12]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 75: IA generativa: fluxo mínimo de validação.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base no NIST Generative AI Profile [R12].

Tabela 31: IA generativa: alucinações e validação.

Uso	Regra mínima
Brainstorming / rascunho	Identificar como conteúdo assistido e rever antes de utilizar.
Resumo de documento	Comparar com a fonte original quando a informação for relevante.
Pesquisa técnica	Exigir referência ao documento/fonte e validar a passagem original.
Instrução operacional	Não publicar apenas com base na saída do modelo; validar por responsável competente.
Cálculo/especificação crítica	Usar fonte técnica oficial e método verificado; IA pode apenas apoiar pesquisa/formatação.
Conteúdo externo	Rever factos, confidencialidade, direitos de autor, identidade e responsabilidade.

Quando possível, sistemas de pesquisa interna devem limitar-se a documentação autorizada e apresentar as fontes utilizadas. Isso não elimina alucinações nem garante correção, mas melhora a capacidade de verificação. [R12]

7.4 Privacidade, dados e informação empresarial

A utilização de IA pode envolver dados pessoais, informação técnica, documentos de clientes, propriedade intelectual, segredos comerciais ou outros ativos de informação.

Antes de utilizar uma solução, a PME deve saber que informação entra no sistema, para que finalidade, quem lhe pode aceder, onde é processada, durante quanto tempo é conservada e em que condições pode ser reutilizada por terceiros.



Figura 76: Privacidade, dados e informação empresarial.

Fonte: Elaboração própria com base em [R21]; [R33].

7.4.1 Privacidade e proteção de dados

Sempre que um sistema de IA trate dados pessoais, o RGPD continua aplicável independentemente de a tecnologia ser designada como Inteligência Artificial. Princípios como licitude, lealdade e transparência, limitação das finalidades, minimização, exatidão, limitação da conservação, integridade/confidencialidade e responsabilidade devem ser considerados. [R21]

O Comité Europeu para a Proteção de Dados, no Parecer 28/2024, analisou especificamente modelos de IA e questões como anonimato, interesse legítimo e consequências de desenvolvimento com dados pessoais tratados ilicitamente, reforçando que a avaliação é dependente das circunstâncias concretas. [R33]

Uma PME deve começar por perguntar se precisa realmente de dados pessoais para o caso. Num piloto de anomalias de máquina, por exemplo, pode ser desnecessário

Cofinanciado pela União Europeia

associar identificadores de operador aos sinais. Se a finalidade puder ser alcançada sem identificar pessoas, a minimização reduz complexidade e risco. [R21]

Tabela 32: Privacidade e proteção de dados.

Pergunta RGPD	Exemplo de ação
Existem dados pessoais?	Inventariar identificadores diretos e indiretos.
São necessários para a finalidade?	Remover campos que não acrescentam valor ao caso.
Qual é a base jurídica?	Confirmar com responsável competente / DPO quando aplicável.
Quem recebe os dados?	Mapear fornecedor, subcontratantes e transferências.
Quanto tempo são guardados?	Definir retenção para dados, registos de atividade e *prompts*.
Existe elevado risco para pessoas?	Avaliar necessidade de AIPD/DPIA nos termos do artigo 35.º do RGPD.

Fonte: Elaboração própria com base em [R21].

O artigo 22.º do RGPD estabelece proteção relativamente a decisões tomadas exclusivamente com base em tratamento automatizado que produzam efeitos jurídicos ou afetem significativamente uma pessoa de forma similar, salvo as condições e salvaguardas previstas no próprio artigo. [R21]

Esta matéria merece apoio especializado quando uma utilização de IA se aproxima desse cenário.

Regra de minimização: Não recolher dados pessoais "porque podem ser úteis mais tarde". Recolher apenas aquilo que está ligado à finalidade definida e documentada. [R21]

Cofinanciado pela União Europeia

7.4.2 Confidencialidade e propriedade intelectual

Os dados de uma PME podem incluir desenhos, parâmetros de processo, listas de clientes, preços, documentação técnica, propostas, código, receitas, métodos de produção ou outros conhecimentos com valor competitivo. Introduzir esta informação numa ferramenta externa sem compreender as condições de utilização pode comprometer confidencialidade ou obrigações contratuais. [R34]; [R35]

A Diretiva (UE) 2016/943 estabelece proteção para *know-how* e informações comerciais confidenciais que reúnam os requisitos de segredo comercial, incluindo a existência de medidas razoáveis para manter a informação secreta. [R34]

A utilização de serviços de IA deve, por isso, ser integrada nas medidas organizacionais de confidencialidade e não tratada como exceção. Direitos de autor e direitos conexos também podem ser relevantes quando se utilizam ou geram textos, imagens, código, manuais, desenhos ou bases de dados. A Diretiva (UE) 2019/790 regula, entre outros aspetos, mineração de textos e dados no mercado único digital e mecanismos de reserva de direitos. [R35]

O próprio *AI Act* estabelece obrigações específicas para fornecedores de modelos de IA de finalidade geral relativamente a políticas de respeito pelo direito de autor e informação sobre conteúdo de treino; estas obrigações não significam que uma PME utilizadora possa ignorar direitos de terceiros. [R6]

Tabela 33: Confidencialidade e propriedade intelectual.

Antes de enviar informação para IA externa	Pergunta
Confidencialidade	A informação é pública, interna, confidencial ou segredo comercial?
Contrato do cliente	Existe restrição à partilha com terceiros/subprocessadores?

Cofinanciado pela União Europeia

Antes de enviar informação para IA externa	Pergunta
Fornecedor de IA	Pode usar o conteúdo para treino ou melhoria? Há opção de exclusão?
Retenção	*Prompts* e ficheiros ficam armazenados? Por quanto tempo?
PI de entrada	Temos direito a utilizar o documento/imagem/código desta forma?
PI de saída	Quem pode utilizar a saída e que validação/origem é necessária?

Fonte: Elaboração própria com base em [R34]; [R35].

Política mínima: Credenciais, dados pessoais desnecessários, desenhos confidenciais, informação de clientes e segredos comerciais não devem ser introduzidos em ferramentas de IA não aprovadas pela empresa. [R21]

7.5 Cibersegurança dos sistemas de IA

Um sistema de IA é também um ativo de informação ligado a utilizadores, credenciais, APIs, bases de dados, serviços nuvem, ficheiros, equipamentos e fornecedores. A ENISA recomenda começar pelos fundamentos de cibersegurança da infraestrutura e acrescentar medidas específicas de IA quando necessário. O seu *Multilayer Framework* estrutura boas práticas em fundamentos de cibersegurança, cibersegurança específica de IA e requisitos do setor. [R20]

O *AI Act*, para sistemas de risco elevado, exige níveis apropriados de robustez e cibersegurança e refere riscos como *data poisoning*, *model poisoning*, *adversarial examples/model evasion* e ataques de confidencialidade. [R6]

Uma PME que não esteja a desenvolver modelos avançados não precisa de dominar esta terminologia, mas deve exigir ao fornecedor explicações sobre proteção, testes, atualizações e incidentes.

Tabela 34: Cibersegurança dos sistemas de IA.

Controlo mínimo	Pergunta à PME/fornecedor
Identidade e acesso	Quem tem acesso à aplicação, dados, consola e API? Existe MFA quando adequado?
Segredos	Chaves API e credenciais estão fora de *prompts*, ficheiros e código partilhado?
Dados	Estão cifrados/segregados quando necessário e existem cópias de segurança?
Fornecedores	Conhecemos subcontratantes, dependências e canais de incidente?
Atualizações	Como são geridas vulnerabilidades e novas versões?
Registos de atividade	Conseguimos detetar utilização indevida e reconstruir incidentes?
Integração OT	O piloto pode ser isolado de comandos críticos e redes industriais sensíveis?

Fonte: Elaboração própria com base em [R6]; [R20].

Ligação ao outro guia: Este capítulo cobre apenas a interseção entre IA e segurança. Arquitetura de redes, OT/IT, gestão de vulnerabilidades, cópias de segurança, resposta a incidentes e controlos detalhados pertencem ao Guia TWINS4TS de Cibersegurança. [R6]; [R20]

7.6 Regulamento Europeu da Inteligência Artificial

O Regulamento (UE) 2024/1689 estabelece regras harmonizadas relativas ao desenvolvimento, colocação no mercado, colocação em serviço e utilização de sistemas de Inteligência Artificial na União Europeia.

Cofinanciado pela União Europeia

As obrigações aplicáveis dependem, entre outros fatores, da finalidade do sistema, da classificação de risco e do papel desempenhado pela organização.

À data de fecho, os capítulos I e II, incluindo literacia em IA e práticas proibidas, são aplicáveis desde 2 de fevereiro de 2025. O artigo 113.º prevê a aplicação geral em 2 de agosto de 2026, com exceções, e a aplicação do artigo 6.º, n.º 1, e das obrigações correspondentes em 2 de agosto de 2027. O calendário deve ser lido com as disposições transitórias pertinentes. [R6]

Para uma PME industrial, a primeira triagem deve começar por quatro perguntas:

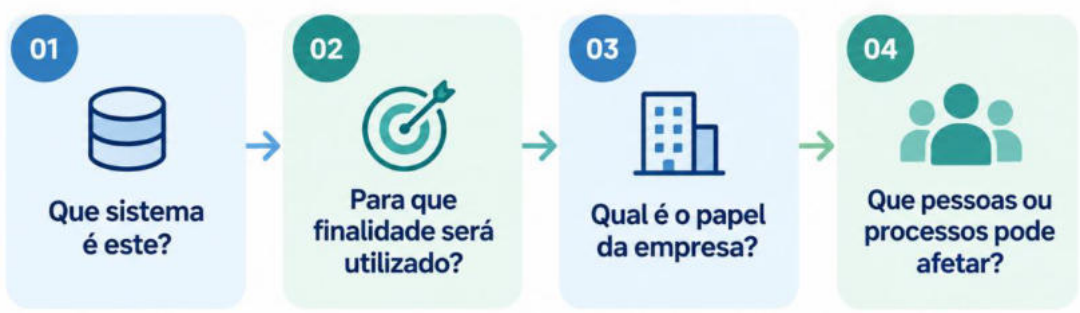


Figura 77: Perguntas essenciais sobre regulamentação.

Fonte: Elaboração própria com base em [R6].

Uma empresa que utiliza profissionalmente uma solução pode assumir o papel de responsável pela implantação; se desenvolver, colocar no mercado sob o seu nome ou marca ou modificar substancialmente um sistema, o enquadramento das responsabilidades pode alterar-se. [R6]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 78: Triagem do Regulamento da Inteligência Artificial.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base no Regulamento (UE) 2024/1689 [R6], considerando o estado normativo até 30/06/2026.

7.6.1 Práticas proibidas

O artigo 5.º do *AI Act* estabelece um conjunto de práticas proibidas, incluindo determinadas formas de manipulação, *social scoring*, utilizações biométricas específicas e certas utilizações de reconhecimento de emoções, de acordo com as condições e exceções previstas no Regulamento. [R6]

Uma PME não deve testar ou adquirir uma utilização potencialmente abrangida por uma proibição sem confirmar previamente o respetivo enquadramento.



Figura 79: Exemplos de práticas proibidas pelo Regulamento da IA (Artigo 5º).

Fonte: Elaboração própria com base em [R6].

7.6.2 Sistemas de risco elevado

Um sistema pode ser classificado como de risco elevado em determinadas circunstâncias previstas no artigo 6.º, incluindo aplicações relacionadas com produtos ou componentes de segurança abrangidos pela legislação indicada no Anexo I e determinadas utilizações enumeradas no Anexo III. [R6]

Entre os domínios do Anexo III encontram-se determinadas aplicações relacionadas com emprego e gestão de trabalhadores. A deteção de anomalias da MoveTec, tal como é apresentada neste Guia - utilização consultiva para apoiar manutenção, sem comando automático de uma função de segurança - não deve ser classificada automaticamente como sistema de risco elevado apenas porque utiliza IA. A conclusão pode, contudo, alterar-se se a finalidade ou a integração mudar. A classificação deve, por isso, ser novamente analisada sempre que o sistema assume uma nova função. [R6]

7.6.3 Transparência e literacia em IA

O *AI Act* inclui requisitos relacionados com transparência para determinadas utilizações e estabelece obrigações relativas à literacia em IA das pessoas envolvidas na operação e utilização dos sistemas, considerando fatores como conhecimentos, experiência, formação e contexto. [R6]

Para uma PME, isto não implica transformar todos os trabalhadores em especialistas técnicos. Implica assegurar que as pessoas possuem conhecimentos proporcionais às funções que desempenham e às consequências da utilização.

Este Guia não constitui aconselhamento jurídico. A classificação formal do sistema e as obrigações concretas devem ser confirmadas com apoio adequado quando a finalidade, o contexto ou os possíveis impactos o justificarem. [R6]

Cofinanciado pela União Europeia

7.7 RGPD e outras obrigações relevantes

O AI *Act* não substitui outros enquadramentos aplicáveis.

Um sistema pode não ser classificado como risco elevado ao abrigo do AI *Act* e, ainda assim, envolver requisitos relacionados com:



Figura 80: RGPD e outras obrigações relevantes.

Fonte: Elaboração própria com base em [R6].

O RGPD aplica-se quando existe tratamento de dados pessoais. Pode exigir, dependendo da natureza, âmbito, contexto, finalidades e risco, uma avaliação de impacto sobre a proteção de dados antes do tratamento. O artigo 35.º refere expressamente situações suscetíveis de elevado risco e inclui avaliação sistemática e extensa baseada em tratamento automatizado quando fundamenta decisões com efeitos jurídicos ou efeito significativo semelhante. [R21]

O *Data Act* pode ser relevante quando o caso depende de dados gerados por produtos conectados e serviços relacionados, incluindo direitos e condições de acesso/utilização. [R22]

Cofinanciado pela União Europeia

Segredos comerciais e informação confidencial estão também sujeitos ao enquadramento aplicável, incluindo a Diretiva (UE) 2016/943. [R34]

Regra de escalada: Quando a equipa não consegue determinar o impacto jurídico com confiança, registar a dúvida como ponto de decisão antes de produção. "Ainda não sabemos" é melhor do que assumir conformidade. [R21]; [R22]

7.8 Sustentabilidade e consumo computacional

IA pode apoiar eficiência energética, manutenção, redução de desperdício e utilização de recursos, mas também utiliza eletricidade, infraestrutura computacional e equipamentos. A Agência Internacional de Energia destaca esta relação de dois sentidos entre IA e energia. [R14]

Para uma PME, sustentabilidade deve ser tratada com proporcionalidade. Um modelo maior, inferência em tempo real ou processamento contínuo só se justificam quando melhoram a decisão de forma suficiente. Se uma análise diária produz o mesmo valor de negócio que uma análise a cada segundo, a opção mais intensiva pode ser desnecessária. [R14]

Tabela 35: Sustentabilidade e consumo computacional.

Pergunta	Decisão proporcional
Precisamos de tempo real?	A frequência deve seguir a janela útil de decisão.
Precisamos do modelo mais pesado?	Comparar desempenho com modelo/regra mais simples.
Local ou nuvem?	Comparar segurança, custo, energia, manutenção e utilização.
Qual é o benefício ambiental?	Medir kWh, desperdício, vida útil ou recursos - não assumir.

Cofinanciado pela União Europeia

Pergunta	Decisão proporcional
Podemos reutilizar resultados/modelos?	Evitar processamento repetido sem valor adicional.

Fonte: Elaboração própria com base em [R14].

Mensagem: Não classificar uma solução como "sustentável" apenas porque utiliza IA. O balanço deve incluir benefício no processo e recursos necessários para produzir esse benefício. [R14]

7.9 Política mínima de utilização responsável de IA

Uma PME não necessita de começar por uma política extensa. Necessita de regras suficientemente claras para impedir utilizações improvisadas e criar uma linguagem comum dentro da organização.

A ISO/IEC 42001:2023 enquadra políticas, responsabilidades, gestão do risco, monitorização e melhoria contínua num sistema de gestão de IA. [R18]

Uma política inicial pode incluir dez elementos:

Tabela 36: Política mínima de utilização responsável de IA.

Regra mínima	Conteúdo
1. Usos aprovados	Ferramentas e casos permitidos; situações que exigem autorização
2. Dados permitidos	Informação que pode ou não ser introduzida
3. Validação humana	Quem valida resultados e quando é proibida automação
4. Fontes e evidência	Requisitos de verificação, sobretudo em IA generativa
5. Responsabilidades	Dono do caso, utilizador, responsável técnico e escalada

Cofinanciado pela União Europeia

Regra mínima	Conteúdo
6. Registo	Versão, configurações, resultados e decisões relevantes
7. Fornecedores	Dados, retenção, subcontratantes, segurança e saída
8. Monitorização	Métricas e acontecimentos que obrigam a revalidar
9. Conformidade	Triagem de *AI Act*, RGPD, PI, contratos e regras setoriais
10. Literacia	Formação proporcional às funções e ao contexto

O objetivo é evitar situações como:



Figura 81: Situações a evitar na utilização de IA.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R18].

VERSÃO DE UMA PÁGINA

A *checklist* de utilização responsável de IA encontra-se no Anexo A.9 e permite registar as verificações e ações necessárias.

Exemplo contínuo - MoveTec

A MoveTec escolheu a deteção de anomalias na CNC crítica como primeiro caso estratégico. Antes de iniciar o piloto, transforma os riscos deste capítulo em regras operacionais.

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 37: Política mínima de utilização responsável de IA - MoveTec.

Risco	Salvaguarda antes do piloto
Alerta interpretado como certeza	Interface utiliza "comportamento anómalo", não "avaria prevista"
Falso positivo	Técnico avalia a utilidade do alerta e fornece informação de retorno
Falso negativo	Alarmes e procedimentos atuais permanecem ativos
Automação excessiva	Sistema não para a CNC nem agenda manutenção automaticamente
Contexto insuficiente	Dados são associados a produto, programa, estado e manutenção
Drift	Alterações relevantes obrigam a revisão
Falta de rastreabilidade	Versão, limiar, alerta, validação e ação ficam registados
Acesso indevido	Dados e consola têm acessos limitados
Fornecedor	Condições de dados, retenção, subcontratantes e saída são revistas
Enquadramento jurídico	Finalidade é documentada e reavaliada se a utilização mudar

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 82: MoveTec: salvaguardas antes do piloto da CNC.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos.

E o caso de IA generativa da MoveTec?

A pesquisa de documentação técnica permanece um caso secundário. A MoveTec estabelece desde já quatro regras: utilizar apenas documentos autorizados; não introduzir credenciais ou informação confidencial em ferramentas não aprovadas; mostrar a fonte da resposta quando possível; e exigir validação no documento original antes de qualquer instrução técnica relevante. [R11]

PONTO DE DECISÃO PARA O CAPÍTULO 8: A MoveTec só inicia o piloto quando as salvaguardas têm responsável, o processo de validação humana está definido, os dados mínimos estão controlados, os registos de atividade necessários podem ser recolhidos e não existe dúvida jurídica/segurança crítica sem resolução. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

7.10 Mensagens-chave do capítulo

1. O risco de IA não reside apenas no modelo.

Dados, pessoas, interfaces, integração, fornecedores e condições de utilização podem criar ou aumentar riscos ao longo do ciclo de vida. [R11]; [R19]

2. O risco deve ser proporcional à finalidade e às consequências.

Quanto maior a criticidade e o impacto possível de um erro, maior deve ser a exigência de validação, documentação, supervisão e controlo. [R11]

3. Diferentes tipos de erro exigem diferentes salvaguardas.

Falsos positivos, falsos negativos, enviesamentos e alterações de desempenho devem ser avaliados segundo as respetivas consequências no processo. [R11]; [R31]

4. Supervisão humana só é útil quando existe capacidade real para intervir.

O utilizador deve compreender limitações relevantes e possuir autoridade para discordar, corrigir ou interromper a utilização quando necessário. [R6]; [R11]

5. IA generativa exige validação proporcional à consequência da informação. Conteúdo plausível pode estar errado; em usos técnicos ou críticos devem ser verificadas as fontes originais. [R12]

6. Proteção de dados, confidencialidade e cibersegurança continuam aplicáveis.

A utilização de IA não elimina as responsabilidades associadas aos dados pessoais, segredos comerciais, acessos, credenciais, fornecedores e infraestrutura. [R20]; [R21]; [R34]

7. A conformidade depende da utilização concreta do sistema.

A finalidade, papel da empresa, pessoas afetadas e forma de integração determinam o enquadramento aplicável e devem ser reavaliados quando o sistema muda. [R6]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

8 Do caso de aplicação ao primeiro piloto

Cofinanciado pela União Europeia

8 Do caso de aplicação ao primeiro piloto

Pergunta-guia

- Como transformar um caso de IA selecionado numa experiência pequena, controlada e mensurável que produza evidência suficiente para decidir o que fazer a seguir?

Objetivos do capítulo

- Distinguir claramente prova de conceito (PoC) de piloto e evitar usar os termos como sinónimos;
- Definir aquilo que uma PME deve provar antes de aumentar investimento ou integrar IA na operação;
- Estruturar âmbito, duração, equipa, responsabilidades, dados, tecnologia, parceiro, salvaguardas e critérios de saída;
- Orientar preparação dos dados e desenvolvimento/configuração de uma PoC sem contaminar a avaliação;
- Desenhar um piloto controlado que teste desempenho técnico, adequação operacional, utilização pelas pessoas e valor face à referência inicial;
- Definir supervisão humana, tratamento de exceções, procedimento alternativo e registo de decisões;
- Comparar resultados com a referência inicial e aplicar um ponto de decisão explícito: parar, ajustar, manter ou avançar;
- Aplicar todo o percurso ao caso principal da MoveTec: deteção de anomalias numa CNC crítica.

Cofinanciado pela União Europeia

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir produzir uma ficha de piloto completa, identificar quem faz o quê, preparar dados e ambiente de teste, definir métricas e salvaguardas, executar uma PoC e um piloto delimitado e encerrar a experiência com uma decisão documentada baseada em evidência - e não apenas numa demonstração tecnológica.

Cofinanciado pela União Europeia

8.1 Da prova de conceito ao piloto

Depois de selecionar uma oportunidade no Capítulo 6 e estabelecer as principais salvaguardas no Capítulo 7, a PME pode passar da análise para a experimentação.

Contudo, experimentar não significa implementar diretamente no processo real. É útil distinguir dois momentos: primeiro testar se a hipótese técnica é plausível; depois verificar se essa solução funciona em condições suficientemente próximas da realidade operacional.

Essa distinção corresponde, neste Guia, à passagem de PoC → piloto.

8.1.1 O que é uma prova de conceito (PoC)?

Uma prova de conceito - PoC, de *Proof of Concept* - é uma experiência limitada destinada a testar a plausibilidade da ideia técnica central.

Para uma PME, a pergunta deve ser estreita:

Com os dados e restrições que temos, esta abordagem consegue produzir um resultado suficientemente promissor para justificar um teste operacional?

A PoC pode utilizar dados históricos, decorrer offline e limitar-se a uma máquina, família de produto, subconjunto de documentos ou conjunto representativo de situações. Não necessita de reproduzir toda a infraestrutura ou o fluxo final da solução. [R11]; [R29]

Uma PoC pode, por exemplo, demonstrar que:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 83: Demonstrações de uma PoC.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R29].

Contudo, uma PoC tecnicamente bem-sucedida não demonstra que a solução está pronta para produção. Ainda permanecem questões de integração, utilização pelas pessoas, desempenho em condições reais, segurança, manutenção e benefício operacional. [R11]; [R29]

Pergunta da PoC: "A hipótese técnica merece continuar?" - e não "já demonstrámos o retorno do investimento?".

8.1.2 O que é um piloto?

Um piloto aproxima a solução do contexto real de utilização, mantendo ainda um âmbito limitado e controlado.

Deve possuir processo, equipamento ou população definidos, utilizadores identificados, duração, salvaguardas, métricas e critérios de saída previamente estabelecidos.

Ao contrário da PoC, o piloto não avalia apenas o modelo. Avalia a combinação:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 84: Avaliação de um piloto.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R36].

A qualidade de uma solução de IA deve ser observada no contexto para o qual foi concebida, e não apenas através de uma métrica técnica isolada. [R11]; [R36]

Tabela 38: Prova de conceito e piloto.

PoC	Piloto
A hipótese técnica é plausível?	A solução funciona no processo?
Pode decorrer offline	Utiliza condições próximas da realidade
Prioridade principal nos dados e abordagem	Inclui pessoas, processo e controlos
Integração limitada	Testa integração necessária
Produz evidência técnica inicial	Produz evidência técnica, operacional e de valor
Decide se merece continuar	Decide se merece avançar para operação

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, com base em ISO/IEC 5338 [R29], ISO/IEC 25059 [R36] e NIST AI RMF [R11].

8.1.3 O que deve um piloto provar?

O piloto não deve tentar demonstrar genericamente que "a IA funciona". Deve testar as hipóteses definidas na análise de viabilidade do Capítulo 6. Neste Guia, essas hipóteses são organizadas em quatro dimensões: [R11]; [R37]

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 39: O que deve um piloto provar?

Hipótese	Pergunta de prova	Exemplo de evidência
Técnica	O sistema produz resultados com desempenho e estabilidade adequados?	Métricas por classe/regime; latência; erros; robustez.
Operacional	O resultado chega no momento certo e encaixa no processo?	Tempo de resposta; número de alertas; carga de trabalho; disponibilidade.
Humana	Os utilizadores compreendem, validam e conseguem agir?	Taxa de análise; informação de retorno; decisões revertidas; casos de dúvida.
Valor	Existe melhoria relevante face à referência inicial e ao método atual?	Tempo de paragem, FPY, retrabalho, erro de previsão, tempo de pesquisa, etc.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R11]; [R37].

A ISO/IEC TS 42119-2:2025 adota uma abordagem de teste baseada no risco para sistemas de IA e relaciona riscos de desenvolvimento, manutenção e utilização com práticas e técnicas de teste apropriadas. [R37]

Para uma PME, isto recomenda selecionar testes segundo aquilo que pode falhar e segundo a consequência desse erro, em vez de criar uma bateria de testes desligada do caso.

8.2 Definir o âmbito, a duração e os critérios de saída

Um piloto deve possuir fronteiras claras.

Quando não existe delimitação, uma experiência pode transformar-se progressivamente num projeto permanente, acumulando custos e dependências sem existir uma decisão formal sobre o seu valor.

O âmbito deve esclarecer, pelo menos:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 85: Definição do âmbito.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R29].

A duração não deve ser escolhida apenas com base no calendário. Deve permitir observar uma quantidade e variedade suficientes de condições relevantes.

Uma aplicação de inspeção visual que processa milhares de unidades semanalmente pode produzir evidência em pouco tempo. Um caso de manutenção em que eventos relevantes ocorrem raramente pode exigir uma janela mais longa.

Também devem ser definidos antecipadamente critérios de saída (parar, ajustar, manter ou avançar).



Figura 86: Ficha de desenho do piloto.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS.

A ficha de projeto-piloto encontra-se no Anexo A.7. Reúne os campos necessários para aplicar o método deste capítulo.

8.3 Equipa, papéis e responsabilidades

Um primeiro piloto de IA não necessita de uma grande equipa. Necessita, contudo, de assegurar que as funções essenciais estão cobertas e que a responsabilidade não é transferida implicitamente para a tecnologia ou para o fornecedor.

Esta é também a secção adequada para desenvolver os papéis que foram apenas introduzidos de forma conceptual no Capítulo 2.

Cofinanciado pela União Europeia

8.3.1 Definir a equipa necessária

Um primeiro piloto não necessita de uma grande equipa, mas precisa de combinar conhecimento do problema, dados, tecnologia, utilizador e decisão. A OCDE destaca competências e capacidade de gestão entre os facilitadores de adoção de IA nas PME. [R5]

O NIST recomenda papéis e responsabilidades claros durante o ciclo de vida. [R11]

Tabela 40: Definir a equipa necessária.

Perfil	Porque é necessário
Responsável de gestão / gestão	Protege prioridade, recursos e autoridade de decisão.
Dono do problema	Responde pela referência inicial, KPI e benefício esperado.
Especialista do processo	Interpreta dados, exceções e consequências operacionais.
Dados/TI	Garante extração, qualidade, acessos, integração e ambiente.
Especialista IA / parceiro	Constrói/configura, mede e documenta a abordagem.
Utilizador do resultado	Testa compreensão, timing, carga e utilidade real.
Risco/segurança	Revê controlos quando o caso o exige; pode ser uma função acumulada.

Numa micro ou pequena empresa, uma pessoa pode desempenhar vários papéis. O ponto crítico é não deixar funções essenciais sem responsável. Um fornecedor pode construir a PoC, mas não deve definir sozinho o problema, o KPI, o risco aceitável ou a decisão empresarial. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

8.3.2 Clarificar papéis e responsabilidades

Antes de preparar dados ou configurar a solução, deve estar claro quem executa, quem valida e quem decide. Uma matriz simples evita atrasos e reduz a tendência para transferir responsabilidade para o fornecedor. [R11]; [R18]

Tabela 41: Clarificar papéis e responsabilidades.

Atividade	Responsável principal	Validação/aprovação
Definir referência inicial e KPI	Dono do problema	Responsável de gestão + especialista do processo
Autorizar dados e acessos	Dados/TI	Responsável adequado de segurança/dados
Preparar dados	Dados/TI + parceiro	Especialista do processo
Definir métricas técnicas	Especialista IA	Dono do problema
Desenvolver/configurar PoC	Especialista IA/fornecedor	Responsável técnico
Validar resultados	Utilizador + especialista do processo	Dono do problema
Registar incidentes e exceções	Utilizador/responsável técnico	Responsável de gestão quando relevante
Tomar decisão final	Responsável de gestão + dono do problema	Evidência produzida pela equipa

A ISO/IEC 42001 reforça a importância de responsabilidades claras no contexto da gestão de sistemas de IA. [R18]

Regra: O fornecedor responde pela solução que entrega; a PME continua responsável por definir a finalidade, a utilização e os critérios empresariais do caso. [R11]; [R18]

Cofinanciado pela União Europeia

8.4 Preparar os dados

A preparação de dados para um piloto deve permitir duas coisas diferentes: construir/configurar o sistema e avaliá-lo de forma credível. Utilizar os mesmos dados de forma indevida em ambas pode produzir uma visão excessivamente otimista do desempenho. [R37]

Quando se usa *Machine Learning*, é importante separar, quando tecnicamente aplicável, dados usados para treino, validação e teste. O conjunto de teste deve representar condições relevantes e não deve ser utilizado repetidamente para ajustar o modelo. A ISO/IEC TS 42119-2:2025 enfatiza processos, documentação e abordagens de teste para sistemas de IA numa perspetiva baseada no risco. [R37]



Figura 87: Preparar dados para testar, não apenas para treinar.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em ISO/IC TS 42119-2 [R37].

No caso de modelos adquiridos ou serviços pré-treinados, a PME pode não controlar o treino original. Ainda assim, deve controlar os dados usados para configuração, testes locais e avaliação do resultado no contexto da empresa. [R37]

8.5 Selecionar tecnologia e parceiro

A tecnologia deve ser escolhida depois de o problema, a referência inicial, os dados e os critérios de avaliação estarem suficientemente definidos.

Cofinanciado pela União Europeia

Esta ordem permite comparar fornecedores com base em evidência e não apenas em funcionalidades, demonstrações ou promessas.

A decisão entre desenvolver, comprar, adaptar ou cocriar foi introduzida no Capítulo 6. Para o piloto, acrescentam-se critérios específicos relacionados com testabilidade, reversibilidade, transparência e transferência de conhecimento. [R29]

Algumas perguntas úteis ao fornecedor ou parceiro são:

Tabela 42: Selecionar tecnologia e parceiro.

Pergunta	Porque interessa
Que dados são necessários e em que formato?	Permite estimar preparação e compatibilidade
Qual é a alternativa simples de comparação?	Evita avaliar sem referência inicial tecnológica
Como são medidos falsos positivos e negativos?	Relaciona desempenho com consequências
É possível testar offline ou em modo de observação?	Reduz risco
Que versões e registos de atividade ficam disponíveis?	Permite rastreabilidade
Os dados da PME são utilizados para treino?	Afeta confidencialidade e governação
É possível exportar resultados/configurações?	Reduz dependência
Quem ficará capaz de operar depois do piloto?	Avalia transferência de conhecimento

Fonte: Elaboração própria, com base em [R29].

O NIST AI RMF *Playbook* inclui práticas associadas a terceiros, aquisição e cadeia de fornecimento. [R30]

As questões de seleção e avaliação do parceiro serão retomadas com maior detalhe no Capítulo 10. Nesta fase, interessa sobretudo perceber se o parceiro consegue executar

Cofinanciado pela União Europeia

um teste credível e transferir conhecimento suficiente para que a PME mantenha capacidade de decisão.

8.6 Da PoC ao piloto controlado

O desenvolvimento da experiência deve ser gradual.

A lógica recomendada é:



Figura 88: Da PoC ao piloto controlado.

Fonte: Elaboração própria com base em [R29]; [R37].

Isto permite aumentar progressivamente a exposição ao processo à medida que aumenta a evidência.

8.6.1 Desenvolver ou configurar a PoC

A PoC deve construir o menor sistema capaz de testar a hipótese técnica. É preferível uma experiência simples, reproduzível e bem medida a uma demonstração visualmente sofisticada mas difícil de avaliar. [R29]; [R37]

O processo deve registar dados utilizados, versões, transformações relevantes, referência inicial, métricas e principais decisões de modelação/configuração. O objetivo não é criar

Cofinanciado pela União Europeia

documentação académica; é permitir que a equipa compreenda por que o resultado mudou e consiga repetir a experiência. [R29]; [R37]

Tabela 43: Desenvolver ou configurar a PoC.

PoC - sequência mínima	Resultado
1. Criar referência inicial simples	Regra, média histórica, método atual ou modelo simples.
2. Preparar primeiro candidato	Configuração/modelo capaz de produzir o resultado pretendido.
3. Avaliar em dados não usados no ajuste	Primeira estimativa de desempenho e tipos de erro.
4. Analisar segmentos	Produto, regime, classe, turno ou outro contexto relevante.
5. Rever erros com especialistas	Perceber se o erro é técnico, de dados ou de definição do problema.
6. Documentar limitações	Condições em que a abordagem não deve ser usada.

Evitar: Não afinar sucessivamente o sistema apenas para melhorar um número de teste sem compreender os erros. Isso pode criar sobreajuste e uma falsa sensação de desempenho. [R29]; [R37]

8.6.2 Executar um piloto controlado

Quando a PoC apresenta evidência suficiente, o caso pode avançar para um piloto controlado. O primeiro objetivo é observar o comportamento do sistema no processo sem expor a organização a consequências desnecessárias. [R11]; [R29]

Cofinanciado pela União Europeia

Modo de observação

Em modo de observação, o sistema recebe dados reais e produz resultados, mas estes não influenciam a decisão operacional. A equipa compara a saída com aquilo que aconteceu e com decisões tomadas pelo processo normal. É particularmente útil em manutenção, qualidade e previsão, porque permite conhecer falsos alertas e eventos falhados antes de alterar o trabalho. [R11]; [R29]

Assistência com validação humana

Depois de uma fase de sombra satisfatória, o resultado pode ser apresentado ao utilizador como apoio. O utilizador mantém autoridade e o sistema não executa a ação automaticamente. Esta é a configuração recomendada para o primeiro piloto da MoveTec. [R11]; [R29]

Automação limitada

Automatizar uma parte do fluxo só deve ser considerado quando a consequência do erro é controlável, existem salvaguardas e a automatização é necessária para testar a hipótese. A simples existência de um modelo não justifica automatizar a decisão. [R11] [R29]

Piloto controlado

Alterar uma variável de cada vez sempre que possível. Se simultaneamente mudar o modelo, o processo, a equipa e o equipamento, ficará mais difícil perceber a causa do resultado. [R11]; [R29]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia



Figura 89: Da prova de conceito ao piloto controlado.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, com base em NIST AI RMF [R11] e ISO/IEC 5338 [R29].

8.7 Validar o piloto

Validar um piloto significa reunir evidência suficiente para responder às quatro hipóteses definidas no início do capítulo.

A validação deve ser separada em três perspetivas - técnica, operacional e humana - e depois relacionada com o valor empresarial.



Figura 90: Validar o piloto.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R36]; [R37].

Cofinanciado pela União Europeia

8.7.1 Validação técnica

A validação técnica verifica se o sistema cumpre os requisitos definidos para o caso. A ISO/IEC 25059:2023 disponibiliza um modelo de qualidade para sistemas de IA e a ISO/IEC TS 42119-2:2025 apresenta orientação específica de teste baseada no risco. [R36]; [R37]

Para uma PME, a seleção de métricas deve permanecer ligada à pergunta empresarial. Em classificação, *precision, recall* ou outras métricas podem ser úteis, mas devem ser traduzidas em falsos positivos e negativos. Em regressão/previsão, o erro deve ser comparado com a referência inicial. Em anomalias, deve analisar-se quantos alertas correspondem a situações tecnicamente relevantes e quantos eventos relevantes ficaram sem sinal. [R36]; [R37]

Tabela 44: Validação técnica.

Dimensão técnica	Pergunta de validação
Desempenho	Supera a referência inicial e atinge o nível acordado?
Segmentos	Mantém desempenho por produto, regime, classe ou condição?
Robustez	Pequenas variações de dados produzem comportamento aceitável?
Latência	O resultado chega dentro da janela útil?
Disponibilidade	O serviço funciona com estabilidade suficiente para o piloto?
Reprodutibilidade	Conseguimos identificar versão e repetir o teste?
Falhas	O sistema falha de forma detetável e segura?

Evite validar apenas uma média global. Um modelo pode ter bom resultado médio e desempenho fraco precisamente na família de produto ou condição crítica para a empresa. [R36]; [R37]

Cofinanciado pela União Europeia

8.7.2 Validação operacional

Validação operacional pergunta se o sistema funciona como parte do processo. Um resultado tecnicamente correto pode chegar demasiado tarde, exigir informação que o operador não tem, gerar alertas em excesso ou criar tarefas adicionais que anulam o benefício. [R11]; [R36]

Tabela 45: Validação operacional.

Aspeto operacional	Exemplo de pergunta
Timing	O alerta chega antes de a decisão deixar de ser útil?
Carga	Quantos alertas/tarefas adicionais surgem por turno ou semana?
Fluxo	Onde aparece o resultado e quem o recebe?
Contexto	O utilizador vê informação suficiente para interpretar?
Procedimento alternativo	O que acontece quando o sistema não responde?
Exceções	Que produtos/condições ficam fora do piloto?
Integração	Há exportações manuais que impediriam uma operação sustentável?

A validação operacional deve também medir efeitos colaterais. Reduzir o tempo de uma tarefa e aumentar retrabalho noutra não constitui melhoria líquida. O dono do problema deve acompanhar o KPI de ponta a ponta. [R11]; [R36]

8.7.3 Validação com utilizadores

A adoção não deve ser avaliada perguntando apenas se "gostaram da ferramenta". O objetivo é perceber se os utilizadores compreendem a saída, conseguem detetar

Cofinanciado pela União Europeia

situações duvidosas, confiam de forma proporcional e sabem quando recorrer ao método normal. [R11]

O NIST caracteriza a interação humano-IA como parte relevante da gestão de risco e chama a atenção para papéis, responsabilidades e perceção adequada das capacidades do sistema. [R11]

A formação deve ser orientada ao caso: o que o sistema faz, o que não faz, que erros conhece, como contestar e como registar informação de retorno.

Tabela 46: Validação com utilizadores.

Pergunta ao utilizador	O que revela
O que significa este resultado?	Compreensão da saída.
Em que situação não confiarias nele?	Conhecimento de limitações.
O que fazes quando discordas?	Autoridade e fluxo de exceção.
A informação chega no formato adequado?	Usabilidade e integração.
Que trabalho adicional criou?	Carga escondida.
Que informação falta para decidir?	Melhoria de interface/contexto.

Confiança calibrada: O objetivo não é maximizar confiança na IA. É fazer com que a confiança seja proporcional ao desempenho e às limitações conhecidas. [R11]

8.8 Supervisão humana e tratamento de exceções

As salvaguardas definidas no Capítulo 7 devem ser incorporadas no piloto como comportamento concreto. Não basta escrever "haverá supervisão humana"; é necessário

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

desenhar quando a pessoa intervém, que informação recebe e que autoridade possui. [R18]; [R30]

Tabela 47: Supervisão humana e tratamento de exceções.

Situação	Resposta definida antes do piloto
Score/resultado em zona de dúvida	Encaminhar para revisão humana.
Dados em falta ou fora do domínio conhecido	Não emitir decisão automática; sinalizar indisponibilidade.
Utilizador discorda	Registar *override* e razão; manter autoridade humana.
Sistema indisponível	Voltar ao processo/referência inicial anterior.
Mudança relevante de processo/dados	Suspender ou revalidar o piloto.
Incidente de segurança/dados	Aplicar canal de incidente e limitar acesso/serviço.

O NIST recomenda gerir falhas e riscos ao longo da utilização e manter processos de resposta; o AI RMF *Playbook* traduz esses princípios em ações práticas de operação e monitorização. [R30]

A ISO/IEC 42001 integra responsabilidades, monitorização e melhoria contínua num sistema de gestão de IA. [R18]

Regra de exceção: Se não sabemos o que deve acontecer quando o sistema não sabe, falha ou discorda do especialista, o piloto ainda não está pronto. [R18]; [R30]

Cofinanciado pela União Europeia

8.9 Comparar resultados com a referência inicial

A conclusão do piloto deve regressar à referência inicial estabelecida no Capítulo 6. Comparar apenas a performance do modelo antes e depois de afinar não demonstra valor empresarial. [R11]; [R36]

A comparação deve usar definições equivalentes e períodos/condições tão comparáveis quanto possível. É necessário registar alterações externas - novo produto, manutenção, mudança de turno, quebra de procura - que possam explicar parte da variação. Numa PME, não é necessário transformar todo o piloto num estudo estatístico complexo; é necessário evitar atribuir automaticamente à IA mudanças que podem ter outras causas. [R11]; [R36]

Tabela 48: Comparar resultados com a referência inicial.

Comparar	Pergunta
KPI principal	Melhorou face à referência inicial na direção esperada?
Magnitude	A melhoria é suficientemente grande para justificar custos e integração?
Métrica técnica	Os erros permaneceram dentro do nível acordado?
Segmentos	A melhoria é consistente onde o caso é mais importante?
Carga operacional	O tempo ganho supera o trabalho adicional criado?
Risco	Surgiram novos incidentes, exceções ou dependências?
Custo	O esforço real alterou a análise de viabilidade inicial?

Evidência suficiente: Uma pequena melhoria credível e repetível é mais útil do que um grande resultado obtido num período atípico ou sem comparação adequada. [R11]; [R36]

Cofinanciado pela União Europeia

8.10 Ponto de decisão: parar, ajustar, manter ou avançar

O piloto termina com uma decisão documentada. Esta disciplina é tão importante como a escolha do modelo. Um piloto que nunca é encerrado mantém custos e cria dependências sem provar valor. [R11]; [R30]



Figura 91: Ponto de decisão no final do piloto.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em princípios de gestão e monitorização do NIST [R11]; [R30].

Exemplo contínuo - MoveTec

A MoveTec chega a este capítulo com um caso escolhido e salvaguardas definidas. O objetivo do piloto não é "prever todas as avarias". É avaliar se a análise dos sinais da CNC consegue identificar padrões anómalos suficientemente úteis para apoiar a equipa de manutenção. A MoveTec é fictícia e não são antecipados resultados quantitativos. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 92: MoveTec: percurso do primeiro piloto na CNC.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos.

1. Hipótese do piloto

Se os sinais exportáveis da CNC forem relacionados com estados, programa/produto e eventos de manutenção, um sistema de deteção de anomalias poderá identificar determinados comportamentos pouco habituais e gerar alertas que ajudem os técnicos a priorizar verificações. [R11]

2. Referência inicial

A MoveTec consolida, para o período de referência, número e duração de paragens não planeadas, tempo de paragem, MTBF, MTTR e tempo aproximado de diagnóstico quando disponível. Mantém também os alarmes e procedimentos atuais como referência inicial tecnológica. [R11]

3. Dados

O conjunto de dados inclui apenas os sinais necessários ao caso, estados/alarmes, identificação de programa ou família de produto e registos de manutenção relacionados temporalmente. São normalizados *timestamps*, unidades, alterações de sensor e códigos de causa. A empresa congela a versão de dados utilizada na PoC. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

4. PoC *offline*

A equipa começa por uma referência inicial simples baseada em limites e regras já conhecidas. Depois compara uma abordagem de deteção de anomalias usando dados históricos. Analisa resultados por diferentes regimes de funcionamento e revê alertas com a manutenção. [R11]

5. Critérios técnicos

A PoC deve demonstrar que o sistema identifica uma proporção útil de situações relevantes sem gerar uma carga de falsos alertas que inviabilize a utilização. Não é fixado neste Guia um valor universal: o limiar é definido com base na frequência de eventos, no custo de verificação e na consequência de eventos falhados. [R11]

6. Modo de observação

O sistema passa a receber dados atuais e a produzir alertas sem os apresentar inicialmente como instrução operacional. A equipa compara alertas com aquilo que ocorre na máquina e regista falsos positivos, eventos relevantes não sinalizados e mudanças de regime. [R11]

7. Piloto assistido

Quando o desempenho é suficientemente estável, os alertas são apresentados aos técnicos com contexto mínimo: momento, variáveis ou comportamento relevante, estado e referência de produção quando disponível. O técnico classifica o alerta como útil, não útil ou inconclusivo e regista a ação. Nenhum alerta para automaticamente a CNC. [R11]

Conselho Empresarial Tâmega e Douro · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

8. Critérios de decisão

Tabela 49: Ponto de decisão: parar, ajustar, manter ou avançar.

Dimensão	Questão de ponto de decisão MoveTec
Técnica	Os alertas mantêm desempenho aceitável nos regimes incluídos?
Operacional	O volume e timing permitem atuação sem fadiga ou interrupção excessiva?
Humana	Os técnicos compreendem os alertas e conseguem contestá-los?
Valor	Existe melhoria credível no diagnóstico/antecipação ou redução de tempo de paragem face à referência inicial?
Risco	As salvaguardas do Capítulo 7 funcionaram e não surgiram riscos impeditivos?
Custo	O esforço real de dados, integração e operação continua proporcional ao benefício?

DECISÃO POSSÍVEL

O capítulo não determina antecipadamente que a MoveTec avançará. Se a evidência for insuficiente, a decisão correta poderá ser ajustar ou parar. O objetivo do exemplo é mostrar que um piloto existe para produzir uma decisão, não para confirmar uma decisão já tomada. [R11]

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

8.11 Mensagens-chave do capítulo

1. Prova de conceito e piloto respondem a perguntas diferentes.

A PoC procura demonstrar plausibilidade técnica; o piloto avalia se a solução consegue ser utilizada de forma controlada em condições próximas do processo real. [R11]; [R37]

2. Um piloto deve ser estruturado em hipóteses de avaliação.

Desempenho técnico, funcionamento operacional, interação com os utilizadores e impacto no processo devem ser analisados separadamente para compreender onde a solução funciona e onde falha. [R11]; [R37]

3. Âmbito, dados e condições de teste determinam a credibilidade do resultado. Equipamento, produtos, utilizadores, dados incluídos, exclusões e duração devem representar suficientemente o contexto que se pretende avaliar. [R11]; [R37]

4. A preparação dos dados também serve para garantir uma avaliação credível.

A separação adequada entre dados de desenvolvimento e teste e a prevenção de *data leakage* ajudam a evitar resultados artificialmente otimistas. [R37]

5. Modo de observação e mecanismos de procedimento alternativo permitem avaliar antes de alterar o processo existente.

O sistema pode produzir resultados com dados reais enquanto procedimentos anteriores permanecem ativos, permitindo observar comportamento, erros e reação dos utilizadores. [R11]; [R30]; [R37]

6. Um piloto pode terminar com diferentes conclusões.

Parar, ajustar, repetir parte da experiência ou preparar a operação são resultados possíveis; um piloto existe para aprender sobre a hipótese, não para confirmar uma decisão já tomada. [R11]; [R37]

Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

9 Do piloto à operação e à escala

Cofinanciado pela União Europeia

9 Do piloto à operação e à escala

Pergunta-guia

- O que precisa de mudar para que uma solução de IA que demonstrou valor num piloto possa operar de forma fiável, sustentável e controlada - e ser posteriormente escalada sem perder desempenho, governação ou capacidade de decisão?

Objetivos do capítulo

- Distinguir um piloto bem-sucedido de uma solução efetivamente pronta para operação;
- Definir responsabilidades permanentes pelo sistema, processo, dados, utilizadores, risco e fornecedor;
- Preparar integração estável com ERP, MES, equipamentos e restantes sistemas sem transformar o Guia num manual de arquitetura;
- Monitorizar separadamente desempenho do modelo, qualidade dos dados e mudanças do contexto de utilização;
- Estabelecer regras para atualizações, manutenção, documentação, incidentes e revalidação;
- Integrar gestão da mudança, formação e adoção no modelo operacional da solução;
- Gerir fornecedores, SLAs, portabilidade e dependência do fornecedor antes de a dependência se tornar crítica;
- Medir resultados e custo total de propriedade (TCO) ao longo do tempo;
- Definir quando faz sentido escalar uma solução e como reavaliar cada novo contexto.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir transformar a decisão "avançar" do piloto num plano operacional: quem responde pelo sistema, que integrações ficam estáveis, o que é monitorizado, que eventos obrigam a revalidar, como funciona o suporte, quanto custa operar e em que condições a solução pode ser expandida.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

9.1 Um piloto bem-sucedido não é o fim

Um piloto pode demonstrar que a hipótese técnica é plausível, que os utilizadores conseguem trabalhar com o resultado e que existe melhoria face à referência inicial. Ainda assim, operação exige algo diferente: repetibilidade, disponibilidade, responsabilidade permanente, monitorização, suporte, integração, documentação e capacidade de responder a mudanças. [R18]; [R29]

A ISO/IEC 5338:2023 enquadra sistemas de IA através de processos de ciclo de vida, o que ajuda a evitar a ideia de que o projeto termina quando o modelo é aceite. [R29]

A ISO/IEC 42001:2023 acrescenta uma lógica de sistema de gestão, com responsabilidades, recursos, monitorização, avaliação de desempenho e melhoria contínua. [R18]

O NIST AI RMF *Playbook* recomenda monitorizar o comportamento do sistema em produção e comparar métricas observadas com as obtidas antes da implementação, precisamente porque novos problemas e *drift* podem aparecer à medida que o ambiente evolui. [R30]



Figura 93: Do piloto à operação e à escala.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em ISO/IEC 5338 [R29], ISO/IEC 42001 [R18] e NIST AI RMF Playbook [R30].

Cofinanciado pela União Europeia

Mudança de pergunta: No piloto perguntávamos: "há evidência suficiente para continuar?". Em operação perguntamos: "conseguimos manter este valor de forma fiável, controlada e economicamente sustentável?".

9.2 O que muda quando a IA entra em operação?

Durante um piloto, muitas tarefas podem ser realizadas manualmente por uma equipa dedicada: exportar dados, lançar o modelo, rever todos os alertas e corrigir falhas rapidamente. Em operação, estes atalhos tornam-se custos, riscos ou pontos únicos de falha. O processo precisa de funcionar quando a pessoa que construiu a PoC não está disponível. [R18]; [R29]

Tabela 50: O que muda quando a IA entra em operação?

Piloto	Operação
Conjunto de dados preparado pontualmente	Fluxo de dados repetível e controlado
Versão experimental	Versão identificada e processo de mudança
Equipa do projeto resolve falhas	Suporte, escalada e responsáveis definidos
Métricas analisadas no final	Monitorização com frequência e limiares definidos
Procedimento alternativo informal	Procedimento de continuidade testado
Utilizadores selecionados	Formação e adoção para população real
Custo do teste	TCO recorrente e orçamento operacional
Fornecedor próximo do projeto	SLA, suporte, comunicação de mudanças e saída

Cofinanciado pela União Europeia

A passagem para operação deve, por isso, ser tratada como um novo ponto de decisão. Um sistema pode ter passado o piloto e ainda não estar pronto se depender de exportações manuais frágeis, não tiver responsável, não possuir registos de atividade suficientes ou apresentar custo de operação incompatível com o benefício. [R18]; [R29]

9.3 Responsabilidades pelo sistema e pelo processo

Em operação, responsabilidade não pode permanecer diluída na equipa do projeto. A PME deve distinguir responsabilidade pelo benefício empresarial, pelo funcionamento técnico e pelo uso diário. A ISO/IEC 42001 reforça responsabilização e responsabilidades como parte da governação de IA. [R18]



Figura 94: Modelo mínimo de responsabilidade em operação.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em ISO/IEC 42001 [R18] e NIST AI RMF [R11].

Numa PME, uma pessoa pode acumular várias funções. O importante não é criar uma estrutura pesada, mas conseguir responder rapidamente a três perguntas:



Figura 95: Deteção, decisão e resposta em operação.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R18].

Se o desempenho se degradar, um fluxo de dados falhar ou ocorrer um incidente, estas responsabilidades devem estar previamente definidas. [R11]; [R18]

9.4 Integração com sistemas e equipamentos

A integração deve servir a decisão empresarial e não aumentar complexidade sem necessidade. Um sistema de IA pode precisar de receber dados de equipamentos, ERP, MES, manutenção ou qualidade e devolver alertas, scores ou recomendações a uma interface existente. O desenho final deve minimizar transferências manuais, duplicação de dados e dependências difíceis de manter. [R20]; [R29]

A industrialização deve definir frequência, formato, identificadores comuns, tratamento de falhas, autenticação, permissões, *logging* e comportamento quando um sistema a montante ou a jusante está indisponível. A ISO/IEC 5338 fornece uma perspetiva de ciclo de vida útil para estruturar integração e manutenção, enquanto a ENISA recomenda incorporar IA nos fundamentos normais de cibersegurança da infraestrutura. [R20]; [R29]

Tabela 51: Integração com sistemas e equipamentos.

Questão de integração	Decisão a documentar
Origem	Que sistema é a fonte oficial de cada dado?
Identificador	Como ligamos máquina, ordem, produto, evento e manutenção?
Frequência	Tempo real, minutos, hora, turno ou dia?
Falha	O que acontece quando a origem não responde ou envia dados incompletos?
Destino	Onde aparece o resultado para o utilizador?
Acesso	Que contas/serviços podem ler, escrever ou executar?
Registos de atividade	Que eventos são guardados para suporte e auditoria?
Procedimento alternativo	Como regressar ao processo anterior sem bloquear a operação?

Fonte: Elaboração própria, com base em [R20]; [R29].

Não integrar por prestígio: Se uma exportação diária segura e controlada é suficiente para a decisão, não é obrigatório construir integração em tempo real. A arquitetura deve ser proporcional ao valor e à janela de decisão.

9.5 Monitorizar a solução em operação

Monitorizar uma solução de IA não significa apenas observar a precisão do modelo.

Em operação devem ser acompanhadas três camadas distintas:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 96: Monitorização de IA em operação: sistema, dados e contexto.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, com base em NIST AI RMF [R11], NIST AI RMF Playbook [R30] e ISO/IEC 5259-3/5 [R38] [R39].

9.5.1 Desempenho do sistema

Depois de entrar em operação, o desempenho técnico deve ser acompanhado com métricas compatíveis com as utilizadas no piloto. O NIST recomenda monitorizar em produção a funcionalidade e o comportamento do sistema, comparando os indicadores observados com os obtidos em testes pré-implementação. [R30]

A frequência de monitorização depende da velocidade com que o processo muda e da disponibilidade do resultado real. Em visão computacional pode ser possível obter informação de retorno rapidamente; em manutenção, a confirmação de um alerta pode surgir apenas depois de uma inspeção ou evento posterior. [R30]



Figura 97: Desempenho do sistema.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R30].

Limiar de ação: Não basta desenhar um painel de indicadores. Definir antecipadamente quando uma métrica gera investigação, ajuste de limiar, novo treino/reconfiguração, reversão para a versão anterior ou suspensão.

9.5.2 Qualidade dos dados

A degradação do sistema pode começar antes de aparecer nas métricas do modelo. Um sensor com valores em falta, uma mudança de unidade, uma nova categoria ou um identificador que deixou de ser preenchido pode alterar as entradas e afetar o resultado. [R38]; [R39]

A ISO/IEC 5259-3:2024 estabelece requisitos e orientação para gestão da qualidade dos dados usados em *analytics* e *Machine Learning*, incluindo uma abordagem adaptável ao ciclo de vida. [R38]

A ISO/IEC 5259-5:2025 acrescenta uma perspetiva de governação, clarificando que qualidade de dados é uma responsabilidade organizacional e deve ser supervisionada ao longo do ciclo de vida. [R39]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 98: Qualidade dos dados.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R38]; [R39].

Nem toda a alteração nos dados representa um problema: pode refletir uma melhoria legítima do processo. O objetivo é detetar a mudança e decidir se o modelo continua válido nesse novo contexto. [R38]; [R39]

9.5.3 Contexto de utilização

Modelo e dados podem manter-se tecnicamente estáveis enquanto o objetivo empresarial muda. Uma nova família de produto, alteração do plano de manutenção, mudança de fornecedor, novo critério de qualidade ou reorganização do trabalho pode tornar a solução menos útil ou alterar a consequência do erro. [R11]; [R30]

O NIST coloca o contexto de utilização no centro da identificação e gestão de risco. [R11] Por isso, a operação deve manter uma lista de condições que exigem reavaliação que não depende apenas de métricas automáticas.

Tabela 52: Contexto de utilização.

Mudança	Ação
Nova família de produto	Testar desempenho antes de incluir no âmbito.
Mudança de sensor/equipamento	Comparar dados e revalidar.
Alteração do processo	Rever referência inicial, KPI, classificações e procedimento.
Nova utilização do resultado	Reavaliar risco, supervisão e enquadramento legal.
Nova população de utilizadores	Rever formação, interface e apoio.
Mudança de fornecedor/modelo	Executar testes de regressão e atualizar documentação.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R11]; [R30].

Regra de âmbito: Um sistema validado para um contexto não deve ser automaticamente considerado validado para outro. A expansão do âmbito é uma nova hipótese que precisa de evidência proporcional.

9.6 Atualizações, manutenção e documentação

Uma solução operacional muda: bibliotecas recebem atualizações, fornecedores alteram modelos, sensores são substituídos, limiares são afinados e integrações evoluem. A organização precisa de distinguir alterações rotineiras de alterações que podem afetar desempenho ou risco. [R18]; [R29]

A ISO/IEC 42001 e a ISO/IEC 5338 suportam uma abordagem de ciclo de vida, monitorização, controlo de mudanças e melhoria contínua. [R18]; [R29]

Para uma PME, um registo de mudanças simples pode ser suficiente se permitir reconstruir o que estava em produção em determinada data.

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 53: Atualizações, manutenção e documentação.

Documento mínimo	Conteúdo
Ficha do sistema	Finalidade, âmbito, dono, utilizadores e fornecedores.
Versão	Modelo/serviço, configuração, limiar e dependências.
Dados	Fontes, campos essenciais, frequência, restrições e qualidade.
Métricas	Referência inicial, targets, limiares e resultados históricos.
Mudanças	Data, razão, testes realizados, aprovação e reversão para a versão anterior.
Incidentes	Evento, impacto, contenção, causa e ação corretiva.
Procedimento	Uso, exceções, procedimento alternativo, suporte e escalada.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R18]; [R29].

Uma atualização relevante não deve entrar diretamente em produção. Deve existir, na proporção do risco, teste de regressão, comparação com versão anterior e possibilidade de reversão para a versão anterior. [R18]; [R29]

9.7 Gestão da mudança, formação e adoção

Passar do piloto à operação altera tarefas, rotinas e responsabilidades.

Durante um piloto, os utilizadores podem aceitar algum esforço adicional porque sabem que participam numa experiência. Em operação, esse esforço compete com as restantes exigências do processo.

Por isso, adoção não deve significar apenas "as pessoas utilizam a ferramenta". Deve significar que o sistema está integrado numa decisão útil e que o utilizador sabe interpretá-lo, contestá-lo e recorrer ao método alternativo quando necessário. [R5]

A gestão da mudança deve esclarecer:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 99: Gestão da mudança.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R11]; [R18].

Mensagem-chave: Não medir adoção apenas por logins. Utilização frequente não demonstra automaticamente valor nem utilização adequada.

Formação orientada ao caso

A formação operacional não deve ser um curso genérico sobre *Machine Learning*. O utilizador necessita sobretudo de saber:



Figura 100: Formação orientada ao caso.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R11]; [R18].

A formação deve ser revista sempre que uma alteração relevante de sistema, processo ou interface modifique aquilo que o utilizador necessita de compreender.

9.8 Fornecedores, suporte e níveis de serviço

Quando uma PME depende de tecnologia externa, o fornecedor torna-se parte do modelo operacional. O contrato precisa de traduzir necessidades do processo em responsabilidades verificáveis. O NIST AI RMF *Playbook* recomenda gerir riscos de terceiros e cadeia de fornecimento durante o ciclo de vida. [R30]

Um SLA não deve limitar-se a disponibilidade do portal. Para um sistema de IA podem ser relevantes disponibilidade, latência, tempos de resposta, comunicação de alterações,

segurança, retenção de registos de atividade, manutenção de versões e suporte a incidentes. [R30]



Figura 101: Fornecedores, suporte e níveis de serviço.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R30].

A PME deve também clarificar o que permanece sob a sua responsabilidade. Um SLA elevado não compensa um processo interno sem dono, dados errados ou utilizadores sem formação. [R30]

Reduzir dependência excessiva

Dependência do fornecedor surge quando trocar de fornecedor ou trazer a solução para outro ambiente implica custo, risco ou perda de conhecimento desproporcionados. Pode resultar de formatos proprietários, APIs fechadas, modelos/configurações não exportáveis, integrações específicas, contratos, falta de documentação ou dependência de competências que ficaram apenas no fornecedor. [R22]; [R30]

Cofinanciado pela União Europeia

O *Data Act* estabelece regras de *switching* para *data processing services*, incluindo obrigações contratuais e portabilidade em determinados serviços. [R22]

Estas regras podem ser relevantes para serviços nuvem/*data processing* usados pela solução, mas não eliminam todas as formas de *lock-in* de uma aplicação de IA.



Figura 102: Fornecedor e dependência do fornecedor.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em NIST AI RMF Playbook [R30] e Data Act [R22].

Tabela 54: Fornecedores, suporte e níveis de serviço.

Reduzir *lock-in*	**Boa prática**
Dados	Exportar periodicamente em formato documentado e utilizável.
Integrações	Preferir interfaces documentadas e evitar dependências desnecessárias.
Configuração	Registar limiares, *prompts*, regras e opções críticas.
Conhecimento	Garantir transferência para pelo menos uma função interna.
Contrato	Definir término, transição, eliminação e assistência à saída.
Teste	Simular recuperação/exportação antes de depender do serviço.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em [R22]; [R30].

Cofinanciado pela União Europeia

Pergunta antes de escalar: Se este fornecedor desaparecer amanhã, o que perdemos: apenas o serviço ou também os nossos dados, configurações, histórico e capacidade de operar o processo?

9.9 Medir resultados e custo total de propriedade (TCO)

Depois do piloto, a análise de viabilidade deve ser atualizada com custos reais. O custo total de propriedade - TCO - inclui despesas recorrentes e esforço interno necessários para manter o resultado. A lógica de ciclo de vida da ISO/IEC 5338 e de gestão contínua da ISO/IEC 42001 reforça que custo e recursos não terminam na implementação. [R18]; [R29]



Figura 103: Custo total de propriedade de uma solução de IA.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base numa perspetiva de ciclo de vida [R18]; [R29].

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 55: Medir resultados e custo total de propriedade (TCO).

TCO anual / recorrente	Exemplos
Tecnologia	Licenças, APIs, nuvem, hardware, armazenamento.
Dados	Pipeline, qualidade, classificações, retenção e aquisição.
Integração	Conectores, manutenção de interfaces e observabilidade.
Pessoas	Utilizadores, responsável técnico, dados, suporte interno.
Fornecedor	SLA, suporte, serviços profissionais.
Monitorização	Métricas, registos de atividade, painéis de indicadores, revisão periódica.
Mudança/revalidação	Testes após mudanças, novo treino ou reconfiguração.
Risco/incidentes	Correções, indisponibilidade, auditoria ou investigação.
Saída	Portabilidade, migração, rescisão e substituição.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em [R18]; [R29].

O valor também deve continuar a ser medido. Se o KPI regressar à referência inicial, se o custo crescer ou se o processo já tiver mudado, a solução deve ser reavaliada. Operar uma IA que deixou de criar valor não é maturidade digital. [R18]; [R29]

9.10 Quando e como escalar

Escalar significa aumentar o âmbito de forma controlada: mais máquinas, produtos, locais, utilizadores ou casos. Não significa replicar automaticamente o modelo validado numa nova realidade. [R11]; [R18]

Antes de escalar, a empresa deve demonstrar que a operação atual está estável: responsabilidades funcionam, monitorização produz sinais úteis, incidentes são tratados,

Cofinanciado pela União Europeia

custo total é conhecido e o benefício se mantém. Só depois deve testar a transferibilidade para um novo contexto. [R11]; [R18]

Tabela 56: Quando e como escalar.

Ponto de decisão para escalar	Pergunta
Valor	O KPI continua acima da referência inicial de forma credível?
Operação	Suporte, registos de atividade, procedimento alternativo e responsabilidades funcionam?
Dados	A qualidade é estável e as condições de reavaliação por alteração de dados ou contexto estão ativas?
Custo	TCO é compatível com o benefício?
Transferibilidade	A nova máquina/produto tem dados e contexto comparáveis?
Capacidade	A equipa consegue suportar maior âmbito sem criar dependência?
Risco	A expansão altera autonomia, pessoas afetadas ou criticidade?

Fonte: Elaboração própria, com base em [R11]; [R18].

A estratégia mais prudente para uma PME é geralmente progressiva:



Figura 104: Quando e como escalar.

Fonte: Elaboração própria com base em [R11]; [R18].

Escalar capacidade, não apenas tecnologia. O objetivo não é instalar o mesmo modelo no maior número possível de equipamentos. É criar uma forma repetível de avaliar, implementar, monitorizar e manter soluções que criam valor.

9.11 Integrar IA no *roadmap* de transformação digital

Uma solução de IA não deve existir como ilha separada da transformação digital. Os dados necessários podem depender de iniciativas de gestão de dados, sensores, ERP/MES, nuvem ou cibersegurança; a capacidade de escalar pode depender de competências, processos e governação que beneficiam outros casos. [R18]

O "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais" estabeleceu uma lógica de transformação digital progressiva, baseada em prioridades, capacidades e experimentação. O roteiro de IA deve ser integrado nessa lógica: casos em operação, casos em preparação, dependências transversais e competências comuns.

Tabela 57: Integrar IA no roteiro de transformação digital.

Horizonte do *Roadmap*	**Conteúdo**
Operar	Sistemas atuais, KPI, TCO, risco, suporte e condições de reavaliação.
Melhorar	Integração, dados, interface, automação ou redução de custo.
Escalar	Novas máquinas/processos onde o padrão é transferível.
Preparar	Dados e processo necessários para casos ainda imaturos.
Explorar	Novas oportunidades alinhadas com prioridades de negócio.
Capacidades comuns	Dados, cibersegurança, nuvem, integração, competências e governação.

Fonte: Elaboração própria com base em [R18].

Cofinanciado pela União Europeia

Esta abordagem evita construir um "roteiro de IA" exclusivamente tecnológico. O que se planeia são problemas, capacidades e decisões, com IA como uma das opções disponíveis. [R18]

Exemplo contínuo - MoveTec

A MoveTec apenas avança para este cenário se o piloto da CNC tiver produzido evidência suficiente nas quatro dimensões definidas no Capítulo 8. O percurso seguinte é pedagógico e não pressupõe resultados reais. [R18]



Figura 105: MoveTec: do piloto da CNC à operação e à escala.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos.

1. Aceitar formalmente o piloto

A gestão regista a decisão "avançar para operação" e atualiza a análise de viabilidade com os custos reais observados. São mantidas as limitações conhecidas, os segmentos onde o desempenho foi validado e os riscos ainda abertos. [R18]

2. Industrializar o fluxo de dados

As exportações usadas na experiência são substituídas, quando necessário, por um fluxo repetível. São documentadas fontes, *timestamps*, contexto de produto/programa, disponibilidade e procedimento alternativo. A integração continua inicialmente consultiva: o sistema produz alertas, mas não controla a CNC. [R18]

Cofinanciado pela União Europeia

3. Definir o modelo operacional

O responsável de manutenção torna-se dono do processo e do KPI; uma função de TI/dados responde pelo pipeline e integração; o parceiro/fornecedor responde por suporte técnico segundo SLA; os técnicos continuam responsáveis pela interpretação e decisão sobre intervenção. [R18]

4. Monitorizar três camadas

A MoveTec acompanha: desempenho dos alertas e eventos falhados; qualidade/completude dos sinais; e mudanças de produto, programa, sensor ou manutenção que possam alterar o contexto. Alterações relevantes ativam revalidação. [R18]

5. Medir TCO e valor em operação

A empresa compara o benefício observado com custo recorrente de dados, serviço, suporte e tempo dos técnicos. Se o valor diminuir ou o custo superar a análise de viabilidade, a solução regressa ao ponto de decisão. [R18]

6. Escalar para uma segunda CNC

A segunda máquina não é incluída apenas porque pertence ao mesmo fabricante. A MoveTec verifica sinais disponíveis, regimes de funcionamento, histórico, integração e referência inicial própria. Inicia uma fase curta de modo de observação e só expande depois de confirmar transferibilidade. [R18]

7. Reintegrar aprendizagem no *Roadmap*

Depois de estabilizar a manutenção, a empresa reavalia o caso de visão computacional para qualidade. Parte das capacidades desenvolvidas - integração de dados, governação,

Cofinanciado pela União Europeia

fornecedores, monitorização e disciplina de piloto - pode ser reutilizada, mesmo que a tecnologia e os dados sejam diferentes. [R18]

Decisão MoveTec: Escalar não significa "instalar o mesmo modelo em todas as CNC". Significa transformar o primeiro caso numa capacidade operacional repetível e depois voltar a testar valor, dados e contexto em cada novo âmbito.

Cofinanciado pela União Europeia

9.12 Mensagens-chave do capítulo

1. Um piloto bem-sucedido ainda não constitui uma solução operacional.

A entrada em operação exige repetibilidade, responsabilidades permanentes, suporte, integração e capacidade de manter o sistema ao longo do tempo. [R18]; [R30]

2. Uma aplicação em produção necessita de responsabilidades operacionais claras. O valor e a utilização pertencem ao processo, enquanto dados, integração, funcionamento técnico, suporte e incidentes devem igualmente ter responsáveis definidos. [R18]; [R30]

3. A monitorização deve abranger modelo, dados e contexto.

Alterações na qualidade dos dados, produto, processo, sensores ou condições de utilização podem afetar a solução antes de a degradação ser evidente numa métrica técnica. [R30]; [R38]; [R39]

4. Mudanças relevantes podem obrigar a nova validação.

Alterações de sensores, processo, produto, modelo, fornecedor, limiares ou finalidade podem invalidar pressupostos utilizados na avaliação anterior. [R18]; [R30]

5. Operação exige rastreabilidade e memória organizacional.

Versões, configurações, mudanças, incidentes, exceções e mecanismos de procedimento alternativo devem ser documentados de forma proporcional ao caso. [R18]; [R30]

6. Escalar exige confirmar transferibilidade e capacidade de suporte.

Expandir para outro equipamento ou processo não significa copiar automaticamente o modelo; integração, contexto, custo total, portabilidade e dependências devem voltar a ser considerados. [R18]; [R22]; [R30]

Conselho Empresarial Tâmega e Douro · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

10 Ecossistema de apoio às PME

Cofinanciado pela União Europeia

10 Ecossistema de apoio às PME

Pergunta-guia

- Quando e como deve uma PME mobilizar universidades, centros tecnológicos, Polos de Inovação Digital, *Test Beds*, associações, fornecedores e instrumentos de financiamento para acelerar um projeto de IA sem perder o controlo sobre o problema, os dados, a decisão e o conhecimento produzido?

Objetivos do capítulo

- Explicar por que o ecossistema é particularmente relevante para PME que não dispõem internamente de todas as competências de dados, IA, integração, segurança e validação;
- Distinguir o apoio necessário em cada fase: explorar, preparar, experimentar, integrar e escalar;
- Clarificar o papel complementar da academia, centros tecnológicos, entidades setoriais, DIH/EDIH, *Test Beds*, associações empresariais e fornecedores;
- Apresentar portas de entrada relevantes para PME industriais do Tâmega e Sousa, mantendo a lista de modo a orientar sem ser exaustiva;
- Ensinar a preparar um documento de requisitos que permita receber propostas comparáveis e orientadas ao problema;
- Reforçar critérios de seleção de parceiros, financiamento responsável, transferência de conhecimento, portabilidade e autonomia;

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir identificar que tipo de apoio precisa, selecionar uma porta de entrada adequada, preparar um documento de requisitos

Cofinanciado pela União Europeia

de uma página, comparar parceiros, verificar oportunidades de financiamento sem subordinar o projeto ao incentivo e definir explicitamente que conhecimento, documentação e capacidade devem permanecer na empresa.

Cofinanciado pela União Europeia

10.1 Quando e porquê procurar apoio externo

Uma PME não necessita de possuir internamente todas as competências para experimentar ou operar uma solução de Inteligência Artificial.

Em muitos casos, pode ser mais eficiente combinar conhecimento interno sobre o negócio e o processo com capacidades externas especializadas. O desafio consiste em perceber o que deve permanecer sob controlo da empresa e o que pode ser mobilizado no ecossistema.

10.1.1 Porque o ecossistema é importante na adoção de IA

As PME industriais enfrentam um paradoxo: precisam de competências especializadas para experimentar IA com rigor, mas raramente faz sentido criar de imediato uma equipa interna completa de ciência de dados, engenharia de IA, integração OT/IT, cibersegurança e conformidade. A OCDE identifica competências, dados, infraestrutura, capacidade de gestão e financiamento entre os principais facilitadores da adoção de IA nas PME. [R5]

O ecossistema permite colmatar essas lacunas de forma seletiva. Universidades podem contribuir com conhecimento e investigação aplicada; centros tecnológicos conhecem processos setoriais e dispõem de capacidades de teste; EDIH combinam serviços de diagnóstico, experimentação, competências, acesso a financiamento e *networking*; *Test Beds* disponibilizam infraestrutura e capacidade tecnológica para desenvolvimento e teste; fornecedores integram produtos e serviços; associações e entidades regionais ajudam a criar proximidade e mobilizar redes. [R40]; [R41]

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 106: Ecossistema que potencia a adoção de IA.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em OECD [R5], Comissão Europeia [R40] e IAPMEI [R41].

O apoio externo, contudo, não elimina a necessidade de capacidade interna. A PME continua a ter de definir o problema, validar os dados e resultados, escolher o KPI, decidir o risco aceitável e determinar se o projeto deve continuar. Esta regra mantém a coerência com os Capítulos 6 a 10: o ecossistema deve reduzir incerteza e acelerar aprendizagem - não substituir a decisão empresarial. No contexto regional, o próprio TWINS4TS constitui uma porta de capacitação e articulação entre o CETS e a ESTG-P.PORTO para este percurso. [R42]

Princípio: Externalizar competência não significa externalizar a responsabilidade. A PME pode não desenvolver o modelo, mas deve compreender suficientemente o caso para saber o que está a comprar, medir e decidir. [R5]; [R40]

10.1.2 Quando procurar apoio externo

O melhor momento para procurar apoio não é necessariamente quando a empresa já decidiu comprar uma solução. Apoio independente pode ser mais valioso antes da compra, quando ainda é possível reformular o problema, confirmar dados, comparar alternativas simples e desenhar uma experiência reversível. [R5]; [R40]

Tabela 58: Quando procurar apoio externo.

Sinal	Apoio externo pode ser útil para...
A equipa sabe o problema, mas não sabe se IA é necessária	Diagnóstico técnico e comparação com automação/*Analytics*.
Existem dados, mas a qualidade ou cobertura é incerta	Avaliação de dados, arquitetura e preparação de PoC.
O caso exige visão, sinais industriais ou integração complexa	Teste de viabilidade com centro tecnológico, academia, EDIH ou parceiro especializado.
A empresa precisa de experimentar sem comprar infraestrutura	*Test Bed* ou infraestrutura de demonstração/experimentação.
Há várias propostas de fornecedores difíceis de comparar	Apoio técnico independente e clarificação de requisitos.
O piloto funcionou, mas a empresa não sabe como operar/escalar	Arquitetura, segurança, gestão de fornecedor, formação e transferência.
O investimento é relevante e há possível apoio público	Avaliar avisos apenas depois de existir projeto e análise de viabilidade minimamente sólidos.

Momento crítico: Procurar um parceiro depois de escolher a tecnologia reduz a liberdade de decisão. Procurá-lo depois de clarificar o problema aumenta a qualidade da conversa. [R5]; [R40]

10.1.3 Que apoio procurar em cada fase

As necessidades de apoio variam ao longo do percurso. Na exploração, a PME pode necessitar de orientação e literacia; na preparação, de apoio em dados, processo e requisitos; na experimentação, de infraestrutura e validação; na operação, de integração, segurança e suporte; e, na expansão, de capacidades de repetição, formação e eventual financiamento. Esta organização é uma proposta metodológica do presente guia,

Cofinanciado pela União Europeia

articulada com as funções de diagnóstico, teste antes de investir, capacitação e ligação ao ecossistema disponibilizadas pelos EDIH. [R40]



Figura 107: Que apoio procurar em cada fase?

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base no percurso do Guia e nas funções dos EDIH [R40].

O facto de uma entidade poder apoiar várias fases não significa que deva, necessariamente, diagnosticar, fornecer, integrar e avaliar a mesma solução. Quando o risco ou o investimento o justificarem, a PME deve preservar capacidade de comparação e decisão independente. [R40]

10.2 Entidades e estruturas de apoio

Não existe uma única porta de entrada adequada a todos os casos. Academia, centros tecnológicos, entidades setoriais, EDIH, *Test Beds*, fornecedores e organizações regionais possuem funções que podem ser complementares e combinadas ao longo do projeto.

A pergunta da PME não deve ser apenas "quem trabalha com IA?", mas: Que capacidade me falta nesta fase e que entidade está melhor posicionada para a fornecer?

Cofinanciado pela União Europeia

10.2.1 Academia e centros de investigação

Em projetos de IA, o apoio académico pode ser útil quando o problema exige investigação aplicada, metodologia experimental, desenvolvimento de protótipos ou capacitação avançada. Esta é uma orientação metodológica do presente guia e deve ser avaliada em função do caso. [R5]; [R40]

No TWINS4TS, a Escola Superior de Tecnologia e Gestão do P.PORTO integra a componente técnico-científica do projeto em articulação com o CETS, no quadro das atividades publicamente apresentadas de capacitação, *workshops*, *webinars*, guias e *Smart Academy*. [R42]

Tabela 59: Academia e centros de investigação.

Quando a academia acrescenta mais valor	Cuidado da PME
Problema tecnicamente novo ou pouco padronizado	Definir entregáveis, confidencialidade e calendário compatíveis com o negócio.
Necessidade de avaliar metodologias/algoritmos	Exigir referência inicial e critérios de avaliação ligados ao caso.
Falta de competências internas	Combinar projeto com formação e participação da equipa.
Projeto colaborativo de I&D	Clarificar propriedade intelectual, dados, publicação e exploração de resultados.
Talento e recrutamento	Desenhar continuidade para que o conhecimento não desapareça no fim do projeto.

Boa utilização: A academia não deve ser procurada apenas para "arranjar um algoritmo". O maior valor pode estar em estruturar o problema, experimentar com rigor e desenvolver capacidade na empresa. [R42]

Cofinanciado pela União Europeia

10.2.2 Centros tecnológicos e entidades setoriais

Centros tecnológicos e entidades setoriais ocupam uma posição importante entre investigação e chão de fábrica. Conhecem linguagem, equipamentos, normas, problemas recorrentes e restrições específicas das fileiras industriais. Isso pode reduzir o tempo necessário para transformar uma ideia genérica de IA num caso tecnicamente testável. [R45]

O ecossistema identificado no "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais" inclui, entre outras referências, CATIM e CENTIMFE para metalomecânica/tecnologias de produção, CITEVE no têxtil e vestuário, CTCP no calçado, AIMMP/CFPIMM para madeira e mobiliário e entidades de inovação agroalimentar. Esta lista é apenas indicativa e deve ser atualizada de acordo com o caso. Existem evidências concretas de atuação destas entidades em transição digital. O CITEVE promoveu em 2024 ações de capacitação em inteligência artificial, robotização, automação e outros temas digitais no âmbito do TEXP@CT. [R45]

O CENTIMFE coordena desde 2024 o projeto ROBOTA SUDOE, orientado para robótica, automação e digitalização como motores de competitividade das PME. [R46]

O Relatório de Atividades e Contas 2024 do CATIM, datado de março de 2025, documenta unidades de apoio tecnológico e colaboração em projetos, enquadrando a modernização e a transição digital do setor metalomecânico. [R47]

No calçado, o CTCP publicou em junho de 2024 conteúdos técnicos dedicados a aplicações de Inteligência Artificial no setor, já utilizados no Capítulo 5. [R25]

O objetivo aqui não é transformar estas entidades numa lista de fornecedores recomendados, mas mostrar que o conhecimento setorial pode ser uma porta de entrada relevante para validar requisitos e encontrar capacidades especializadas.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 60: Centros tecnológicos e entidades setoriais.

Setor / necessidade	Exemplos de entidades a considerar	Apoio possível
Metalomecânica / tecnologias de produção	CATIM; CENTIMFE; ecossistemas de tecnologias de produção	I&D aplicada, teste, digitalização, formação, normas, demonstração.
Têxtil e vestuário	CITEVE	Transição digital, formação, visão/robótica, processos e produto.
Calçado e couro	CTCP	Digitalização, IA, qualidade, sustentabilidade e capacitação.
Madeira e mobiliário	AIMMP / CFPIMM e parceiros tecnológicos	Capacitação setorial, formação, projetos e ligação a empresas.
Agroalimentar	CoLabs/centros e entidades setoriais relevantes	Inovação, processo, produto, qualidade e colaboração.
Horizontal	Centros de interface, laboratórios e integradores especializados	Dados, IA, cibersegurança, nuvem, integração e validação.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R25]; [R45]; [R46]; [R47].

10.2.3 Polos de Inovação Digital e EDIH

Os *European Digital Innovation Hubs* - EDIH - são definidos pela Comissão Europeia como balcões únicos que apoiam empresas e organizações públicas na adoção digital. Entre as funções destacam-se acesso a conhecimento técnico e testes, lógica "*test before invest*", formação e desenvolvimento de competências, aconselhamento em financiamento e ligação a redes de inovação. [R40]

Esta combinação é especialmente útil para PME: em vez de procurar imediatamente um produto, a empresa pode começar por diagnóstico, demonstração, capacitação ou encaminhamento para capacidades especializadas. A presença regional dos *hubs* é

Cofinanciado pela União Europeia

complementada por uma rede europeia, permitindo procurar conhecimento que não esteja disponível localmente. [R40]

Para a indústria transformadora, um exemplo de *Digital Innovation Hub* (DIH) é o PRODUTECH DIH, que estrutura serviços em quatro vertentes: teste de tecnologias; desenvolvimento de competências e formação; apoio na procura de financiamento e investidores; e dinamização do ecossistema. [R48]



Figura 108: Academia, centro tecnológico, EDIH ou Test Bed?

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base na Comissão Europeia [R40], IAPMEI [R41] e exemplos setoriais [R45]; [R46]; [R47]; [R48].

Testar antes de investir: Utilizar experimentação e diagnóstico antes da compra reduz a probabilidade de investir em infraestrutura ou licenças antes de saber se o caso é viável. [R40]; [R48]

10.2.4 *Test Beds* e infraestruturas de experimentação

As *Test Beds* são particularmente relevantes quando a empresa necessita de testar uma solução digital com infraestrutura, equipamento ou capacidade tecnológica que não possui internamente. A Rede Nacional de *Test Beds* enquadrada no PRR foi criada para prestar serviços de desenvolvimento e teste de novos produtos e serviços, sobretudo a PME e *startups*, disponibilizando infraestruturas e capacidades físicas ou virtuais. [R41]

Cofinanciado pela União Europeia

A página oficial do IAPMEI enquadra serviços orientados para soluções com forte componente digital e/ou de simulação virtual/digital e refere uma lógica de maturação tecnológica entre TRL 5 e 9. [R41]

Para este Guia, a leitura mais importante é prática: uma *Test Bed* pode permitir experimentar uma tecnologia antes de adquirir todo o equipamento, reduzir risco de integração e obter evidência técnica num ambiente mais controlado.

Tabela 61: Test Beds e infraestruturas de experimentação.

Situação	Test Bed pode ajudar a...	Pergunta antes de utilizar
Falta de infraestrutura	Aceder a sensores, computação, células, redes ou ambientes de teste.	O ambiente representa suficientemente o processo real?
PoC com integração física	Testar componentes e interfaces sem interromper a fábrica.	Que parte terá de ser revalidada na PME?
Tecnologia pouco conhecida	Experimentar desempenho e limitações.	Que referência inicial e critérios de sucesso serão usados?
Antes de comprar	Comparar abordagens ou configurações.	Os resultados e dados ficam acessíveis à empresa?
Preparar escala	Testar interoperabilidade e condições adicionais.	A arquitetura testada é transferível para a operação?

Fonte: Elaboração própria, com base em [R41].

Limite: Uma experiência numa *Test Bed* não substitui validação no processo real. O Capítulo 8 continua aplicável: a PME terá de testar utilizadores, contexto, risco e valor na sua operação. [R41]

Cofinanciado pela União Europeia

10.2.5 Ecossistema regional do Tâmega e Sousa

Para as PME do Tâmega e Sousa, proximidade é um ativo. Uma primeira conversa com uma entidade regional pode ajudar a traduzir uma necessidade empresarial para linguagem técnica, identificar programas de capacitação, encontrar especialistas e criar pontes com centros tecnológicos, universidades, EDIH ou *Test Beds*. [R41]

O TWINS4TS é promovido pelo CETS e pela ESTG - P.PORTO com o objetivo explícito de acelerar a adoção de Inteligência Artificial e de *Digital Twins* nas PME industriais da região. A comunicação pública de abril de 2026 identifica mapeamento tecnológico setorial, *workshops*, *webinars*, guias práticos e capacitação avançada em ambientes industriais simulados através da *Smart Academy*. [R42]

O "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais" identifica ainda associações empresariais locais, iniciativas de inovação regional e portas de entrada setoriais como elementos complementares do ecossistema. [R2]

O princípio mais importante não é memorizar uma lista: é saber começar por uma porta de proximidade e, quando necessário, usar essa rede para chegar à competência mais adequada, mesmo que esteja fora do território.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

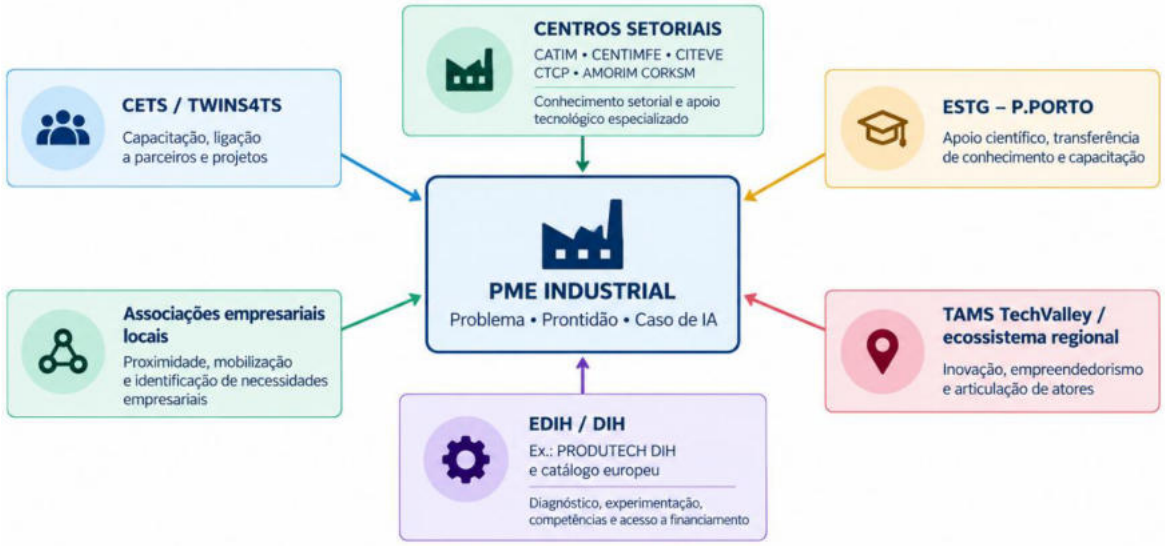


Figura 109: Tâmega e Sousa: portas de entrada e ligações ao ecossistema.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base no projeto TWINS4TS [R1] [R42] e no "Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais" [R2]. Esquema funcional, não cartografia oficial.

PROXIMIDADE + ESPECIALIZAÇÃO

O melhor parceiro não tem de estar geograficamente mais próximo. Uma boa porta de entrada regional deve conseguir encaminhar a PME para a competência certa e continuar a apoiar a ligação. [R2]; [R42]

10.3 Trabalhar com parceiros sem perder o controlo

Encontrar uma entidade capaz de apoiar tecnicamente o projeto é apenas parte da decisão. A PME necessita também de estruturar a relação de modo a preservar comparabilidade, transparência, aprendizagem e capacidade futura de decisão. A colaboração pode ser organizada em três momentos:



Figura 110: Três passos para trabalhar com parceiros.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base em [R29]; [R30].

10.3.1 Preparar um documento de requisitos

Um pedido genérico - "queremos implementar IA" - tende a gerar propostas genéricas. O documento de requisitos deve conter informação suficiente para que diferentes entidades compreendam o mesmo problema e possam propor abordagens comparáveis. [R29]; [R30]



Figura 111: Briefing de uma página para um parceiro.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, consolidando Canvas, referência inicial, piloto e critérios de transferência dos Capítulos 6, 8 e 10.

Cofinanciado pela União Europeia

Comparabilidade: Enviar um documento de requisitos base semelhante a vários potenciais parceiros facilita comparar âmbito, pressupostos, preço e responsabilidades. [R29]; [R30]

10.3.2 Como avaliar parceiros e fornecedores

A avaliação deve combinar competência técnica, conhecimento industrial, comportamento de parceria e condições de saída. A *checklist* do Capítulo 10 continua válida, mas neste capítulo acrescenta-se uma distinção: uma entidade de apoio independente e um fornecedor comercial podem ter papéis diferentes e interesses diferentes. [R29]; [R30]

Tabela 62: Como avaliar parceiros e fornecedores.

Critério	Pergunta de avaliação
Problema antes da tecnologia	O parceiro questiona processo, referência inicial e KPI antes de propor produto?
Experiência relevante	Consegue mostrar trabalho comparável e explicar também limitações/falhas?
Método de teste	Aceita PoC, referência inicial simples, modo de observação e ponto de decisão de saída?
Conhecimento do setor	Compreende linguagem, equipamentos, normas e custo do erro?
Dados e segurança	Explica onde ficam dados, acessos, subcontratantes e incidentes?
Transparência técnica	A PME terá métricas, registos de atividade, documentação e informação de versões?
Integração	Privilegia interfaces documentadas e arquitetura compatível com sistemas existentes?

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Critério	Pergunta de avaliação
Transferência	Inclui formação e participação da equipa, ou cria dependência permanente?
TCO	Explica custos de integração, utilização, suporte, atualização e saída?
Saída	A empresa consegue mudar de parceiro e recuperar dados/configurações relevantes?

Fonte: Elaboração própria, com base em [R29]; [R30].

O NIST AI RMF *Playbook* recomenda gerir riscos de terceiros e cadeia de fornecimento, e as normas de ciclo de vida usadas nos capítulos anteriores reforçam que aquisição não elimina responsabilidades de validação e operação. [R29]; [R30]

Sinal de alerta: Desconfiar de uma proposta que promete benefício antes de conhecer os dados, não aceita comparação com referência inicial ou evita explicar custos recorrentes e plano de saída. [R29]; [R30]

10.3.3 Transferência de conhecimento e autonomia

Autonomia não significa que a PME tenha de internalizar todas as competências de Inteligência Artificial. Determinadas atividades especializadas podem continuar a ser prestadas externamente de forma mais eficiente. O objetivo é evitar uma dependência opaca, em que a organização deixa de compreender suficientemente a solução para a poder operar, medir, questionar ou substituir. [R18]; [R30]

A transferência de conhecimento deve ser tratada como um entregável do projeto. Pode incluir:

Cofinanciado pela União Europeia



Figura 112: O que garantir na transferência.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R18]; [R30].

No final da colaboração, a PME deve conseguir:

Tabela 63: Transferência de conhecimento e autonomia.

Capacidade	Evidência
Explicar finalidade e limites	Ficha atualizada e formação
Aceder aos seus dados e resultados	Exportação e direitos definidos
Saber que versão está em utilização	Inventário e registo de alterações
Acompanhar KPI e principais erros	Relatório ou rotina de monitorização
Responder a indisponibilidade	Procedimento alternativo, contactos e procedimentos
Escalar uma dúvida de forma informada	Documentação e canal de suporte
Mudar de parceiro sem começar do zero	Plano de saída e artefactos transferíveis

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, com base em ISO/IEC 42001 [R18] e NIST AI RMF Playbook [R30].

Cofinanciado pela União Europeia

Princípio: autonomia não é fazer tudo internamente. É saber suficientemente para manter capacidade de decisão.

Exemplo contínuo - MoveTec

A MoveTec não possui internamente todas as competências necessárias para desenvolver e operar um sistema de deteção de anomalias na CNC. Isso não significa que deva entregar todo o projeto ao primeiro fornecedor que apresente uma solução de manutenção preditiva. O percurso pode ser organizado em cinco passos.



Figura 113: MoveTec e o apoio externo.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos, em continuidade com o projeto TWINS4TS [R42].

Passo 1 - Preparação interna

A MoveTec consolida primeiro aquilo que já definiu ao longo do Guia:

problema → referência inicial → dados → KPI → salvaguardas → responsável → ponto de decisão.

O pedido ao parceiro não é "queremos IA". É: "pretendemos avaliar esta hipótese, nestas condições e com estes critérios."

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Passo 2 - Porta de entrada e apoio independente

A empresa pode recorrer ao ecossistema TWINS4TS/CETS e à componente técnico-científica associada ao projeto para estruturar o pedido e identificar capacidades adequadas. [R42]

Quando necessário, essa porta de proximidade pode apoiar a ligação a outras estruturas.

Passo 3 - Especialização e experimentação

Um centro tecnológico, estrutura de inovação digital ou parceiro especializado pode apoiar a análise dos dados e o desenho da experiência. Se for necessária infraestrutura que a PME ainda não possui, pode ser considerada uma *Test Bed*. [R40]; [R41]

A MoveTec exige sempre comparação com a referência inicial e documentação dos resultados e limitações.

Passo 4 - Parceiro e condições de colaboração

Se a experiência justificar continuação, a MoveTec compara potenciais parceiros utilizando o mesmo documento de requisitos. A decisão considera:

Decisão MoveTec: dados + desempenho + integração + suporte + segurança + TCO + transferência + saída O preço inicial não é utilizado como único critério.

Passo 5 - Transferência

A manutenção participa na validação, TI/dados acompanha a integração e o dono do caso continua responsável pelo KPI. O parceiro fornece documentação e formação. A MoveTec não pretende desenvolver internamente todos os modelos, mas pretende conseguir operar, acompanhar e questionar a solução sem depender de conhecimento informal do fornecedor.

Cofinanciado pela União Europeia

Decisão MoveTec: a empresa utiliza parceiros para colmatar capacidades específicas, mas conserva internamente cinco decisões: qual é o problema, que dados podem ser utilizados, que KPI representa valor, que riscos são aceitáveis e quando continuar ou parar.

10.4 Financiamento: oportunidades e cuidados

O financiamento pode reduzir o custo de experimentar, capacitar ou investir, mas não deve criar artificialmente um projeto sem problema ou valor. O COMPETE 2030 enquadra entre os seus objetivos o apoio à investigação e inovação, digitalização, competitividade e adoção de tecnologias avançadas. [R43]

Existem também avisos em que a digitalização e transformação digital, incluindo aplicações de IA, são elegíveis em determinadas condições; por exemplo, o SICE - Qualificação das PME incluiu investimentos em aplicações de IA no domínio da digitalização. [R44]

Os instrumentos mudam ao longo do tempo. Avisos, beneficiários, despesas elegíveis, intensidades, territórios e prazos devem ser confirmados nas plataformas oficiais no momento da candidatura. Uma referência num Guia não significa que um aviso esteja aberto nem que o projeto da empresa seja elegível. [R43]; [R44]

Tabela 64: Financiamento: oportunidades e cuidados.

Antes de candidatar	Pergunta crítica
Projeto antes do incentivo	Faríamos pelo menos uma versão reduzida deste projeto sem financiamento?
Elegibilidade	A empresa, região, despesa e calendário cumprem o aviso atual?
Cash-flow	Conseguimos suportar pagamentos e tempos de reembolso?
Custos não elegíveis	Integração, operação, manutenção ou equipa ficam de fora?

Cofinanciado pela União Europeia

Antes de candidatar	Pergunta crítica
Prazos	O calendário do aviso prejudica a qualidade da preparação/piloto?
Procurement/contratação	Existem regras específicas a cumprir?
Resultados	Os objetivos do projeto financiado coincidem com os KPIs da empresa?
Pós-projeto	Conseguimos operar a solução quando o incentivo termina?

Fonte: Elaboração própria, com base em [R43]; [R44].

Regra de ouro: Financiar um mau caso torna-o apenas um mau caso mais barato. O problema, a prontidão e a análise de viabilidade devem existir antes da candidatura. [R44]

Cofinanciado pela União Europeia

10.5 Mensagens-chave do capítulo

1. A PME não necessita de possuir internamente todas as competências de IA. Dados, integração, experimentação, segurança ou conhecimento técnico podem ser mobilizados no ecossistema quando isso é mais eficiente. [R5]

2. O parceiro adequado depende da fase e da lacuna que se pretende resolver. Explorar, preparar, experimentar, integrar e escalar podem exigir diferentes tipos de apoio, infraestrutura e conhecimento. [R40]

3. Academia, centros tecnológicos, EDIH e *Test Beds* desempenham funções complementares. Investigação aplicada, conhecimento setorial, capacitação, *test before invest* e acesso a infraestrutura não constituem serviços equivalentes e podem ser combinados. [R40]; [R41]; [R45]; [R46]; [R47]

4. Uma porta de proximidade pode facilitar o acesso a competências especializadas. O TWINS4TS constitui um contexto regional de capacitação e articulação dirigido às PME industriais do Tâmega e Sousa. [R42]

5. Um bom documento de requisitos melhora a comparabilidade das propostas. Problema, objetivo, referência inicial, dados, âmbito, riscos, entregáveis e critérios de transferência devem estar suficientemente definidos antes da seleção do parceiro. [R29]; [R30]

6. Transferência de conhecimento é um entregável do projeto. A PME deve terminar a colaboração com informação e capacidade suficientes para compreender, medir, operar, questionar e, quando necessário, substituir componentes ou parceiros. [R18]; [R30]

7. O financiamento deve apoiar um bom projeto - não definir o projeto. A análise de viabilidade, a prontidão e o problema empresarial devem preceder a candidatura, e as condições dos instrumentos devem ser verificadas nas fontes oficiais no momento da decisão. [R43]; [R44]

Cofinanciado pela União Europeia

11 Conclusões e próximos passos

Cofinanciado pela União Europeia

11 Conclusões e próximos passos

Pergunta-guia

- Depois de compreender o potencial, as condições, os riscos e o percurso de implementação, qual é o próximo passo concreto que uma PME industrial deve dar para avançar com IA de forma responsável e proporcional?

Objetivos do capítulo

- Sintetizar o percurso de decisão construído ao longo do Guia e transformá-lo numa sequência fácil de recordar;
- Consolidar dez princípios que uma PME pode utilizar como regras de decisão em futuras iniciativas de IA;
- Propor ações realistas para os primeiros 30 dias e um horizonte de 90 dias sem assumir que todos os casos evoluem à mesma velocidade;
- Indicar quando consultar os restantes Guias TWINS4TS, evitando duplicação de conteúdos técnicos;
- Definir as condições mínimas para passar da preparação à experimentação prática;
- Explicar a ligação entre este Guia e a *Smart Academy* TWINS4TS.

Resultado esperado

- No final deste capítulo, o leitor deverá conseguir responder a três perguntas: qual é o problema que merece atenção agora? Que condições precisam de ser fechadas antes de testar? E qual é a próxima decisão concreta - preparar, experimentar, procurar apoio, ajustar ou não avançar?

Cofinanciado pela União Europeia

11.1 O percurso proposto pelo guia

Este Guia começou por uma ideia simples: Inteligência Artificial não deve ser um objetivo tecnológico. Deve ser uma possível resposta a um problema empresarial. Ao longo dos capítulos, essa ideia foi progressivamente transformada num método de decisão. [R11]; [R18]

O percurso pode ser resumido em nove movimentos: compreender → identificar valor → avaliar prontidão → analisar casos → escolher → controlar riscos → pilotar → operar → escalar.

A sequência não é uma linha rígida. Um diagnóstico de dados pode obrigar a regressar à preparação; um piloto pode mostrar que a abordagem simples é melhor; uma mudança de processo pode obrigar a revalidar um sistema já em operação. Esta lógica de aprendizagem contínua é coerente com os princípios de gestão de risco e ciclo de vida presentes no NIST AI RMF e na ISO/IEC 42001. [R11]; [R18]



Figura 114: Percurso de aprendizagem e decisão.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, consolidando a sequência metodológica dos Capítulos 1 a 11.

Cofinanciado pela União Europeia

Ideia de síntese: A maturidade não se mede pelo número de ferramentas de IA compradas. Mede-se pela capacidade de escolher, testar, controlar, medir e parar quando a evidência não justifica continuar. [R11]; [R18]

11.2 Dez princípios para começar com IA

Os dez princípios seguintes condensam as decisões que reaparecem ao longo do Guia. Podem ser utilizados pela gestão como uma lista curta de controlo sempre que surgir uma nova proposta de IA. [R11]; [R18]



Figura 115: Dez princípios para começar com IA.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, síntese dos Capítulos 1 a 11.

Cofinanciado pela União Europeia

Tabela 65: Dez princípios para começar com IA.

Princípio	Aplicação prática
1. Problema antes da tecnologia	Começar por uma dor, oportunidade ou decisão empresarial concreta.
2. A solução mais simples que funcione	Comparar IA com regra, *Analytics*, estatística, melhoria de processo ou automação convencional.
3. Dados úteis antes de muitos dados	Relevância, contexto, qualidade e acesso importam mais do que volume.
4. Referência inicial antes do benefício	Medir a situação atual antes de prometer melhoria.
5. Pessoas dentro da decisão	Especialistas do processo e utilizadores validam contexto, erro e utilização.
6. Risco proporcional ao contexto	Aumentar controlo com criticidade, autonomia e consequência do erro.
7. Piloto pequeno e reversível	Testar com fronteiras e procedimento alternativo antes de integrar ou automatizar.
8. Evidência antes da escala	Um PoC ou piloto promissor não autoriza automaticamente expansão.
9. Fornecedor sem perda de controlo	A PME mantém problema, dados, KPI, risco, portabilidade e ponto de decisão.
10. Aprender, documentar e reavaliar	Versões, decisões, erros e mudanças devem alimentar o próximo ciclo.

11.3 Plano para os primeiros 90 dias

Terminar este Guia não significa que a PME tenha de iniciar imediatamente um projeto tecnológico.

O objetivo dos primeiros 90 dias é reduzir incerteza suficiente para tomar uma decisão melhor.

Cofinanciado pela União Europeia

Em algumas empresas, esse período pode permitir executar uma PoC ou iniciar um piloto. Noutras, pode ser necessário utilizar os 90 dias para melhorar dados, normalizar processos, estabelecer uma referência inicial ou clarificar responsabilidades.

Por isso, o *plano* deve ser entendido como um horizonte de gestão e aprendizagem, e não como obrigação de implementar IA num trimestre. [R5]; [R11]

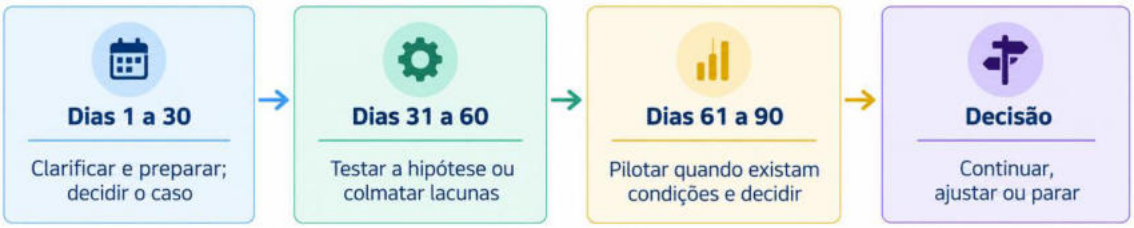


Figura 116: Plano dos primeiros 90 dias.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS, consolidando as ferramentas dos Capítulos 4, 6, 7 e 8.

11.3.1 Dias 1 a 30 - Escolher e preparar

Uma PME que termina este Guia não precisa de iniciar imediatamente um projeto tecnológico. Nos primeiros 30 dias, o objetivo é transformar interesse em uma ou duas decisões concretas. O trabalho deve caber na agenda normal da empresa e envolver poucas pessoas-chave. [R5]; [R11]

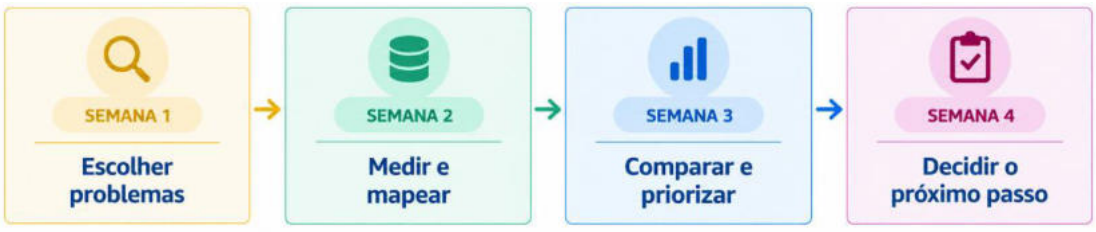


Figura 117: O que fazer nos primeiros 30 dias.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS.

Cofinanciado pela União Europeia

Semana 1 - Escolher os problemas

- Reunir um pequeno grupo constituído pela gestão e responsáveis pelos processos relevantes.
- Selecionar duas ou três situações que apresentem impacto observável, evitando começar por uma tecnologia. Para cada situação, registar:



Figura 118: Escolher os problemas.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

Semana 2 - Medir e mapear

- Para cada oportunidade:



Figura 119: Medir e mapear.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

Se a empresa descobrir que não possui forma de medir atualmente o problema, essa conclusão já constitui informação relevante. [R5]; [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

Semana 3 - Comparar

Aplicar as ferramentas desenvolvidas anteriormente:



Figura 120: Ferramentas para selecionar oportunidades.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

A conclusão pode ser que nenhum caso está ainda suficientemente preparado para experimentação. [R5]; [R11]

Semana 4 - Escolher o próximo passo

A PME deve escolher entre:



Figura 121: Escolher o próximo passo.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

Cofinanciado pela União Europeia

Quando for necessário apoio externo, pode ser utilizado o documento de requisitos desenvolvido no Capítulo 10. [R5]; [R11]



Figura 122: Resultado dos 30 dias.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

11.3.2 Dias 31 a 60 - Fechar lacunas e testar a hipótese

O segundo período depende diretamente da decisão anterior.

Se a oportunidade ainda não está preparada, estes 30 dias devem ser utilizados para resolver as lacunas que impedem um teste credível.

Podem ser necessários:



Figura 123: Fechar lacunas e testar a hipótese.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

Se as condições mínimas já estiverem suficientemente estabelecidas, a empresa pode começar a preparar uma PoC limitada.

Os entregáveis possíveis incluem:



Figura 124: Entregáveis da preparação e da prova de conceito.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

Pergunta do segundo ponto de decisão: Existe evidência técnica suficiente para justificar aproximação ao processo real? [R11]; [R29]

11.3.3 Dias 61 a 90 - Pilotar ou preparar o piloto

Se a hipótese técnica produzir evidência suficiente, a empresa pode preparar ou iniciar um piloto controlado, seguindo os princípios do Capítulo 8.

Dependendo do caso, este período pode incluir:



Figura 125: Dias 61 a 90.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R5]; [R11].

Nem todos os casos produzirão evidência suficiente dentro de 90 dias.

Uma aplicação de manutenção em que os eventos relevantes são raros, por exemplo, pode exigir maior período de observação.

Nesse caso, a decisão correta é prolongar a recolha de evidência, e não forçar uma conclusão artificialmente.

Cofinanciado pela União Europeia

Boa gestão: cumprir o calendário não é o objetivo. O objetivo é produzir evidência suficientemente credível para decidir melhor.

11.3.4 Ponto de decisão - Estamos preparados para experimentar?

Uma PME está suficientemente preparada para experimentação quando consegue delimitar aquilo que quer aprender e consegue fazê-lo sem expor a organização a um risco desproporcionado. Não é necessário que todos os dados estejam perfeitos ou que a arquitetura final esteja desenhada. [R11]; [R29]

Este Guia propõe oito condições mínimas: problema prioritário; referência inicial; dados utilizáveis ou um plano realista para os obter; KPI e critérios de erro; dono e utilizador; riscos/salvaguardas essenciais; âmbito pequeno e reversível; e ambiente/parceiro adequado. A lógica é consistente com os princípios de contexto, medição, risco e ciclo de vida presentes no NIST e na ISO/IEC 5338. [R11]; [R29]



Figura 126: Ponto de decisão para avançar para experimentação prática.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS com base nos Capítulos 4, 6, 7 e 8.

Cofinanciado pela União Europeia

Não avançar ainda se... o problema continua vago; não existe qualquer forma de medir; dados críticos não podem ser obtidos; uma dúvida de segurança/conformidade permanece sem responsável; ou o teste exige desde logo uma automatização irreversível [R11]; [R29]

11.4 Outros recursos TWINS4TS a consultar

A IA pode depender de dados industriais, sensores, computação em nuvem, integração entre sistemas, cibersegurança, robótica ou gémeos digitais. Quando essas áreas se tornam centrais para a solução, a PME deve consultar os guias de capacitação confirmados e os recursos ou atividades TWINS4TS pertinentes. IIoT, sistemas ciberfísicos e gémeos digitais são aqui temas de recursos e atividades; não são apresentados como títulos de guias autónomos. [R2]; [R42]

11.4.1 Guias de capacitação complementares

Tabela 66: Recursos de capacitação complementares.

Guia recurso ou atividade	Quando consultar
Gestão de Dados Industriais: Estratégias para PMEs na era do *Big Data*	qualidade, integração, governação, linhagem ou acesso passam a ser o principal obstáculo.
Nuvem para PMEs Industriais: Maximizar recursos com computação em nuvem	processamento, armazenamento, arquitetura, continuidade ou localização de serviços precisam de decisão.
Segurança Primeiro: Cibersegurança essencial para PMEs industriais	a solução toca redes OT/IT, identidades, APIs, acesso remoto, vulnerabilidades ou resposta a incidentes.
Inteligência Competitiva: Utilizar *Big Data* para decisões estratégicas em PMEs industriais	o principal desafio é explorar, organizar ou analisar volumes/variedades de dados para decisão.

Cofinanciado pela União Europeia

Guia recurso ou atividade	Quando consultar
Recursos e atividades sobre IIoT e sistemas ciberfísicos	sensores, conectividade, aquisição de sinais e integração de equipamentos são condição do caso.
Recursos e atividades sobre gémeos digitais	a decisão exige representação digital sincronizada de um ativo, processo ou sistema.
Robótica Colaborativa: Integrar *cobots* em PMEs industriais	a saída da IA está ligada a ação física, manipulação ou interação homem-robô.
Realidade Aumentada e Virtual na Indústria: Aplicações práticas para PMEs	a necessidade principal é assistência visual, formação, instruções ou interação imersiva.
Blockchain na Cadeia de fornecimento Industrial: Um guia para PMEs	há necessidade real de confiança/rastreabilidade distribuída entre entidades.
Manufatura Aditiva para PMEs Industriais: Da prototipagem à produção	o caso depende de desenho, processo ou cadeia digital de fabrico aditivo.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS.

Regra: Não adicionar tecnologias apenas para tornar o projeto mais "inovador". Cada dependência deve responder a uma necessidade concreta do caso. [R2]

11.4.2 Ligação à *Smart Academy* TWINS4TS

No percurso público do TWINS4TS, os Guias de Capacitação articulam-se com *a Smart Academy*, componente de capacitação avançada em ambientes industriais simulados associada a *Digital Twins* e Inteligência Artificial e dirigida às PME industriais do Tâmega e Sousa. [R42]

A melhor utilização da *Smart Academy* não é chegar com uma pergunta genérica como "queremos ver IA". É chegar com um problema, uma referência inicial, dados ou uma lacuna de dados clara, critérios de sucesso e perguntas que a experimentação deve ajudar a responder. [R11]; [R29]; [R42]

Tabela 67: Ligação à Smart Academy TWINS4TS.

Antes da *Smart Academy*	Levar preparado
Problema	Processo, impacto e dono.
Dados	Fontes disponíveis, amostras quando permitido e principais lacunas.
Referência inicial/KPI	Como se mede hoje e que melhoria interessa.
Hipótese	Que resultado de IA poderia apoiar a decisão.
Riscos	Erros, confidencialidade, segurança ou limitações relevantes.
Perguntas	O que queremos aprender no ambiente de experimentação.
Transferência	Que conhecimento a equipa da PME deve trazer de volta.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS.

SMART ACADEMY COMO PONTE



Figura 127: Smart Academy como ponte.

Fonte: Elaboração própria, com base em [R42].

A *Smart Academy* deve reduzir incerteza e aumentar capacidade interna, não substituir a decisão da PME. [R42]

P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

11.5 MoveTec - síntese do percurso completo

A MoveTec começou este Guia com uma sugestão aparentemente simples: "deveríamos instalar IA para fazer manutenção preditiva".

Ao longo do percurso, a empresa aprendeu a substituir essa afirmação por perguntas progressivamente mais úteis. A MoveTec é fictícia; o caso é exclusivamente pedagógico e não apresenta resultados reais.



Figura 128: MoveTec: síntese do percurso completo.

Fonte: Elaboração própria para fins pedagógicos.

1. Do entusiasmo para o problema

A empresa identificou que o tema relevante não era "ter manutenção preditiva", mas reduzir a incerteza associada às paragens inesperadas de uma CNC crítica. [R11]

2. Da etiqueta tecnológica para a abordagem adequada

Distinguiu regras de alarme, BI/*Analytics* e *Machine Learning*. Concluiu que certos limites conhecidos continuavam a ser melhor tratados por automação simples, enquanto padrões complexos de sinais poderiam justificar estudo de deteção de anomalias. [R11]

3. Da ideia para a prontidão

A autoavaliação mostrou que existiam sinais exportáveis e conhecimento forte da manutenção, mas faltavam normalização de causas, ligação entre dados e intervenções, maior clareza de governação e uma referência inicial consolidada. [R11]

Cofinanciado pela União Europeia

4. Do caso isolado para um portefólio

Comparou três possibilidades: deteção de anomalias na CNC, visão computacional para qualidade e IA generativa para documentação. A CNC manteve maior prioridade estratégica; a visão exigia preparação de imagens e critérios de defeito; a documentação podia funcionar como ganho rápido de aprendizagem. [R11]

5. Da prioridade para o risco controlado

A empresa definiu que um alerta representa "comportamento anómalo" e não uma avaria certa, manteve a decisão na manutenção, proibiu paragem automática durante o primeiro piloto e definiu registo, acesso e condições que exigem reavaliação ou nova validação. [R11]

6. Da hipótese para o piloto

O percurso proposto foi: preparação de dados → PoC *offline* → análise de erros → modo de observação → piloto assistido. O objetivo é produzir evidência técnica, operacional, humana e de valor, sem assumir antecipadamente o resultado. [R11]

7. Do piloto para operação - apenas se houver evidência

Caso o ponto de decisão seja positivo, a MoveTec deverá transformar exportações e atividades artesanais em fluxos repetíveis, atribuir responsabilidades permanentes, monitorizar modelo/dados/contexto e medir custo total. Caso o piloto não demonstre valor suficiente, poderá ajustar ou parar. [R11]

8. Da operação para a escala - um novo ponto de decisão

Uma segunda CNC não será incluída por simples cópia. A empresa voltará a verificar sinais, regimes, dados, referência inicial e risco. A aprendizagem de governação, integração e piloto pode ser reutilizada; a validade do modelo tem de ser demonstrada novamente. [R11]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

O que mudou na MoveTec: A maior transformação não foi tecnológica. A empresa passou de "queremos IA" para "sabemos que problema estamos a tratar, o que precisamos de medir, que dados e riscos existem, que experiência devemos executar e que evidência nos fará continuar ou parar". [R11]

11.6 Mensagem final

A Inteligência Artificial pode criar oportunidades relevantes para uma PME industrial, mas o seu valor não resulta da simples aquisição de uma ferramenta, de um modelo ou de uma plataforma. Resulta da capacidade da organização para ligar tecnologia a um problema real, produzir evidência, gerir risco e transformar resultados em decisões melhores.

Ao terminar este Guia, uma PME não necessita de possuir uma estratégia tecnológica complexa nem de saber antecipadamente qual será a solução final.

Necessita, sobretudo, de conseguir começar de forma disciplinada:

1. **Começar pelo problema.**

Uma iniciativa de IA deve nascer de uma necessidade, oportunidade ou decisão empresarial concreta. [R5]; [R11]

2. **Conhecer a situação de partida.**

Sem uma referência inicial suficientemente clara, não é possível distinguir melhoria real de uma demonstração tecnicamente interessante. [R11]

3. **Manter as pessoas dentro da decisão.**

Quem conhece o processo e utiliza os resultados deve possuir capacidade efetiva para interpretar, questionar e contrariar uma saída quando necessário. [R6]; [R11]

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

4. **Controlar o risco de forma proporcional.**

O nível de validação, supervisão, documentação e segurança deve acompanhar a criticidade e as possíveis consequências da utilização. [R11]; [R19]

Experimentar pequeno e de forma reversível.

O primeiro teste deve permitir aprender sem criar dependências ou consequências desnecessárias. [R11]; [R30]; [R37]

5. **Decidir pela evidência.**

Avançar, ajustar, manter, adiar ou parar são resultados legítimos quando correspondem àquilo que os dados e a experiência demonstram. [R11]; [R18]

A melhor primeira decisão sobre IA não é necessariamente implementar. É saber qual é a próxima pergunta que merece ser respondida - e produzir evidência suficiente para lhe responder.

A melhor primeira decisão sobre IA não é necessariamente implementar. É saber qual é a próxima pergunta que merece ser respondida - e produzir evidência suficiente para lhe responder.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

Glossário

Cofinanciado pela União Europeia

Glossário

Tabela 68: Glossário.

Termo	Definição
Accuracy / exatidão global	Proporção global de previsões corretas num problema de classificação. Pode ser enganadora quando as classes são desequilibradas ou os custos dos erros são diferentes.
Algoritmo	Conjunto de instruções ou procedimentos utilizados para executar uma tarefa. Nem todo o algoritmo é Inteligência Artificial.
Alucinação / confabulação	Conteúdo falso ou erróneo produzido de forma plausível por um sistema generativo. Resultados relevantes devem ser verificados na fonte.
Analytics	Análise de dados destinada a descrever, diagnosticar ou apoiar decisões. Pode existir sem *Machine Learning*.
Automação	Execução automática de tarefas ou regras. Uma automação baseada em condições fixas não é necessariamente IA.
Referência inicial	Valor ou método de referência que descreve a situação antes da intervenção e permite comparar resultados.
Business Intelligence - BI	Conjunto de processos e ferramentas para organizar, visualizar e analisar informação empresarial.
Classificação	Tarefa em que um sistema atribui uma observação a uma categoria, como conforme/defeituoso.
Computer Vision / visão computacional	Área de IA que extrai informação de imagens ou vídeo, por exemplo para inspeção industrial.
Dados de treino	Dados utilizados para ajustar os parâmetros de um modelo de *Machine Learning*.
Conjunto de dados	Conjunto organizado de dados usado para análise, treino, validação ou teste.
Deep Learning	Subárea de *Machine Learning* baseada em redes neuronais profundas, especialmente relevante em tarefas complexas de imagem, linguagem e sinais.

Conselho Empresarial Tâmega e Douro · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

Termo	Definição
Deteção de anomalias	Identificação de observações ou comportamentos que se afastam do padrão esperado. Uma anomalia não equivale automaticamente a uma avaria.
Drift	Alteração dos dados, contexto ou relações do processo que pode degradar a adequação de um sistema ao longo do tempo.
Explicabilidade	Capacidade de fornecer informação útil sobre fatores, mecanismos ou razões associados ao resultado de um sistema.
Falso negativo	Situação em que existe um evento/problema relevante mas o sistema não o sinaliza.
Falso positivo	Situação em que o sistema sinaliza um evento/problema que, na realidade, não está presente.
Feature / variável de entrada	Informação utilizada por um modelo para produzir um resultado.
Ponto de decisão	Momento formal em que a equipa decide avançar, ajustar, manter, adiar ou parar.
Governação de IA	Conjunto de responsabilidades, políticas e processos que definem como a organização decide, utiliza, monitoriza e controla IA.
Human-in-the-loop	Configuração em que uma pessoa intervém na validação, decisão ou correção do resultado do sistema.
IA generativa	Família de sistemas orientados para criar ou transformar conteúdo, como texto, imagem, áudio ou código.
Inferência	Processo pelo qual um sistema obtém resultados a partir das entradas. Na aprendizagem automática, designa normalmente a utilização de um modelo treinado para produzir resultados a partir de novos dados.
Label / rótulo	Resultado ou categoria conhecida associada a um exemplo de dados, usada em determinados métodos supervisionados.
Large Language Model - LLM	Modelo de linguagem de grande escala capaz de gerar e transformar texto e outros conteúdos dependendo da arquitetura.
Machine Learning - ML	Abordagem em que modelos utilizam dados para identificar padrões e produzir previsões, classificações ou outros resultados.

Cofinanciado pela União Europeia

Termo	Definição
Model drift	Perda de adequação do modelo devido a alterações nos dados ou no contexto de utilização.
Modelo	Representação computacional utilizada para transformar entradas em resultados.
Otimização	Procura da melhor solução possível segundo objetivos e restrições. Pode ser realizada com ou sem IA.
Piloto	Utilização controlada em condições próximas da operação real para testar tecnologia, processo, pessoas e valor.
PoC - prova de conceito	Experiência limitada destinada a verificar se a hipótese técnica central é plausível.
Precision	Entre os casos sinalizados como positivos pelo sistema, proporção que era efetivamente positiva.
Previsão	Estimativa de um valor ou evento futuro ou ainda desconhecido.
Prompt	Instrução ou contexto fornecido a um modelo generativo para orientar a resposta.
Recall / sensibilidade	Entre os casos realmente positivos, proporção que o sistema conseguiu identificar.
Modo de observação	Modo de teste em que o sistema produz resultados com dados reais, mas estes não alteram a decisão operacional.
Supervisão humana	Conjunto de condições que permitem a uma pessoa compreender, validar, contestar, substituir ou interromper a utilização do sistema quando necessário.
Limiar	Valor definido para transformar um score ou indicador numa decisão operacional, como gerar ou não um alerta.
TCO - custo total de propriedade	Custo total ao longo da vida da solução, incluindo dados, integração, licenças, infraestrutura, pessoas, monitorização, suporte e saída.
Dependência do fornecedor	Dependência excessiva de um fornecedor que torna difícil ou dispendioso mudar de solução, recuperar dados ou manter o sistema.

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

Siglas e acrónimos

Cofinanciado pela União Europeia

Siglas e acrónimos

Tabela 69: Siglas e acrónimos.

Sigla / acrónimo	Significado
AI / IA	*Artificial Intelligence* / Inteligência Artificial
AI *Act*	Regulamento Europeu da Inteligência Artificial - Regulamento (UE) 2024/1689
API	*Application Programming Interface*
AIPD / DPIA	Avaliação de Impacto sobre a Proteção de Dados / *Data Protection Impact Assessment*
BI	*Business Intelligence*
CAE	Classificação Portuguesa das Atividades Económicas
CETS	Conselho Empresarial do Tâmega e Sousa
CNC	*Computer Numerical Control* / Controlo Numérico Computorizado
DL	*Deep Learning*
EDIH	*European Digital Innovation Hub*
ENISA	*European Union Agency for Cybersecurity*
ERP	*Enterprise Resource Planning*
FPY	*First Pass Yield*
GPAI	*General-Purpose AI* / IA de finalidade geral
IA	Inteligência Artificial
IEA	*International Energy Agency*
IIoT	*Industrial Internet of Things*

Cofinanciado pela União Europeia

Sigla / acrónimo	Significado
ISO/IEC	*International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission*
KPI	*Key Performance Indicator*
LLM	*Large Language Model*
MES	*Manufacturing Execution System*
MFA	*Multi-Factor Authentication*
ML	*Machine Learning*
MTBF	*Mean Time Between Failures*
MTTR	*Mean Time To Repair*
NIST	*National Institute of Standards and Technology*
OCDE / OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OT	*Operational Technology*
PoC	*Proof of Concept* / Prova de conceito
RGPD	Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados
SCIE	Sistema de Contas Integradas das Empresas
SLA	*Service Level Agreement*
TCO	*Total Cost of Ownership*
TI / IT	Tecnologias da Informação / *Information Technology*
TWINS4TS	*Digital Twins* & IA para as Indústrias Transformadoras do Tâmega e Sousa

Cofinanciado pela União Europeia

Bibliografia

Cofinanciado pela União Europeia

Bibliografia

Fontes documentais e institucionais que sustentam o conteúdo. As datas de publicação identificam as edições utilizadas; as páginas de acesso podem ser atualizadas pelas entidades responsáveis. O enquadramento desta edição mantém a data de fecho de junho de 2026.

[R1] CETS. (2026). Conferência de Apresentação do Projeto TWINS4TS realiza-se em Felgueiras a 21 de abril. Nota institucional de 10 de abril de 2026 sobre o TWINS4TS. Fonte original

[R2] TWINS4TS. Navegar pela Transição Digital: Um caminho estratégico para PME industriais. Guia de capacitação do projeto. Página de acesso aos guias. Fonte original

[R3] Eurostat. (2026). The use of artificial intelligence technologies in the European Union – Key results – 2026 edition. Statistical report. Publications Office of the European Union. DOI: 10.2785/9221093. Publicado em 26 de março de 2026. Fonte original

[R4] Comissão Europeia. (2025). Portugal 2025 Digital Decade Country Report. Relatório de Portugal sobre a Década Digital de 2025. Publicado em 18 de junho de 2025. Fonte original

[R5] OECD. (2025). AI adoption by small and medium-sized enterprises: OECD discussion paper for the G7. OECD Publishing, Paris. DOI: 10.1787/426399c1-en. Publicado em 09/12/2025. Fonte original

[R6] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2024). Regulamento (UE) 2024/1689, de 13 de junho de 2024, que cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial. Jornal Oficial de 12 de julho de 2024. Texto de referência para o enquadramento reportado a junho de 2026. Fonte original

[R7] OECD. (2024). Explanatory memorandum on the updated OECD definition of an AI system. OECD Artificial Intelligence Papers, No. 8. OECD Publishing, Paris. DOI 10.1787/623da898-en. Fonte original

[R8] ISO/IEC. (2022). ISO/IEC 22989:2022 — Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology. Fonte original

[R9] Eurostat. (2025). European business statistics compilers' manual for ICT usage and e-commerce in enterprises, 2025 survey. Publications Office of the European Union. Fonte original

[R10] OECD. (2024). OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 1): Embracing the Technology Frontier. OECD Publishing, Paris. Fonte original

[R11] Tabassi, E. (2023). Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). NIST AI 100-1. National Institute of Standards and Technology. Fonte original

[R12] Autio, C. et al. (2024). Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile. NIST AI 600-1. National Institute of Standards and Technology. Fonte original

[R13] OECD. (2026). Progress in Implementing the European Union Coordinated Plan on Artificial Intelligence (Volume 2): Uptake in High-Impact Sectors. OECD Publishing, Paris. DOI: 10.1787/3ac96d41-en. Publicado em 18 de fevereiro de 2026. Capítulo "AI in manufacturing". Fonte original

[R14] International Energy Agency — IEA. (2025). Energy and AI. IEA, Paris. Publicado em 10 de abril de 2025. Fonte original

[R15] International Energy Agency — IEA. (2025). Energy Management for Industry: Driving efficiency implementation. IEA, Paris. Publicado em 9 de setembro de 2025. Fonte original

[R16] ISO. (2021). ISO 23247-1:2021 — Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles. Fonte original

[R17] ISO. (2021). ISO 23247-2:2021 — Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 2: Reference architecture. Fonte original

Cofinanciado pela União Europeia

[R18] ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 42001:2023 - Information technology - Artificial intelligence - Management system. International Organization for Standardization. Publicada em dezembro de 2023. Fonte original

[R19] ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 23894:2023 - Information technology - Artificial intelligence - Guidance on risk management. International Organization for Standardization. Publicada em fevereiro de 2023. Fonte original

[R20] ENISA. (2023). Multilayer Framework for Good Cybersecurity Practices for AI. European Union Agency for Cybersecurity. Publicado em 7 de junho de 2023. Fonte original

[R21] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2016). Regulamento (UE) 2016/679 - Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (RGPD). Jornal Oficial da União Europeia, 4 de maio de 2016. Fonte original

[R22] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2023). Regulamento (UE) 2023/2854 relativo a regras harmonizadas sobre o acesso equitativo aos dados e a sua utilização - Data Act. Jornal Oficial da União Europeia, 22 de dezembro de 2023. Fonte original

[R23] Barros, C.; Costa, B. F.; Ramos, D. (2023). Roadmap para a Transição Digital do Setor da Metalomecânica. Coordenação: Teixeira, L.; Guimarães, C. UA Editora / Projeto SHIFT2Future. DOI: 10.48528/qazt-rh13. Fonte original

[R24] European Commission. (2023). Transition Pathway for the Textiles Ecosystem. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. Publicado em 6 de junho de 2023. Fonte original

[R25] CTCP - Centro Tecnológico do Calçado de Portugal. (2024). Inteligência Artificial no Calçado. Publicado em 24 de junho de 2024. Fonte original

[R26] CTCP - Centro Tecnológico do Calçado de Portugal. (2024). Visão Artificial no Calçado. Publicado em 24 de junho de 2024. Fonte original

Cofinanciado pela União Europeia

[R27] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2002). Regulamento (CE) n.º 178/2002, que determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, incluindo o artigo 18.º sobre rastreabilidade. Versão consolidada aplicável em 01/01/2026. Fonte original

[R28] European Commission / European Monitor of Industrial Ecosystems. (2025). Agri-Food - Analytical report, 2024 Edition. Publications Office of the European Union. DOI: 10.2826/4766674. Fonte original

[R29] ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 5338:2023 - Information technology - Artificial intelligence - AI system life cycle processes. International Organization for Standardization. Publicação: dezembro de 2023. Fonte original

[R30] National Institute of Standards and Technology - NIST. (2023). AI Risk Management Framework Playbook. Recurso de operacionalização do NIST AI RMF 1.0; versão completa disponibilizada em 30 de março de 2023. Fonte original

[R31] Schwartz, R.; Vassilev, A.; Greene, K.; Perine, L.; Burt, A.; Hall, P. (2022). Towards a Standard for Identifying and Managing Bias in Artificial Intelligence. NIST Special Publication 1270. National Institute of Standards and Technology. Publicado em 15 de março de 2022. Fonte original

[R32] Phillips, P. J.; Hahn, C.; Fontana, P.; Yates, A.; Greene, K. K.; Broniatowski, D. A.; Przybocki, M. A. (2021). Four Principles of Explainable Artificial Intelligence. NISTIR 8312. National Institute of Standards and Technology. Publicado em 29 de setembro de 2021. Fonte original

[R33] Comité Europeu para a Proteção de Dados - CEPD/EDPB. (2024). Parecer 28/2024 sobre certos aspetos da proteção de dados relacionados com o tratamento de dados pessoais no contexto dos modelos de IA. Adotado em 18 de dezembro de 2024. Fonte original

[R34] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2016). Diretiva (UE) 2016/943, de 8 de junho de 2016, relativa à proteção de know-how e de informações comerciais

Cofinanciado pela União Europeia

confidenciais (segredos comerciais) contra a sua aquisição, utilização e divulgação ilegais. Fonte original

[R35] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2019). Diretiva (UE) 2019/790, de 17 de abril de 2019, relativa aos direitos de autor e direitos conexos no Mercado Único Digital. Fonte original

[R36] ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 25059:2023 - Software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Quality model for AI systems. International Organization for Standardization. Publicação: junho de 2023. Fonte original

[R37] ISO/IEC. (2025). ISO/IEC TS 42119-2:2025 - Artificial intelligence - Testing of AI - Part 2: Overview of testing AI systems. International Organization for Standardization. Publicação: novembro de 2025. Fonte original

[R38] ISO/IEC. (2024). ISO/IEC 5259-3:2024 - Artificial intelligence - Data quality for analytics and machine learning (ML) - Part 3: Data quality management requirements and guidelines. International Organization for Standardization. Publicação: julho de 2024. Fonte original

[R39] ISO/IEC. (2025). ISO/IEC 5259-5:2025 - Artificial intelligence - Data quality for analytics and machine learning (ML) - Part 5: Data quality governance framework. International Organization for Standardization. Publicação: fevereiro de 2025. Fonte original

[R40] European Commission. (s.d.). European Digital Innovation Hubs (EDIHs). Shaping Europe's digital future. Fonte original

[R41] IAPMEI. (s.d.). Rede Nacional de Test Beds. Fonte original

[R42] CETS. (2026). CETS e ESTG-P.PORTO apresentam novo projeto conjunto: TWINS4TS - Digital Twins & AI for Tâmega e Sousa's Industry. Publicado em 10 de abril de 2026. Fonte original

[R43] COMPETE 2030. (s.d.). Estrutura e Objetivos. Fonte original

Cofinanciado pela União Europeia

[R44] COMPETE 2030. SICE - Qualificação das PME - Operações Individuais. Aviso MPr-2024-4, consultado como exemplo histórico de instrumento de apoio. Fonte original

[R45] CITEVE / Academia CITEVE. (2024). Ações de Formação para a Transição Digital do Setor Têxtil e Vestuário. Publicado em 17 de abril de 2024. Fonte original

[R46] CENTIMFE. (2024). ROBOTA Sudoe - Robótica, Automação e Digitalização como Motores de Competitividade e Crescimento das PME. Publicado em 1 de março de 2024. Fonte original

[R47] CATIM. (2025). Relatório de Atividades e Contas 2024. Março de 2025. Fonte original

[R48] PRODUTECH. (s.d.). PRODUTECH Digital Innovation Hub. Fonte original

Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

Anexos

Cofinanciado pela União Europeia

Anexo A Ferramentas práticas para a adoção de IA

Este conjunto reúne modelos de ferramentas práticas para impressão e preenchimento para apoiar a decisão, preparação, experimentação e acompanhamento de aplicações de Inteligência Artificial em PME industriais. As ferramentas devem ser usadas de forma proporcional ao caso, revistas à medida que surgem novos dados ou riscos e associadas a uma decisão, responsável e evidência.

Cofinanciado pela União Europeia

A.1 Autoavaliação de prontidão para IA

Esta ferramenta retoma o diagnóstico apresentado no Capítulo 4 e deve ser utilizada antes da realização de um primeiro piloto, sendo recomendada a sua repetição sempre que o caso de utilização, o processo ou as condições de implementação se alterem significativamente. O objetivo não é obter uma pontuação elevada, mas identificar lacunas críticas que possam comprometer a preparação e a execução do piloto. A avaliação considera oito dimensões e utiliza uma escala de três níveis: 0 = não existe/não sabemos; 1 = parcial/informal; 2 = claro e repetível, aplicada a cada afirmação. [R11]; [R29]

Tabela 70: Autoavaliação de prontidão para IA.

Dimensão	Afirmação A (0-2)	Afirmação B (0-2)	Total /4
Problema e processo	Problema, processo e decisão estão claros.	Existe referência inicial/KPI e resultado esperado.	
Dados	Dados relevantes existem e têm qualidade/histórico mínimo.	Acesso, contexto e relação com resultados são possíveis.	
Tecnologia e integração	Existe forma repetível de obter e usar dados.	Ambiente e apoio para testar/manter estão identificados.	
Pessoas e competências	Especialistas do processo participam.	Existe literacia e apoio técnico adequado.	
Liderança	Existe responsável de gestão e prioridade.	Há critérios para avançar, ajustar ou parar.	
Governação	Papéis e autoridade estão definidos.	Existe registo mínimo, risco e monitorização.	
Segurança e informação	Acessos/dados sensíveis foram revistos.	Contratos, privacidade e fornecedor foram analisados.	
Sustentabilidade	A abordagem é proporcional.	Custos/recursos e alternativa simples foram considerados.	
		Total global/32	

Cofinanciado pela União Europeia

Registo e seguimento

Lacunas críticas	
Ação necessária	
Responsável	
Condição de nova avaliação	

Some as duas afirmações de cada dimensão, até 4 pontos, e registe o total global, até 32 pontos. Para considerar a passagem a Experimentar, confirme pelo menos 2/4 em problema e processo, dados, liderança, governação e segurança e informação. Uma lacuna crítica não pode ser compensada pelo total global. Esta referência é pedagógica, não normativa, e não substitui a avaliação do caso nem dos riscos.

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa P.PORTO COMPETE 2030 PORTUGAL 2030 Cofinanciado pela União Europeia

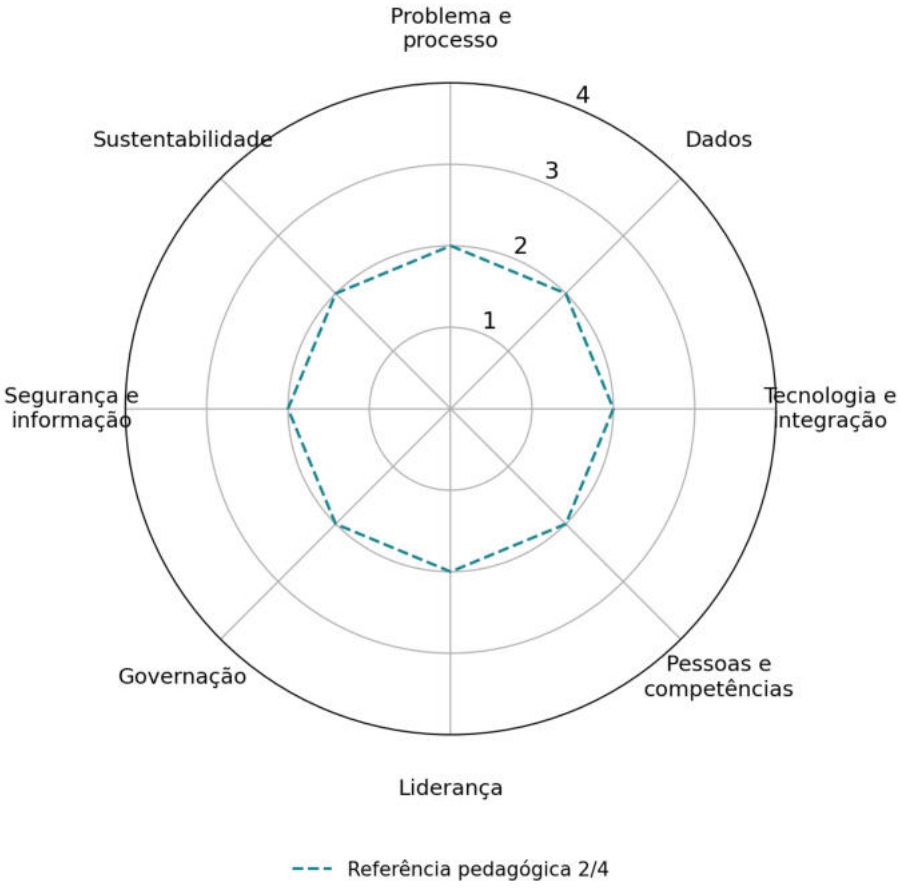


Figura 129: Prontidão para IA por dimensão.

Fonte: Elaboração própria TWINS4TS. A linha 2/4 é uma referência pedagógica, não normativa.

A.2 Canvas de Oportunidade de IA

O Canvas deve ser preenchido antes de discutir algoritmos ou fornecedores. Pode ser utilizado numa reunião de 45 a 60 minutos com o dono do problema, alguém do processo, alguém dos dados/sistemas e o potencial utilizador do resultado. [R11]

Tabela 71: Canvas de Oportunidade de IA.

Campo	Pergunta	Resposta
Problema	Que situação concreta queremos melhorar?	
Processo	Onde acontece e que decisão é afetada?	
Referência inicial	Como medimos hoje e qual é o método atual?	
Dados	Que dados existem, onde e com que qualidade?	
Abordagem IA	Que tipo de resultado pode ajudar?	
KPI	Que indicador deve melhorar?	
Benefício potencial	Por que vale a pena testar?	
Pré-requisitos	O que falta antes do piloto?	
Riscos	Que erros/dependências são relevantes?	
Papel humano	Quem valida, contesta e decide?	

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Cofinanciado pela União Europeia

A.3 *Checklist* de dados mínimos

A *checklist* de dados não procura determinar se existe "*Big Data*". Procura confirmar se a informação necessária ao caso é acessível e suficientemente adequada para produzir uma experiência credível. A gestão e governação da qualidade dos dados devem acompanhar o ciclo de vida, conforme as normas ISO/IEC 5259-3 e 5259-5. [R38]; [R39]

Use como ponto de decisão antes de PoC/piloto.

Tabela 72: Checklist de dados mínimos.

Verificação	Sim	Parcial	Não	Ação necessária
Fontes de dados identificadas, adequadas ao caso e autorizadas				
Extração repetível possível				
Timestamps/unidades coerentes				
Histórico suficiente				
Regimes/situações representados				
Contexto de produto/máquina/turno				
Classificações/resultados quando necessários				
Acesso/retenção/segurança definidos				
Versão do conjunto de dados reproduzível				
Responsável pela qualidade definido				

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Cofinanciado pela União Europeia

A.4 Matriz Valor × Viabilidade

Avalie valor e viabilidade separadamente; trate risco como ponto de decisão.

Tabela 73: Matriz Valor × Viabilidade

Caso	Valor (1-5)	Viabilidade (1-5)	Risco / criticidade	Decisão
Caso A				
Caso B				
Caso C				
Caso D				
Caso E				

1 = reduzido, 3 = intermédio e 5 = elevado

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Regra de interpretação: alto valor + alta viabilidade = candidato prioritário; alto valor + baixa viabilidade = preparar melhor; baixo valor + alta viabilidade = possível ganho rápido; baixo valor + baixa viabilidade = adiar/rejeitar. O NIST recomenda que a decisão de risco permaneça ligada ao contexto, não a uma pontuação isolada. [R11]

A.5 Análise de viabilidade simplificada

A análise de viabilidade simplificada serve para decidir se vale a pena investir num piloto ou avançar para operação. Deve utilizar valores reais quando existem e intervalos/hipóteses explícitas quando não existem. O objetivo é evitar falsa precisão. [R5] [R11]

Registe valores reais quando existirem e hipóteses explícitas quando não existirem.

Tabela 74: Análise de viabilidade simplificada.

Campo	Preenchimento
Problema e impacto atual	
Referência inicial e método atual	
Objetivo e resultado esperado	
Solução candidata + alternativa simples	
Benefício potencial / intervalo	
Custos de preparação e piloto	
Custos recorrentes / TCO esperado	
Pessoas e competências	
Riscos e salvaguardas	
Hipóteses por validar	
Critérios para avançar	
Critérios para parar	

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Cofinanciado pela União Europeia

A.6 Ficha de referência inicial e KPIs

Esta ficha garante que a empresa sabe como medir antes de iniciar. O NIST recomenda métricas relevantes para a finalidade e contexto do sistema; métricas técnicas devem ser relacionadas com resultados operacionais. [R11]; [R29]

Fixe significado, fonte, frequência e período antes do piloto.

Tabela 75: Ficha de referência inicial e KPIs.

Elemento	Definição	Valor inicial	Meta / critério	Fonte / frequência
KPI principal				
KPI secundário 1				
KPI secundário 2				
Métrica técnica 1				
Métrica técnica 2				
Adoção / utilização				
Risco / erro				

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Registar também: período de referência inicial, exclusões, condições extraordinárias e responsável por validar a medição. O mesmo significado deve ser usado no fim do piloto. [R11]; [R29]

Cofinanciado pela União Europeia

A.7 Ficha de projeto-piloto

A ficha de piloto retoma o Capítulo 8 e deve caber, idealmente, em duas páginas. A ISO/IEC 5338:2023 e as referências de teste/qualidade de IA utilizadas no Capítulo 8 suportam uma abordagem de ciclo de vida, verificação e validação. [R11]; [R29]; [R36]; [R37]

Defina fronteiras e critérios de saída antes de iniciar.

Tabela 76: Ficha de projeto-piloto.

Campo	Definição
Problema e hipótese	
Referência inicial e KPIs	
Âmbito incluído	
Exclusões	
Dados e versão	
PoC / abordagem	
Comparador simples	
Utilizadores	
Equipa e responsabilidades	
Modo de observação / forma de teste	
Salvaguardas e procedimento alternativo	
Métricas técnicas	
Critérios de saída	
Prazo / janela de evidência	
Ponto de decisão final	Parar / ajustar / manter / avançar

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Cofinanciado pela União Europeia

A.8 Registo de riscos de IA

O registo de riscos deve ser simples o suficiente para ser atualizado. A ISO/IEC 23894:2023 e o NIST AI RMF recomendam integrar a gestão de risco no contexto e ao longo do ciclo de vida. [R11]; [R19]

Atualize durante PoC, piloto e operação.

Tabela 77: Registo de riscos de IA.

ID	Risco	Causa/contexto	Prob.	Impacto	Controlo	Responsável	Estado/condição de reavaliação
R1							
R2							
R3							
R4							
R5							
R6							
R7							

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Categorias a considerar: dados, desempenho, falsos positivos/negativos, enviesamento, segurança, privacidade, confidencialidade/PI, fornecedor, integração, pessoas, operação, *drift*, conformidade e sustentabilidade. [R30]

Cofinanciado pela União Europeia

A.9 *Checklist* de IA responsável

A *checklist* resume os pontos de decisão práticos do Capítulo 7. Não substitui análise jurídica nem de cibersegurança. Para usos de maior criticidade ou que afetem pessoas, o nível de validação deve aumentar. [R6]; [R20]; [R21]

Não substitui análise jurídica ou de cibersegurança.

Tabela 78: Checklist de IA responsável.

Questão	Sim	Não	Não aplicável	Ação corretiva	Justificação
Finalidade e utilizadores estão documentados?					
O papel humano e autoridade para discordar estão definidos?					
Falsos positivos/negativos e consequência do erro foram analisados?					
Existem limites/condições em que o sistema não deve ser usado?					
Dados pessoais foram minimizados e enquadrados quando existem?					
Informação confidencial/segredo comercial está protegida?					
Fornecedor e subcontratantes foram revistos?					
Acessos, credenciais, registos de atividade e incidentes estão definidos?					
Existe rastreabilidade suficiente do resultado/decisão?					

Cofinanciado pela União Europeia

Questão	Sim	Não	Não aplicável	Ação corretiva	Justificação
Mudanças relevantes ativam revalidação?					
Foi feita triagem inicial do *AI Act* quando aplicável?					
Recursos/consumo são proporcionais ao valor?					

Justificação breve para "Não aplicável" e ação corretiva para "Não".

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

A.10 *Checklist* de avaliação de fornecedor

Avalie capacidade, transparência, TCO e saída antes de criar dependência.

Tabela 79: Checklist de avaliação de fornecedor.

Critério	Pergunta	Avaliação / evidência
Problema	O fornecedor compreende o processo e não começa apenas pela ferramenta?	
Experiência	Tem casos comparáveis e consegue explicar limitações?	
Dados	Que dados exige, guarda e pode reutilizar?	
Segurança	Como gere identidades, vulnerabilidades, incidentes e subcontratantes?	
Modelo/serviço	Que versões utiliza e como comunica alterações?	
Métricas	Aceita comparar com referência inicial e critérios definidos pela PME?	
Integração	Usa interfaces documentadas e exportáveis?	
Suporte/SLA	Que níveis de serviço e escalada oferece?	
Portabilidade	Conseguimos exportar dados, histórico e configurações?	
Conhecimento	Que transferência/ formação fica na PME?	
TCO	Preço, serviços, nuvem/API, suporte e custos de saída estão claros?	
Saída	Como termina o serviço e como são eliminados/devolvidos os dados?	

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

Conselho Empresarial Tâmega e Sousa · P.PORTO · COMPETE 2030 · PORTUGAL 2030 · Cofinanciado pela União Europeia

A.11 Ponto de decisão

Registe a decisão, a evidência e a próximo condição de reavaliação.

Tabela 80: Ponto de decisão.

Decisão	Selecionar	Justificação / evidência	Próximo passo
Avançar			
Ajustar			
Manter			
Adiar			
Parar / rejeitar			

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

A.12 Plano de 90 dias

Use como horizonte de gestão; prolongue a preparação quando a evidência o exigir.

Tabela 81: Plano de 90 dias.

Período	Objetivo	Ações	Responsável	Evidência / ponto de decisão
Dias 1-30	Clarificar e preparar			
Dias 31-60	PoC / fechar lacunas			
Dias 61-90	Pilotar / decidir ou preparar próximo ponto de decisão			

Data: _____ Responsável: _____

Caso ou processo: _____

Decisão e observações: _____

O plano deve incluir dependências. Se nos primeiros 30 dias a empresa conclui que necessita de vários meses para criar histórico de dados, o resultado não é "falhar o plano": é uma decisão de preparação baseada em evidência. [R11]; [R29]

Nota Final: Este conjunto de anexos foi concebido para reutilização. Guarde versões datadas e associe cada decisão ao caso, responsável e evidência disponível.

Cofinanciado pela União Europeia

A.13 Como utilizar as ferramentas em conjunto

As ferramentas devem ser entendidas como um sistema de decisão com informação de retorno. Uma PME que descobre uma lacuna nos dados durante a PoC pode regressar à *checklist* de dados; um novo risco pode alterar a Matriz Valor × Viabilidade; uma mudança de fornecedor pode obrigar a atualizar a análise de viabilidade e o registo de riscos. [R11]; [R29]

Tabela 82: Como utilizar as ferramentas em conjunto.

Momento	Ferramentas principais	Decisão apoiada
Explorar	Autoavaliação + Canvas	Há um problema e condições mínimas que mereçam preparar?
Preparar	Dados + Matriz + Análise de viabilidade	Que caso é prioritário e o que falta?
Experimentar	Referência inicial/KPI + Ficha de piloto + Riscos	Como testar com evidência e controlo?
Contratar	*Checklist* de fornecedor + IA responsável	Que condições devem constar na escolha/contrato?
Decidir	Ponto de decisão	Parar, ajustar, manter, adiar ou avançar?
Executar próximo ciclo	Plano de 90 dias	Quem faz o quê e quando voltamos a decidir?

Mensagem-chave: antes de perguntar que tecnologia deve comprar, a PME deve perguntar que problema pretende resolver, que dados tem, que risco aceita, quem deve estar envolvido e como irá medir valor.

Cofinanciado pela União Europeia

Twins4TS

Ficha Técnica

Cofinanciado pela União Europeia

Ficha Técnica

Designação do Projeto | TWINS4TS - Digital Twins & IA para as Indústrias Transformadoras do Tâmega e Sousa

Nº do projeto | 25480

Promotores |

CETS - Conselho Empresarial do Tâmega e Sousa

IPP-ESTG - Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Aviso | COMPETE2030-2025-4

Designação do aviso | Ações Coletivas - Digitalização

Tipologia de Ação | Transição Digital das Empresas

Objetivos | Aproveitar as vantagens da digitalização para os cidadãos, as empresas, os organismos de investigação e as autoridades públicas (FEDER)

Edição e conteúdos | CETS - Conselho Empresarial do Tâmega e Sousa

Versão | Versão 1