



Navegar pela Transição Digital:

Um caminho estratégico para PME
industriais

06/2026

Sobre 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.

Como utilizar este guia

O guia pode ser lido de forma integral ou consultado parcialmente, de acordo com o ponto de partida e as necessidades da PME. Uma empresa que se encontra no início do percurso deve começar pelos capítulos de enquadramento, conceitos, pilares estratégicos e maturidade digital. Uma empresa que já tem projetos em curso pode consultar diretamente as secções sobre tecnologias, estratégia, *roadmap*, riscos, ferramentas práticas e ecossistema de apoio.

Tabela 1: Guia de leitura por momento de maturidade da PME.

Momento da empresa	Capítulos úteis	Decisão apoiada
Início do percurso	Capítulos 1 a 4	Compreender o contexto, os conceitos essenciais, os desafios das PME industriais e as tecnologias que podem criar valor.
Preparação de projetos	Capítulos 5 a 7	Avaliar a maturidade digital, definir prioridades estratégicas, selecionar casos de aplicação e perceber onde a transformação digital pode gerar valor.
Implementação e gestão da mudança	Capítulos 8 a 10	Construir o <i>roadmap</i> de implementação, gerir barreiras e riscos, mobilizar parceiros, procurar apoio externo e preparar decisões de execução e escala.
Consolidação e aplicação prática	Capítulo 11 + Anexo A	Definir próximos passos, consolidar aprendizagens e utilizar as ferramentas práticas para diagnóstico, priorização, pilotos, riscos, fornecedores e decisão.

Fonte: Elaboração própria.

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

Ao longo do guia será utilizada a **MoveTec**, uma PME industrial fictícia do Tâmega e Sousa, criada exclusivamente para fins pedagógicos. A empresa não corresponde a nenhuma organização real; funciona como caso composto, reunindo problemas frequentes em PME industriais: dados dispersos, sistemas parcialmente integrados,

manutenção pouco preditiva, baixa visibilidade do trabalho em curso, desperdício de materiais, pressão energética e necessidade de tomar decisões de investimento com recursos limitados.

Embora o exemplo esteja ancorado no mobiliário técnico e em componentes industriais personalizados, as decisões demonstradas são transferíveis, com as devidas adaptações, para outros setores industriais, como metalomecânica, têxtil e vestuário, calçado e agroalimentar.

Tabela 2: Descrição da empresa fictícia MoveTec usada como exemplo transversal.

Elemento	Descrição
Setor	Mobiliário técnico e componentes industriais personalizados.
Processos principais	Corte, maquinaria CNC, acabamento, montagem, controlo final e expedição.
Sistemas atuais	ERP básico, folhas de cálculo, máquinas com dados exportáveis e manutenção manual.
Problemas principais	Atrasos, desperdício, paragens, baixa visibilidade do trabalho em curso e consumo energético variável.
Ambição digital	Criar dados fiáveis, integrar produção, testar IA e evoluir progressivamente para <i>Digital Twin</i> .
Critério de prudência	Começar por pilotos pequenos, mensuráveis e reversíveis.
Utilização no guia	Exemplo contínuo para demonstrar decisões práticas ao longo dos capítulos.

Fonte: Elaboração própria.

Nota sobre utilização de Inteligência Artificial

A estrutura editorial e alguns 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,

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.



Índice

Índice

Sobre este guia.....	2
Como utilizar este guia	2
Como abordar cada capítulo.....	3
Empresa fictícia utilizada como exemplo.....	3
Nota sobre utilização de Inteligência Artificial	4
1 Introdução.....	18
1.1 Enquadramento.....	19
1.2 Indústria transformadora do Tâmega e Sousa.....	20
1.2.1 Uma base empresarial industrial significativa	21
1.2.2 A indústria transformadora como motor de emprego.....	23
1.2.3 Uma indústria com forte expressão económica.....	25
1.2.4 Criação de valor e competitividade industrial.....	26
1.2.5 O que os indicadores revelam sobre o Tâmega e Sousa?	28
1.3 Mensagens-chave do capítulo.....	29
2 A nova realidade das PME industriais.....	31
2.1 Porque está a indústria a mudar?	32
2.2 Desafios atuais das PME	34
2.3 Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0.....	37
2.4 Oportunidades para as PME portuguesas e para o Tâmega e Sousa.....	41
2.5 Mensagens-chave do capítulo.....	43
3 Compreender a transformação digital	45
3.1 Conceitos fundamentais.....	46

3.2 Os pilares estratégicos da transformação digital.....	49
3.2.1 Liderança e cultura	50
3.2.2 Estratégia e governação	51
3.2.3 Pessoas, processos e melhoria contínua	52
3.2.4 Dados, tecnologia e interoperabilidade	53
3.2.5 Cibersegurança, sustentabilidade e parcerias	54
3.3 Mensagens-chave do capítulo.....	57
4 Tecnologias que apoiam a transformação digital das PME industriais	60
4.1 Escolher a tecnologia a partir da necessidade	61
4.2 Leitura transversal das principais tecnologias	63
4.2.1 Digital Twins: enquadramento transversal.....	63
4.2.2 Inteligência Artificial	66
4.2.3 ERP, MES e integração operacional	66
4.2.4 IIoT, sensores e rastreabilidade.....	67
4.2.5 Business Intelligence e gestão de dados.....	67
4.2.6 Nuvem e infraestrutura digital	67
4.2.7 Robótica colaborativa.....	67
4.2.8 Tecnologias complementares.....	68
4.3 Mensagens-chave do capítulo.....	68
5 Avaliar a maturidade digital das PME.....	70
5.1 Porquê avaliar a maturidade digital?.....	71
5.2 Dimensões de avaliação da maturidade digital.....	72
5.3 Níveis de maturidade digital.....	76
5.4 Como realizar o diagnóstico de maturidade digital	79

5.5 Interpretar resultados e definir prioridades.....	80
5.6 Ferramenta prática de autoavaliação.....	82
5.7 Mensagens-chave do capítulo.....	84
6 Definir a estratégia de transformação digital	87
6.1 Visão e ambição digital	89
6.2 Objetivos SMART e KPIs.....	90
6.3 Portefólio de oportunidades digitais.....	91
6.4 Business case e TCO.....	92
6.5 Governação da estratégia digital.....	94
6.6 Critérios de decisão: avançar, rever ou adiar.....	95
6.7 Mensagens-chave do capítulo.....	97
7 Casos de aplicação de transformação digital.....	100
7.1 Como ler e adaptar os casos de aplicação.....	101
7.2 Metalomecânica.....	102
7.3 Mobiliário, madeira e componentes industriais	103
7.4 Têxtil e vestuário.....	105
7.5 Calçado e couro	106
7.6 Agroalimentar	107
7.7 Critérios para adaptar um caso ao contexto da PME.....	108
7.8 Mensagens-chave do capítulo.....	110
8 Implementar a transformação digital: roadmap, pilotos e escala	113
8.1 Lógica geral do roadmap.....	114
8.2 Fase 1 - Confirmar o diagnóstico.....	115
8.3 Fase 2 - Definir visão, prioridades e objetivos.....	117

8.4 Fase 3 - Preparar o plano de ação, a equipa e os primeiros 90 dias.....	118
8.4.1 Plano de ação por iniciativa.....	118
8.4.2 Equipa e responsabilidades.....	119
8.4.3 Gestão de dependências.....	120
8.4.4 Roadmap por horizontes temporais	121
8.4.5 Plano de arranque de 90 dias.....	122
8.5 Fase 4 - Executar: da prova de conceito ao piloto	123
8.6 Fase 5 - Avaliar, escalar, ajustar ou encerrar.....	124
8.7 Mensagens-chave do capítulo.....	126
9 Barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso	130
9.1 Barreiras à transformação digital.....	132
9.2 Riscos da transformação digital.....	133
9.2.1 Criar um registo simples de riscos	134
9.2.2 Riscos de cibersegurança e continuidade operacional.....	135
9.2.3 Riscos associados a dados, IA e automação	136
9.2.4 Riscos humanos, organizacionais e de adoção.....	137
9.2.5 Riscos de fornecedor, custo total e dependência tecnológica	138
9.2.6 Riscos de sustentabilidade e resiliência.....	139
9.3 Fatores críticos de sucesso	140
9.4 Mensagens-chave do capítulo.....	143
10 Ecossistema de apoio às PME	146
10.1 Porque é que o ecossistema é importante?.....	147
10.2 Que apoio procurar em cada fase?.....	148
10.3 Plataformas públicas, programas e redes de experimentação	149

10.4 Entidades setoriais e ecossistema regional do Tâmega e Sousa.....	152
10.5 Como escolher parceiros e preparar pedidos de apoio.....	155
10.6 Apoio financeiro: cuidados antes de candidatar	157
10.7 Mensagens-chave do capítulo.....	160
11 Conclusões e próximos passos.....	163
11.1 O percurso proposto pelo guia	164
11.2 O que a PME deve reter	165
11.3 Próximos passos recomendados.....	167
11.4 Mensagem final	168
Glossário	171
Siglas e acrónimos.....	177
Bibliografia.....	180
Anexo A - Ferramentas práticas para a transformação digital.....	186
A.1 Canvas de oportunidade digital	186
A.2 Matriz de priorização de iniciativas.....	187
A.3 Business case simplificado e TCO.....	188
A.4 Checklist de seleção de parceiro ou fornecedor.....	189
A.5 Verificação inicial de cibersegurança.....	190
A.6 Verificação inicial de dados e interoperabilidade.....	191
A.7 Checklist de sustentabilidade e resiliência.....	192
A.8 Verificação inicial para utilização de Inteligência Artificial	193
A.9 Ficha de projeto-piloto	194
A.10 Gate de decisão: avançar, rever, adiar ou encerrar	195
A.11 Checklist final de prontidão para implementação.....	196

A.12 Modelo de pedido de apoio externo.....	197
A.13 Registo simples de riscos.....	198
A.14 Autoavaliação de maturidade digital	199
Ficha Técnica	201

Índice de figuras

Figura 1: Mapa geral de utilização do guia como instrumento de decisão.....	2
Figura 2: Representação esquemática dos municípios da NUTS III Tâmega e Sousa.....	20
Figura 3: Número de estabelecimentos por atividade económica (Tâmega e Sousa, 2024).	22
Figura 4: Número de estabelecimentos da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).....	23
Figura 5: Pessoal ao serviço nas empresas da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).....	24
Figura 6: Volume de negócios das empresas da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).....	26
Figura 7: VAB das empresas da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).....	27
Figura 8: A indústria transformadora do Tâmega e Sousa em 4 números (2024).	28
Figura 9: Principais forças de mudança na indústria.....	33
Figura 10: Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0.....	39
Figura 11: Transição prática da Indústria 4.0 para 5.0.....	40
Figura 12: Da conversão digital à transformação digital.	47
Figura 13: Pilares estratégicos da transformação digital.....	49
Figura 14: Principais tecnologias para a transformação digital das PME industriais.....	61
Figura 15: Do modelo digital ao Digital Twin.....	64
Figura 16: Arquitetura simplificada de um Digital Twin.....	65
Figura 17: Dimensões de avaliação da maturidade digital.....	73
Figura 18: Dimensões e níveis de maturidade digital adotados no guia (exemplo).....	76
Figura 19: Do diagnóstico à estratégia digital.....	88
Figura 20: Roadmap por horizontes temporais.....	122
Figura 21: Barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso.....	131
Figura 22: Ecossistema de apoio à transformação digital das PME.....	148

Índice de tabelas

Tabela 1: Guia de leitura por momento de maturidade da PME.....	3
Tabela 2: Descrição da empresa fictícia MoveTec usada como exemplo transversal.	4
Tabela 3: Síntese dos principais indicadores da indústria transformadora no Tâmega e Sousa (2024).....	28
Tabela 4: Desafios críticos das PME industriais e implicações práticas para a transformação digital.....	36
Tabela 5: Oportunidades para as PME.....	42
Tabela 6: Conceitos-chave da transformação digital.....	48
Tabela 7: Síntese dos pilares estratégicos.....	55
Tabela 8: Encaminhamento das necessidades da PME para os guias temáticos.....	62
Tabela 9: Dimensões recomendadas para avaliar a maturidade digital.....	75
Tabela 10: Níveis de maturidade digital para PME industriais.....	78
Tabela 11: Etapas de diagnóstico de maturidade digital.....	80
Tabela 12: Critérios para priorizar iniciativas digitais.....	81
Tabela 13: Autoavaliação da maturidade digital.....	83
Tabela 14: Ferramenta “Canvas de visão digital”.....	89
Tabela 15: Ferramenta “Objetivos SMART e KPIs” com exemplo.....	90
Tabela 16: Ferramenta “Matriz valor × esforço” com exemplo.....	91
Tabela 17: Ferramenta “Business case simplificado e TCO”.....	93
Tabela 18: Matriz RACI simplificada.....	94
Tabela 19: Ferramenta “Gate de decisão”.....	95
Tabela 20: Ficha-padrão de caso de aplicação.....	102
Tabela 21: Casos de aplicação na metalomecânica.....	103
Tabela 22: Casos de aplicação no mobiliário, madeira e componentes.....	104
Tabela 23: Casos de aplicação no têxtil e vestuário.....	105
Tabela 24: Casos de aplicação no calçado e couro.....	107
Tabela 25: Casos de aplicação no agroalimentar.....	108

Tabela 26: Ferramenta “Matriz de adaptação do caso à PME”	109
Tabela 27: Sequência de casos para a MoveTec.	110
Tabela 28: Estrutura metodológica do roadmap.	115
Tabela 29: Confirmação do diagnóstico.....	116
Tabela 30: Priorização de iniciativas no roadmap.	117
Tabela 31: Plano de ação por iniciativa.....	119
Tabela 32: Modelo simples de governação do roadmap.	120
Tabela 33: Dependências críticas entre iniciativas digitais.....	121
Tabela 34: Plano de arranque de 90 dias.....	123
Tabela 35: Da prova de conceito à operação estabilizada.....	124
Tabela 36: Gate de avaliação do roadmap.....	125
Tabela 37: Roadmap simplificado da MoveTec.	126
Tabela 38: Barreiras típicas nas PME industriais.	132
Tabela 39: Registo simples de riscos.....	134
Tabela 40: Riscos de cibersegurança e continuidade operacional.....	135
Tabela 41: Riscos associados a dados, IA e automação.	136
Tabela 42: Riscos humanos, organizacionais e de adoção.	137
Tabela 43: Riscos de fornecedor, TCO e dependência tecnológica.....	138
Tabela 44: Riscos de sustentabilidade e resiliência.....	139
Tabela 45: Fatores críticos de sucesso.....	141
Tabela 46: Barreiras, riscos e respostas na MoveTec.	142
Tabela 47: Tipos de apoio que uma PME pode procurar.	149
Tabela 48: Plataformas públicas, programas e redes de experimentação relevantes... ..	151
Tabela 49: Quando recorrer a DIH, EDIH ou Test Beds.....	151
Tabela 50: Entidades setoriais e regionais a considerar.	154
Tabela 51: Checklist de seleção de parceiro.....	155
Tabela 52: Modelo de pedido de apoio externo.....	156
Tabela 53: Checklist antes de uma candidatura.	157
Tabela 54: Percurso de apoio externo para a MoveTec.	158
Tabela 55: Síntese do percurso do guia.	165
	15

Tabela 56: Próximos passos para a PME.....	167
Tabela 57: Glossário de conceitos-chave.....	171
Tabela 58: Siglas e acrónimos.....	177



1 Introdução

1 Introdução

Pergunta-guia

- Porque é que a transformação digital é relevante para as PME industriais do Tâmega e Sousa?

Objetivos do capítulo

- Enquadrar a transformação digital como prioridade estratégica para as PME industriais;
- Apresentar o Tâmega e Sousa como território industrial onde a digitalização pode reforçar competitividade, eficiência e resiliência;
- Evidenciar a importância da indústria transformadora na economia regional;
- Mostrar que a transformação digital deve começar por problemas concretos, dados, pessoas, riscos e decisões.

Resultado esperado

- No final do capítulo, o leitor deverá reconhecer a relevância estratégica da transformação digital para as PME industriais, compreender o contexto territorial do Tâmega e Sousa e perceber que este percurso deve ser progressivo, orientado por problemas reais e sustentado por dados, competências, indicadores e gestão de risco.

1.1 Enquadramento

A transformação digital tornou-se uma prioridade estratégica para as PME industriais, porque influencia a forma como as empresas organizam processos, usam dados, respondem a clientes, integram fornecedores, controlam custos, gerem qualidade e tomam decisões. Num contexto marcado pela pressão sobre custos, exigência de rastreabilidade, necessidade de respostas rápidas, transição energética, escassez de competências e aumento dos riscos de cibersegurança, a digitalização deixou de ser apenas uma opção tecnológica e passou a ser uma condição relevante para reforçar competitividade, eficiência e resiliência. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Nas PME industriais, este percurso é particularmente exigente, porque a adoção digital tende a ser condicionada por recursos limitados, disponibilidade de competências, capacidade financeira, qualidade dos dados e integração entre sistemas. Por isso, transformar-se digitalmente não significa substituir todos os processos existentes por tecnologia avançada, nem avançar de imediato para soluções complexas. Significa evoluir de forma progressiva, identificando problemas concretos, medindo a situação atual, envolvendo as equipas, escolhendo soluções proporcionais e avaliando resultados antes de escalar. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Perante este contexto, a digitalização pode criar oportunidades relevantes para as PME industriais: recolher dados de produção, integrar sistemas, automatizar tarefas repetitivas, antecipar falhas, reduzir desperdícios, apoiar decisões de planeamento, melhorar a manutenção, controlar energia e reforçar a comunicação entre áreas. Contudo, estas oportunidades só se traduzem em valor quando existe alinhamento com problemas reais, processos compreendidos, dados fiáveis, indicadores mensuráveis e gestão adequada dos riscos. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Assim, o ponto de partida da transformação digital não deve ser a pergunta “que tecnologia devemos comprar?”, mas sim “que problema queremos resolver, que dados

temos, que decisão queremos melhorar e como iremos medir o valor criado?”. Esta lógica permite que a PME avance com prudência, reduza desperdício de recursos e construa uma base sólida para projetos futuros, incluindo *Business Intelligence*, integração operacional, Inteligência Artificial, *Digital Twins* ou automação. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

1.2 Indústria transformadora do Tâmega e Sousa

O Tâmega e Sousa apresenta uma identidade económica fortemente associada à atividade empresarial e industrial. Integrada na Região Norte, a sub-região é constituída por 11 municípios: Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Penafiel e Resende. Esta diversidade territorial é acompanhada por uma importante base produtiva, na qual a indústria transformadora assume um papel particularmente relevante na geração de emprego, volume de negócios e valor acrescentado. [\[R7\]](#)



Figura 2: Representação esquemática dos municípios da NUTS III Tâmega e Sousa.

Fonte: elaboração própria, com base na delimitação NUTS 2024 do Instituto Nacional de Estatística. Representação sem valor cartográfico.

A estratégia de competitividade e inovação da região reconhece a importância de setores como o calçado, mobiliário, têxtil e vestuário e metalomecânica, atividades que beneficiam de conhecimento produtivo acumulado, redes empresariais e orientação para mercados externos. Este contexto reforça a necessidade de apoiar a modernização das PME industriais através de instrumentos de capacitação, inovação e transformação digital ajustados à realidade regional. [\[R7\]](#)

Os dados do Sistema de Contas Integradas das Empresas do Instituto Nacional de Estatística, referentes a 2024, permitem compreender de forma mais concreta a dimensão desta especialização industrial. A leitura conjunta dos estabelecimentos, pessoal ao serviço, volume de negócios e Valor Acrescentado Bruto mostra que a indústria transformadora tem um peso económico e social particularmente relevante no Tâmega e Sousa. [\[R8\]](#); [\[R9\]](#); [\[R10\]](#); [\[R11\]](#)

1.2.1 Uma base empresarial industrial significativa

Em 2024 existiam no Tâmega e Sousa 47 947 estabelecimentos, considerando o conjunto das atividades económicas. Destes, 5 083 estavam associados à indústria transformadora, correspondendo a aproximadamente 10,6% do total de estabelecimentos do território. [\[R8\]](#)

Número de estabelecimentos por atividade económica do Tâmega e Sousa (2024)



Figura 3: Número de estabelecimentos por atividade económica (Tâmega e Sousa, 2024).

Fonte: INE, SCIE, indicador 16806; NUTS 2024; CAE Rev. 3, secção C; período 2024; consulta em junho de 2026; cálculos próprios.

A distribuição territorial destes estabelecimentos não é homogénea. Paços de Ferreira e Felgueiras destacam-se claramente, com 1 289 e 1 275 estabelecimentos da indústria transformadora, respetivamente. Seguem-se Lousada, com 683 estabelecimentos, Penafiel, com 524, Amarante, com 427, e Marco de Canaveses, com 426. Esta concentração evidencia a existência de polos industriais relevantes no interior da própria sub-região, relacionados com especializações produtivas historicamente consolidadas.

[\[R8\]](#)

Número de estabelecimentos da indústria transformadora do Tâmega e Sousa (2024)

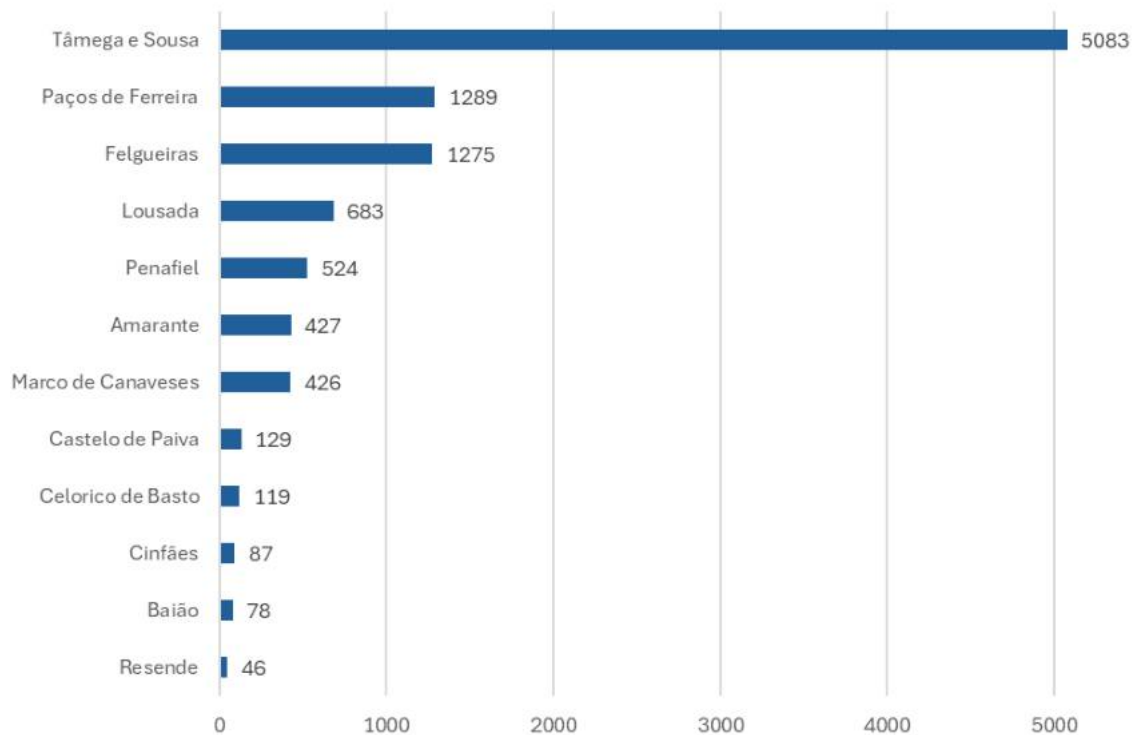


Figura 4: Número de estabelecimentos da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).

Fonte: INE, SCIE, indicador 16806; NUTS 2024; CAE Rev. 3, secção C; período 2024; consulta em junho de 2026; cálculos próprios.

Mais do que demonstrar apenas a presença de empresas industriais, estes valores permitem compreender a existência de um ecossistema produtivo com dimensão suficiente para justificar políticas, projetos e instrumentos especificamente dirigidos à sua modernização, capacitação e competitividade. [\[R7\]](#); [\[R8\]](#)

1.2.2 A indústria transformadora como motor de emprego

A importância da indústria torna-se ainda mais evidente quando se analisa o pessoal ao serviço nas empresas. Em 2024, as empresas localizadas no Tâmega e Sousa empregavam 167 492 pessoas, das quais 53 781 trabalhavam na indústria

transformadora. Isto significa que aproximadamente 32,1% do pessoal ao serviço nas empresas da região se encontrava ligado à indústria transformadora. [\[R9\]](#)

A comparação com o contexto nacional reforça a relevância deste resultado. Em Portugal, a indústria transformadora representava aproximadamente 15,1% do pessoal ao serviço nas empresas em 2024. Assim, o peso relativo da indústria transformadora no emprego empresarial do Tâmega e Sousa era mais de duas vezes superior à média nacional, constituindo um dos indicadores mais claros da especialização industrial da região. [\[R9\]](#)

No interior do Tâmega e Sousa, Felgueiras e Paços de Ferreira voltam a assumir uma posição de destaque, com 16 670 e 13 627 pessoas ao serviço na indústria transformadora, respetivamente. Em conjunto, os dois municípios representam mais de metade do emprego industrial transformador da sub-região. Lousada apresenta igualmente um peso relevante, com 6 816 trabalhadores, seguindo-se Penafiel, com 5 877, Marco de Canaveses, com 3 981, e Amarante, com 3 004. [\[R9\]](#)

Pessoal ao serviço nas empresas da indústria transformadora por município Tâmega e Sousa (2024)

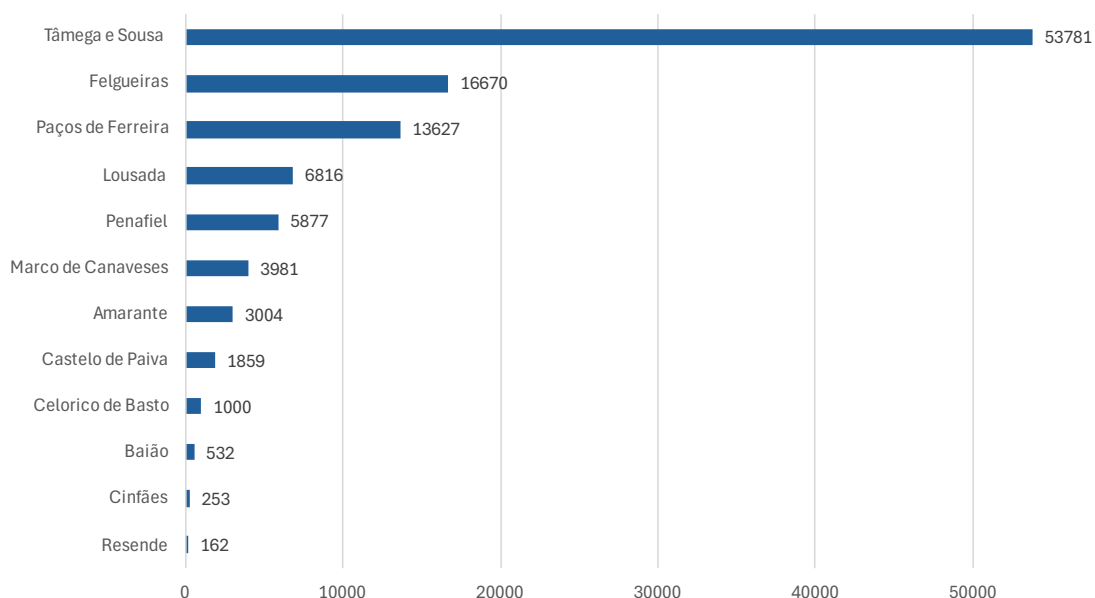


Figura 5: Pessoal ao serviço nas empresas da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).

Fonte: INE, SCIE, indicador 16761; NUTS 2024; CAE Rev. 3, secção C; período 2024; consulta em junho de 2026; cálculos próprios.

Estes números demonstram que a modernização das PME industriais possui implicações que ultrapassam a esfera individual de cada empresa. A capacidade destas organizações para se tornarem mais produtivas, competitivas e tecnologicamente preparadas tem influência direta sobre uma parte significativa do emprego e, consequentemente, sobre o desenvolvimento económico e social do território. [\[R1\]](#); [\[R7\]](#); [\[R9\]](#)

1.2.3 Uma indústria com forte expressão económica

A relevância da indústria transformadora é igualmente visível quando se analisa a sua capacidade de geração de negócio. Em 2024, o volume de negócios do conjunto das empresas do Tâmega e Sousa ascendeu a aproximadamente 12,42 mil milhões de euros. A indústria transformadora foi responsável por cerca de 3,52 mil milhões de euros, correspondendo a aproximadamente 28,4% do volume de negócios empresarial da região. [\[R10\]](#)

Uma vez mais, verifica-se uma concentração relevante da atividade industrial em determinados municípios. Felgueiras registou aproximadamente 1,23 mil milhões de euros de volume de negócios na indústria transformadora, enquanto Paços de Ferreira atingiu cerca de 913,8 milhões de euros. Seguem-se Penafiel, com aproximadamente 367,0 milhões de euros, Lousada, com 355,2 milhões, Marco de Canaveses, com 247,8 milhões, e Amarante, com 194,7 milhões. [\[R10\]](#)

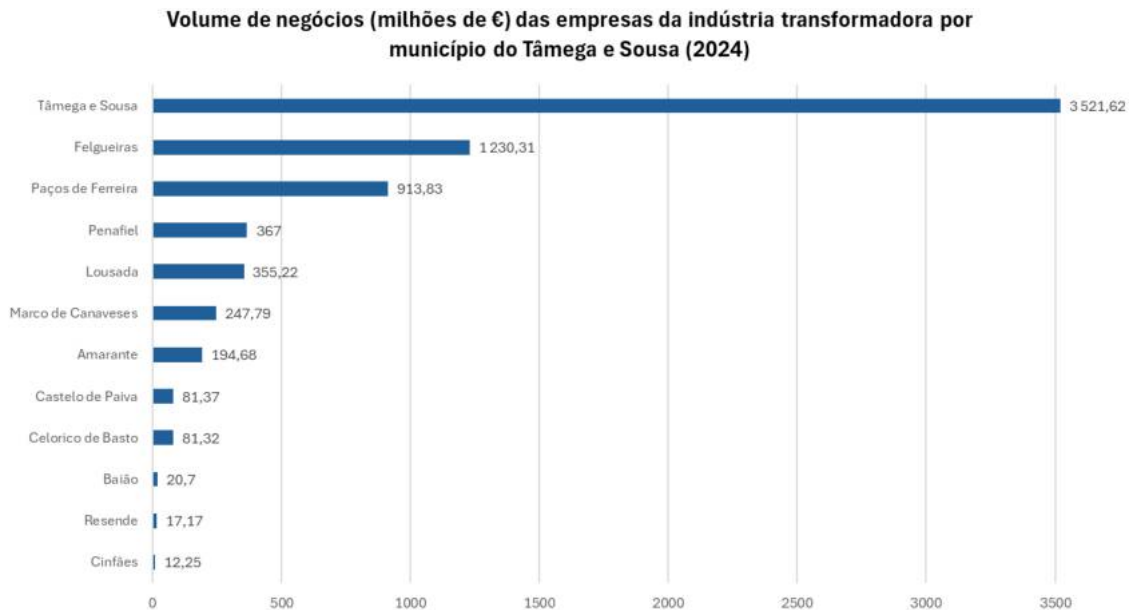


Figura 6: Volume de negócios das empresas da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).

Fonte: INE, SCIE, indicador 16762; NUTS 2024; CAE Rev. 3, secção C; período 2024; consulta em junho de 2026; cálculos próprios.

A dimensão destes valores demonstra que a competitividade industrial constitui uma questão estratégica para a economia regional. Pequenos ganhos de eficiência, produtividade, qualidade ou redução de desperdícios, quando multiplicados por milhares de estabelecimentos e por milhares de milhões de euros de atividade económica, podem traduzir-se num impacto significativo para o território. É precisamente neste domínio que a transformação digital pode assumir um papel relevante. [\[R1\]](#); [\[R7\]](#); [\[R10\]](#)

1.2.4 Criação de valor e competitividade industrial

O Valor Acrescentado Bruto (VAB) permite complementar esta análise, uma vez que representa o valor criado através da atividade produtiva depois de deduzidos os consumos intermédios utilizados no processo de produção. Em 2024, as empresas do Tâmega e Sousa geraram aproximadamente 3,86 mil milhões de euros de VAB. Deste montante, cerca de 1,26 mil milhões de euros foram gerados pela indústria

transformadora, o equivalente a aproximadamente 32,7% do VAB empresarial da região.

[\[R11\]](#)

A importância relativa da indústria na geração de valor é, portanto, superior ao seu peso no número de estabelecimentos. Enquanto a indústria transformadora representa cerca de 10,6% dos estabelecimentos, é responsável por aproximadamente 32,1% do pessoal ao serviço, 28,4% do volume de negócios e 32,7% do VAB empresarial do Tâmega e Sousa. Esta leitura conjunta constitui uma evidência particularmente importante: o peso económico da indústria transformadora é substancialmente superior ao seu peso no número total de estabelecimentos. [\[R8\]](#); [\[R9\]](#); [\[R10\]](#); [\[R11\]](#)

Também neste indicador Felgueiras e Paços de Ferreira assumem posições de destaque. Em 2024, a indústria transformadora gerou aproximadamente 403,0 milhões de euros de VAB em Felgueiras e 334,0 milhões de euros em Paços de Ferreira. Seguem-se Penafiel, com 138,4 milhões de euros, Lousada, com 128,7 milhões, Marco de Canaveses, com 102,5 milhões, e Amarante, com 75,2 milhões. [\[R11\]](#)

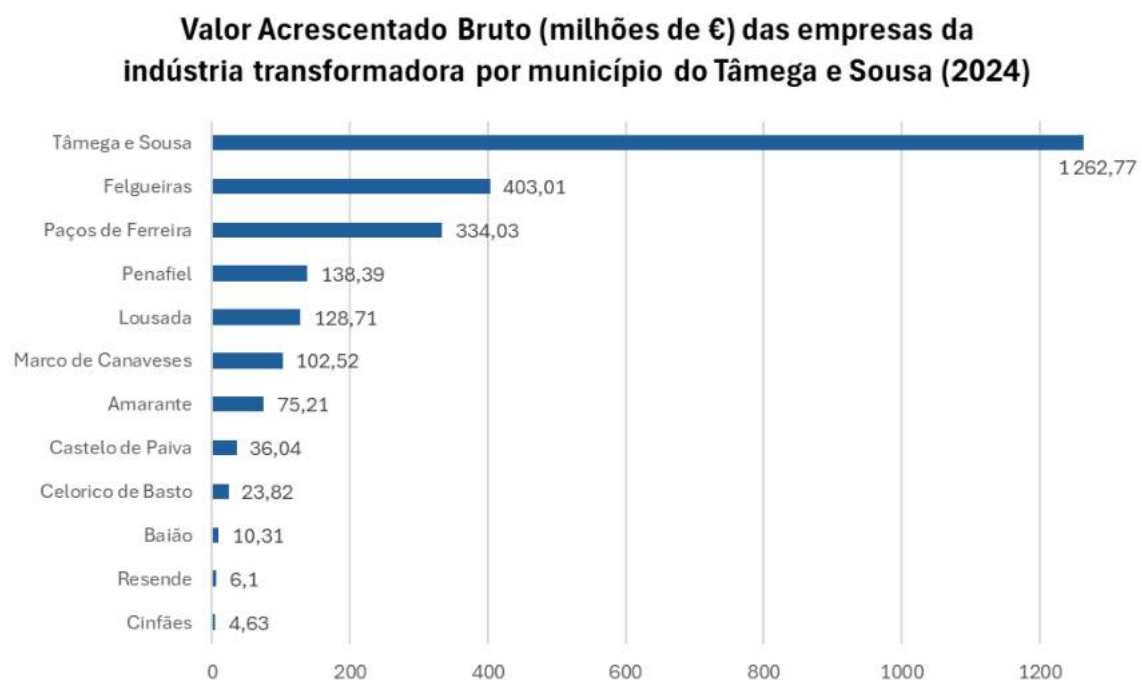


Figura 7: VAB das empresas da indústria transformadora por município (Tâmega e Sousa, 2024).

Fonte: INE, SCIE, indicador 16763; NUTS 2024; CAE Rev. 3, secção C; período 2024; consulta em junho de 2026; cálculos próprios.

1.2.5 O que os indicadores revelam sobre o Tâmega e Sousa?



Figura 8: A indústria transformadora do Tâmega e Sousa em 4 números (2024).

Fonte: INE, SCIE, indicadores 16806, 16761, 16762 e 16763; NUTS 2024; CAE Rev. 3, secção C; período 2024; consulta em junho de 2026; cálculos próprios.

Tabela 3: Síntese dos principais indicadores da indústria transformadora no Tâmega e Sousa (2024).

Indicador	Total regional	Indústria transformadora	Peso da indústria transformadora
Estabelecimentos	47 947	5 083	10,6%
Pessoal ao serviço	167 492	53 781	32,1%
Volume de negócios	12,42 mil M€	3,52 mil M€	28,4%
VAB	3,86 mil M€	1,26 mil M€	32,7%

Fonte: INE, SCIE, indicadores 16806, 16761, 16762 e 16763; NUTS 2024; CAE Rev. 3, secção C; período 2024; consulta em junho de 2026; cálculos próprios.

A análise conjunta dos quatro indicadores permite construir uma imagem clara da importância estratégica da indústria transformadora no Tâmega e Sousa: a sub-região possui uma base industrial expressiva, a indústria representa uma parcela muito relevante do emprego empresarial e existe uma significativa capacidade de geração de volume de negócios e valor acrescentado. [\[R8\]](#); [\[R9\]](#); [\[R10\]](#); [\[R11\]](#)

Estes dados permitem retirar três conclusões fundamentais. Em primeiro lugar, o Tâmega e Sousa possui uma base industrial expressiva, composta por mais de cinco mil estabelecimentos da indústria transformadora. Em segundo lugar, aproximadamente um em cada três trabalhadores ao serviço nas empresas da região está associado à indústria transformadora. Em terceiro lugar, a indústria é responsável por aproximadamente um terço do VAB empresarial da sub-região. [\[R8\]](#); [\[R9\]](#); [\[R11\]](#)

A distribuição dos indicadores demonstra ainda uma importante concentração territorial, sobretudo em Felgueiras e Paços de Ferreira, acompanhados por municípios como Lousada, Penafiel, Marco de Canaveses e Amarante. Esta estrutura resulta, em grande medida, da consolidação de atividades industriais tradicionais e de setores estratégicos como o calçado, mobiliário, têxtil e vestuário e metalomecânica, cuja competitividade futura estará crescentemente relacionada com a capacidade de incorporar inovação, tecnologia e novos modelos produtivos. [\[R7\]](#); [\[R8\]](#); [\[R9\]](#); [\[R10\]](#); [\[R11\]](#)

1.3 Mensagens-chave do capítulo

Depois de ler este capítulo, a PME deve reter três ideias. A primeira é que a transformação digital parte de problemas reais, e não da escolha imediata de tecnologia. A segunda é que o contexto territorial e setorial importa, porque influencia prioridades, recursos, competências e oportunidades. A terceira é que qualquer iniciativa digital deve ser testada com prudência, indicadores e validação das equipas. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Mensagem de fecho: antes de perguntar que tecnologia deve comprar, a PME deve perguntar que problema pretende resolver, que dados possui, que risco aceita, quem deve estar envolvido e como irá medir valor. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)



2 A nova realidade das PME industriais

2 A nova realidade das PME industriais

Pergunta-guia

- Porque está a indústria a mudar e que implicações essa mudança tem para as PME industriais?

Objetivos do capítulo

- Identificar forças de mudança que afetam a indústria: custos, energia, clientes, sustentabilidade, cadeias de valor, talento, dados e cibersegurança;
- Explicar os desafios específicos das PME industriais;
- Distinguir a lógica da Indústria 4.0 da visão da Indústria 5.0;
- Relacionar digitalização, sustentabilidade, resiliência e centralidade nas pessoas;
- Mostrar oportunidades práticas para PME portuguesas e para o Tâmega e Sousa.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá reconhecer as pressões que justificam a transformação digital e compreender que a resposta deve ser estratégica, gradual, segura e baseada em evidência.

2.1 Porque está a indústria a mudar?

A competitividade industrial já não depende apenas do preço, da capacidade produtiva ou da experiência acumulada. As empresas são hoje pressionadas a combinar eficiência, flexibilidade, qualidade, sustentabilidade, segurança, rastreabilidade e rapidez de resposta, num contexto em que clientes, custos, cadeias de abastecimento, talento, energia e tecnologia evoluem em simultâneo. Esta nova realidade exige uma utilização mais inteligente dos dados e uma maior integração entre áreas como gestão, comercial, produção, manutenção, qualidade, logística e sistemas de informação. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

A informação deixou de ser apenas um registo administrativo e passou a ser um recurso operacional. Dados sobre encomendas, produção, manutenção, qualidade, energia, stocks, prazos e clientes podem apoiar o planeamento, a monitorização, a previsão, a otimização e a demonstração de conformidade. Contudo, estes dados só criam valor quando são fiáveis, atualizados, acessíveis e utilizados em decisões reais. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Nas PME industriais, as forças de mudança raramente surgem isoladas. Um aumento do custo energético pode revelar fragilidades no planeamento; uma exigência de rastreabilidade pode expor falta de integração entre ERP, produção e qualidade; uma falha de entrega pode mostrar baixa visibilidade sobre o trabalho em curso; e a saída de um operador experiente pode evidenciar que conhecimento crítico ainda não está documentado. Por isso, a transformação digital deve começar por uma leitura integrada dos desafios da empresa, e não apenas pela escolha de uma tecnologia. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A digitalização das empresas é também uma prioridade europeia. O Programa Década Digital 2030 estabelece objetivos relacionados com o acesso das empresas a dados e a adoção de tecnologias como *cloud*, análise de dados e Inteligência Artificial, reforçando a importância de preparar as PME para utilizar tecnologia de forma segura, útil e proporcional à sua realidade. [\[R12\]](#)

Neste contexto, a cibersegurança tornou-se uma condição de base. À medida que as PME ligam sistemas, máquinas, sensores, fornecedores, *cloud* e acessos remotos, aumenta também a exposição a incidentes, perda de dados, acessos indevidos e interrupções operacionais. Assim, qualquer percurso de transformação digital deve integrar, desde o início, proteção de acessos, cópias de segurança, continuidade operacional e gestão de risco. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A mudança da indústria deve, portanto, ser entendida como uma combinação de pressões externas e fragilidades internas. A resposta das PME não deve ser reativa nem baseada em tecnologia por impulso, mas sim estratégica, gradual e orientada por evidência: compreender problemas, organizar dados, envolver pessoas, controlar riscos, testar soluções e escalar apenas quando houver valor demonstrado. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

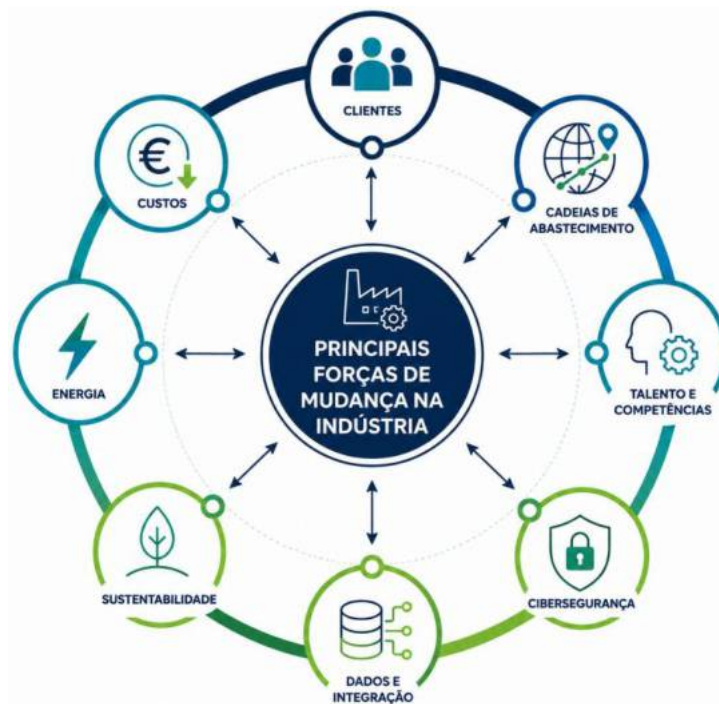


Figura 9: Principais forças de mudança na indústria.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#).

2.2 Desafios atuais das PME

As PME industriais enfrentam desafios próprios, associados à sua dimensão, aos recursos disponíveis e à sua posição nas cadeias de valor. Operam frequentemente com equipas compactas, menor disponibilidade financeira, menor acesso a competências especializadas e menor capacidade para absorver vários projetos complexos em simultâneo. Estas características não impedem a transformação digital, mas exigem escolhas mais pragmáticas, faseadas e diretamente ligadas a problemas concretos. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Um dos desafios mais relevantes é a **escassez de competências digitais**. Muitas PME dependem de pessoas-chave que conhecem bem o processo produtivo, mas nem sempre dispõem de tempo, formação ou apoio técnico para avaliar soluções digitais, interpretar dados, gerir fornecedores, integrar sistemas ou acompanhar projetos de transformação. Por isso, cada iniciativa digital deve incluir uma componente prática de capacitação das equipas. [\[R1\]](#); [\[R12\]](#)

A **pressão sobre os custos** é outro desafio central. O aumento dos custos energéticos, das matérias-primas, da logística, do retrabalho e das paragens não planeadas obriga as empresas a procurar ganhos de eficiência e a reduzir desperdícios. Neste contexto, a transformação digital deve estar ligada a indicadores concretos, como consumo energético, tempo de paragem, taxa de defeitos, desperdício, produtividade, cumprimento de prazos ou custo por unidade produzida. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A **exigência crescente dos clientes** também condiciona a atuação das PME industriais. Produtos mais personalizados, prazos de entrega mais curtos, maior transparência, rastreabilidade, qualidade consistente e demonstração de práticas sustentáveis aumentam a pressão sobre os processos produtivos. Para responder a estas exigências, a PME precisa de informação mais integrada entre comercial, planeamento, produção, qualidade, logística e gestão. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A **fragmentação dos dados e dos sistemas** é uma barreira recorrente. Muitas PME utilizam ERP, folhas de cálculo, equipamentos industriais, registos manuais, aplicações

de qualidade e ferramentas de manutenção que não comunicam entre si. Esta realidade dificulta a recolha, validação e análise de informação, criando duplicações, atrasos e decisões baseadas em versões contraditórias dos mesmos dados. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

A **cibersegurança** tornou-se um desafio crítico à medida que as empresas aumentam a conectividade. A utilização de *cloud*, acessos remotos, sensores, fornecedores externos, plataformas digitais e sistemas integrados aumenta a exposição a riscos como acessos indevidos, perda de dados, interrupções operacionais ou falhas de continuidade. Por isso, a segurança deve ser tratada antes de aumentar a conectividade, e não apenas no final dos projetos. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A **sustentabilidade** é igualmente uma exigência crescente. As PME industriais são cada vez mais chamadas a demonstrar eficiência energética, redução de desperdícios, utilização responsável de recursos, circularidade, rastreabilidade e menor impacto ambiental. A transformação digital pode apoiar esta resposta, desde que os projetos incluam indicadores ambientais e operacionais concretos, e não apenas objetivos genéricos de modernização. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#)

Outro desafio importante é a **adoção interna**. Uma solução digital pode ser tecnicamente adequada e falhar se os utilizadores não compreenderem o objetivo, não confiarem nos dados, sentirem aumento de carga administrativa ou associarem a tecnologia a controlo individual. Envolver operadores, técnicos e chefias desde o início é essencial para garantir que a solução responde à realidade do processo e é efetivamente utilizada. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#)

Por fim, muitas PME dependem de **fornecedores externos** para implementar soluções digitais. Esse apoio pode ser necessário e positivo, mas deve aumentar a autonomia da empresa. Soluções fechadas, sem documentação, sem exportação de dados, sem transferência de conhecimento ou com custos recorrentes pouco claros podem criar dependência tecnológica e limitar a evolução futura. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Tabela 4: Desafios críticos das PME industriais e implicações práticas para a transformação digital.

Desafio	Como se manifesta	Aplicação prática na PME / MoveTec
Competências limitadas	Falta de tempo, formação, perfis digitais ou apoio técnico especializado.	Começar com ferramentas simples e formação prática. Na MoveTec, produção e manutenção são formadas para interpretar <i>dashboards</i> e alertas.
Recursos financeiros limitados	Dificuldade em absorver investimentos elevados ou vários projetos em simultâneo.	Priorizar pilotos pequenos, com <i>baseline</i> e critério de escala. Na MoveTec, o piloto começa em duas máquinas críticas, não em toda a fábrica.
Pressão sobre custos e margens	Energia, matérias-primas, logística, retrabalho, desperdício e paragens.	Ligar projetos digitais a KPIs de eficiência. Na MoveTec, medem-se tempo de paragem, desperdício e consumo energético por área crítica.
Exigência dos clientes	Prazos mais curtos, personalização, transparência, rastreabilidade e qualidade consistente.	Integrar informação entre comercial, planeamento, produção, qualidade e logística. Na MoveTec, os estados das encomendas passam a ser atualizados de forma mais visível.
Dados dispersos	ERP, folhas de cálculo, máquinas, registos manuais e informação informal.	Definir dados críticos, fontes oficiais e responsáveis. Na MoveTec, são criados dados mínimos de produção antes de avançar para IA.
Sistemas não integrados	Duplicação de informação, atrasos e decisões contraditórias.	Priorizar interoperabilidade gradual. Na MoveTec, começa-se por ligar ERP, produção e qualidade através de uma tabela-mestre comum.
Cibersegurança	Acessos partilhados, cópias de segurança não testadas, fornecedores sem controlo ou <i>cloud</i> sem regras claras.	Tratar a segurança antes de aumentar a conectividade. Na MoveTec, são implementados MFA, cópias de segurança testadas e gestão de acessos antes de <i>cloud</i> /IIoT.
Sustentabilidade	Necessidade de reduzir energia, desperdício,	Medir indicadores ambientais e operacionais. Na MoveTec, o piloto

Desafio	Como se manifesta	Aplicação prática na PME / MoveTec
	emissões, retrabalho e perdas.	inclui consumo energético, desperdício de material e retrabalho.
Adoção interna	Resistência, baixa utilização, falta de confiança ou receio de controlo individual.	Envolver utilizadores e comunicar objetivos. Na MoveTec, os operadores participam na validação dos indicadores do <i>dashboard</i> .

Elaboração própria, com base em OECD, ENISA e NIST. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

2.3 Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0

A **Indústria 4.0** representa uma etapa de modernização industrial assente na digitalização, conectividade e integração dos sistemas produtivos. O conceito ganhou força a partir da iniciativa alemã *Industrie 4.0*, que enquadrou a evolução da manufatura através de sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas, dados em tempo real, automação, integração vertical e horizontal e maior ligação entre produtos, máquinas, processos e sistemas de gestão. Para as empresas industriais, esta abordagem procura tornar a produção mais eficiente, flexível, monitorizável e capaz de responder mais rapidamente às exigências do mercado. [\[R13\]](#); [\[R14\]](#)

Na prática, a Indústria 4.0 permite que máquinas, equipamentos, sistemas e pessoas possam gerar e utilizar dados úteis para acompanhar a produção, reduzir paragens, melhorar a qualidade, otimizar recursos, prever falhas e apoiar decisões operacionais. Numa PME industrial, esta lógica não tem de começar por soluções complexas: pode iniciar-se com recolha estruturada de dados de máquinas, *dashboards* de produção, integração gradual entre ERP e chão de fábrica, monitorização energética ou registos digitais de manutenção e qualidade. [\[R1\]](#); [\[R13\]](#); [\[R14\]](#)

A **Indústria 5.0** surge como uma evolução complementar da Indústria 4.0. Não substitui a digitalização, a automação ou a análise de dados; acrescenta uma orientação mais ampla, colocando a tecnologia ao serviço das pessoas, da sustentabilidade e da resiliência. A Comissão Europeia apresenta a Indústria 5.0 como uma visão para uma

indústria europeia mais sustentável, centrada no ser humano e capaz de resistir melhor a choques, crises e mudanças nas cadeias de valor. [\[R4\]](#)

A principal diferença está na orientação adotada. Enquanto a Indústria 4.0 privilegia eficiência, conectividade, produtividade e otimização tecnológica, a Indústria 5.0 pergunta como essa base digital pode gerar valor mais equilibrado para trabalhadores, empresas, clientes, sociedade e ambiente. Isto significa que tecnologias como IA, sensores, robótica, *cloud*, automação ou *Digital Twins* devem ser avaliadas não apenas pelo retorno económico, mas também pelo seu impacto nas pessoas, na segurança, na eficiência energética, na redução de desperdício e na capacidade de adaptação da empresa. [\[R4\]](#); [\[R14\]](#)

Esta evolução não deve ser entendida como oposição entre dois modelos. A Indústria 4.0 fornece a infraestrutura digital necessária: dados, conectividade, automação, integração e sistemas inteligentes. A Indústria 5.0 orienta essa infraestrutura para objetivos mais amplos: tecnologia ao serviço das pessoas, produtividade com sustentabilidade e eficiência com resiliência. Para as PME industriais, o desafio não é escolher entre Indústria 4.0 e Indústria 5.0, mas combinar ambas de forma gradual e coerente. [\[R4\]](#); [\[R13\]](#); [\[R14\]](#)



Figura 10: Da Indústria 4.0 à Indústria 5.0.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R4\]](#); [\[R13\]](#); [\[R14\]](#).

Numa PME industrial, esta passagem pode ser muito prática. Primeiro, a empresa cria fundamentos digitais: mapeia processos, organiza dados, integra sistemas essenciais, define indicadores, melhora a cibersegurança e forma utilizadores. Depois, usa esses fundamentos para melhorar decisões, reduzir desperdício, aumentar eficiência energética, apoiar trabalhadores, reforçar rastreabilidade, preparar simulações e responder melhor a imprevistos. Assim, a transformação digital deixa de ser apenas tecnológica e passa a ser também organizacional, humana e estratégica. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Da base digital à transformação prática

Como uma PME industrial evolui passo a passo



Primeiro criar base. Depois gerar valor.

Figura 11: Transição prática da Indústria 4.0 para 5.0.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#).

Exemplo contínuo - MoveTec

No caso da MoveTec, a lógica da Indústria 4.0 aparece quando a empresa começa a recolher dados das máquinas CNC, cria *dashboards* de produção, normaliza registos de manutenção e liga informação entre ERP, produção e qualidade. A lógica da Indústria 5.0 surge quando esses dados são usados para reduzir esforço desnecessário dos operadores, melhorar o planeamento, diminuir desperdício de material, controlar consumo energético, aumentar a segurança e tornar a empresa mais resiliente perante atrasos, avarias ou alterações de encomenda. [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

Mensagem-chave: A Indústria 4.0 ajuda a PME a tornar-se mais conectada, digital e eficiente; a Indústria 5.0 ajuda a garantir que essa digitalização cria valor para as pessoas, para a sustentabilidade e para a resiliência da empresa. O caminho mais

adequado para as PME industriais é evoluir por etapas: primeiro criar bases digitais sólidas, depois orientar essas capacidades para decisões mais responsáveis, seguras e sustentáveis. [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

2.4 Oportunidades para as PME portuguesas e para o Tâmega e Sousa

A transformação digital representa uma oportunidade concreta para as PME industriais quando é aplicada a problemas reais, como produtividade, custos, qualidade, prazos, rastreabilidade, energia, desperdício, segurança e capacidade de decisão. Para as PME portuguesas, o desafio não está apenas em adotar tecnologia, mas em usar dados, competências, financiamento e apoio externo para criar valor de forma proporcional à sua dimensão e maturidade. [\[R1\]](#)

Estas oportunidades estão alinhadas com prioridades nacionais e europeias. A Década Digital 2030 incentiva a adoção de tecnologias como *cloud*, análise de dados e Inteligência Artificial, enquanto a Estratégia Digital Nacional define metas para aumentar a intensidade digital das PME portuguesas. Este enquadramento reforça a importância de preparar as empresas para digitalizar com utilidade, segurança e impacto mensurável. [\[R12\]](#); [\[R15\]](#)

No Tâmega e Sousa, a oportunidade é particularmente relevante pelo peso da indústria transformadora. De acordo com os dados do INE analisados na secção 1.2, este setor representa 10,6% dos estabelecimentos, mas concentra 32,1% do pessoal ao serviço, 28,4% do volume de negócios e 32,7% do Valor Acrescentado Bruto da sub-região. Estes valores mostram que a indústria transformadora tem um papel central na criação de emprego e valor económico no território. [\[R8\]](#); [\[R9\]](#); [\[R10\]](#); [\[R11\]](#)

A análise territorial mostra ainda uma concentração relevante em municípios como Felgueiras e Paços de Ferreira, com destaque também para Lousada, Penafiel, Marco de Canaveses, Amarante e Castelo de Paiva em diferentes indicadores. Esta distribuição

reforça a necessidade de adaptar a transformação digital à realidade produtiva de cada município e das empresas que compõem o tecido industrial regional. [\[R7\]](#); [\[R8\]](#); [\[R9\]](#); [\[R10\]](#); [\[R11\]](#)

As principais oportunidades passam por aumentar a visibilidade operacional, reduzir desperdícios, melhorar a gestão de custos, reforçar qualidade e rastreabilidade, apoiar a sustentabilidade, proteger sistemas e preparar tecnologias mais avançadas, como IA, *Digital Twins*, simulação ou automação. No entanto, estas tecnologias devem ser introduzidas de forma gradual, depois de existirem dados mínimos, processos compreendidos, equipas envolvidas e riscos controlados. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R12\]](#); [\[R16\]](#); [\[R17\]](#); [\[R18\]](#)

Tabela 5: Oportunidades para as PME.

Oportunidade	Aplicação prática na PME	Condição mínima
Visibilidade operacional	<i>Dashboards</i> de produção, WIP, paragens, energia e qualidade.	Dados atualizados e responsáveis definidos.
Eficiência e custos	Redução de desperdício, retrabalho, consumo energético e <i>downtime</i> .	<i>Baseline</i> e KPIs de eficiência.
Qualidade e rastreabilidade	Ligação entre encomendas, materiais, lotes, operações e controlo de qualidade.	Códigos, registos e regras de qualidade.
Sustentabilidade	Medição de energia, materiais, perdas e retrabalho.	Indicadores ambientais e operacionais simples.
Competências digitais	Formação em dados, <i>dashboards</i> , segurança e melhoria contínua.	Capacitação prática associada ao projeto.
Cibersegurança	Controlo de acessos, MFA, cópias de segurança, fornecedores e continuidade.	Medidas mínimas antes de aumentar a conectividade.
IA e <i>Digital Twins</i>	Previsão de falhas, simulação de capacidade e apoio ao planeamento.	Dados fiáveis, processos mapeados e validação humana.
Apoio externo	Utilização de hubs, centros tecnológicos, consultores e incentivos.	Problema, <i>baseline</i> e objetivo claros.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R16\]](#); [\[R17\]](#); [\[R18\]](#).

Para as PME industriais do Tâmega e Sousa, a transformação digital deve começar por iniciativas simples e úteis: escolher um problema prioritário, medir a situação atual, organizar dados, envolver equipas, testar soluções em pequena escala e escalar apenas quando houver evidência de valor. Assim, a digitalização deixa de ser apenas um custo tecnológico e passa a ser um instrumento de competitividade regional. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R7\]](#)

2.5 Mensagens-chave do capítulo

Exemplo contínuo - MoveTec

No caso da MoveTec, as oportunidades de transformação digital não começam pela adoção imediata de tecnologias avançadas. A empresa identifica primeiro problemas concretos: baixa visibilidade sobre o trabalho em curso, paragens em máquinas críticas, desperdício de material e dificuldade em prever prazos de entrega. A partir daí, define um percurso gradual: criar indicadores de produção, normalizar dados de manutenção, medir desperdício e consumo energético, envolver operadores e testar um *dashboard* simples antes de avançar para IA ou *Digital Twins*. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Mensagem-chave: As PME portuguesas e, em particular, as PME industriais do Tâmega e Sousa têm uma oportunidade concreta: usar a transformação digital para reforçar produtividade, qualidade, rastreabilidade, sustentabilidade, segurança e capacidade de decisão. O ponto de partida deve ser simples e pragmático: escolher um problema relevante, medir a *baseline*, organizar dados, testar em pequena escala e escalar apenas quando houver valor demonstrado. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R7\]](#)



3 Compreender a transformação digital

3 Compreender a transformação digital

Pergunta-guia

- O que significa transformar digitalmente uma PME industrial e como distinguir conversão digital, digitalização, transição digital e transformação digital?

Objetivos do capítulo

- Clarificar os conceitos de conversão digital, digitalização, transição digital e transformação digital;
- Mostrar que nem toda a adoção de tecnologia representa verdadeira transformação;
- Explicar como a transformação digital altera decisões, processos, responsabilidades e criação de valor;
- Identificar os pilares organizacionais que sustentam a transformação digital;
- Reforçar a importância da liderança, dos dados, da interoperabilidade, da cibersegurança, da sustentabilidade e das parcerias;
- Propor uma sequência simples para passar de problemas concretos a valor mensurável.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir avaliar se uma iniciativa é apenas uma digitalização pontual ou se contribui para transformar decisões, processos, dados, pessoas, riscos e criação de valor. Deverá também identificar fragilidades organizacionais e perceber que bases deve reforçar antes de avançar para a IA, *Digital Twins*, automação ou integração operacional.

3.1 Conceitos fundamentais

A transformação digital deve ser entendida como um percurso de melhoria contínua, e não como uma ação isolada. Numa PME industrial, esse percurso pode começar pela conversão de informação para formato digital, avançar para a digitalização de processos, evoluir para uma transição digital mais estruturada e, finalmente, transformar a forma como a empresa cria valor, toma decisões, organiza recursos e se relaciona com clientes, fornecedores e trabalhadores. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A **conversão digital** da informação corresponde à passagem de dados, documentos ou registos físicos para formato digital. Exemplos simples incluem digitalizar fichas técnicas, substituir formulários em papel por ficheiros digitais, arquivar manuais em formato eletrónico ou registar ocorrências de produção numa folha digital. Esta etapa facilita o acesso e a conservação da informação, mas, por si só, não altera necessariamente o processo produtivo nem a forma como a empresa decide. [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A **digitalização** de processos acontece quando a empresa usa tecnologias digitais para executar, monitorizar ou melhorar atividades existentes. Por exemplo, um *dashboard* de produção, uma ordem de trabalho digital, um registo de manutenção em tablet ou uma ligação entre ERP e produção podem reduzir erros, atrasos e duplicações. No entanto, a digitalização só gera valor quando está ligada a objetivos, indicadores, utilizados res e decisões concretas. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

A **transição digital** pode ser entendida como o processo gradual através do qual a empresa organiza dados, integra sistemas, desenvolve competências, reforça a cibersegurança e introduz tecnologias de forma faseada. Para uma PME industrial, esta transição deve ser proporcional à sua maturidade, aos seus recursos e aos seus problemas prioritários, evitando saltos tecnológicos sem bases organizacionais suficientes. [\[R1\]](#); [\[R6\]](#); [\[R12\]](#)

A **transformação digital** é mais profunda do que digitalizar informação ou automatizar tarefas. Acontece quando as tecnologias digitais alteram a forma como a empresa cria

valor, define prioridades, gere processos, toma decisões, interage com clientes e fornecedores, envolve trabalhadores e desenvolve novas capacidades internas. A literatura académica associa a transformação digital a mudanças organizacionais, estratégicas e operacionais resultantes da utilização combinada de tecnologias digitais. [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Para uma PME industrial, a diferença prática entre digitalizar e transformar está no impacto sobre a decisão. Digitalizar uma ficha de produção pode melhorar o arquivo; transformar digitalmente o processo significa usar essa informação para medir tempos, identificar atrasos, reduzir desperdício, melhorar planeamento, apoiar manutenção e decidir com base em dados. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Evolução digital numa PME industrial



Figura 12: Da conversão digital à transformação digital.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#).

Tabela 6: Conceitos-chave da transformação digital.

Conceito	O que significa	Exemplo MoveTec	Limitação se ficar só nesta etapa
Conversão digital da informação	Passar informação física ou analógica para formato digital.	Digitalizar fichas técnicas, manuais ou registos de produção.	A informação fica acessível, mas pode não ser usada para decidir.
Digitalização de processos	Usar ferramentas digitais para executar ou monitorizar atividades.	Registo digital de paragens, <i>dashboard</i> de produção ou ordem de trabalho digital.	Pode apenas tornar digital um processo pouco eficiente.
Transição digital	Evoluir gradualmente em dados, sistemas, competências e segurança.	Integrar ERP, produção, manutenção e qualidade por fases.	Pode ficar fragmentada se não houver estratégia.
Transformação digital	Alterar decisões, processos, responsabilidades e criação de valor.	Planeamento com dados, IA validada, <i>Digital Twin</i> progressivo e melhoria contínua.	Exige governação, pessoas, dados fiáveis e mudança organizacional.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#).

A transformação digital deve, por isso, começar por uma pergunta simples: que problema queremos resolver e que decisão queremos melhorar? Esta pergunta evita que a PME escolha tecnologia apenas por tendência, pressão comercial ou disponibilidade de financiamento, ajudando-a a ligar qualquer iniciativa digital a valor mensurável. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Exemplo contínuo - MoveTec

Na MoveTec, a equipa começou por digitalizar registos de produção que estavam em papel. Esta ação melhorou o acesso à informação, mas ainda não transformou a empresa. O salto qualitativo acontece quando esses dados passam a ser usados para identificar atrasos, comparar tempos reais com tempos planeados, reduzir desperdício e apoiar decisões de produção e manutenção. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

3.2 Os pilares estratégicos da transformação digital

A transformação digital não depende apenas da adoção de tecnologia. Para gerar valor real, deve ser suportada por capacidades organizacionais: liderança, cultura, estratégia, governação, pessoas, processos, dados, segurança, sustentabilidade e parcerias. Sem estes elementos, as soluções digitais tendem a ficar isoladas, pouco utilizadas ou desligadas dos objetivos do negócio. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)



Figura 13: Pilares estratégicos da transformação digital.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#).

Nas PME industriais, esta abordagem integrada é particularmente importante. A dimensão reduzida das equipas, a pressão operacional diária, os recursos limitados e a dependência de conhecimento tácito exigem escolhas claras, proporcionais e orientadas por evidência. Por isso, os pilares estratégicos devem funcionar como critérios de decisão antes de avançar para projetos mais exigentes, como Inteligência Artificial, *Digital Twins*, integração operacional, automação ou *Business Intelligence*. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R19\]](#)

A lógica é simples: antes de escolher ferramentas, a PME deve garantir que tem direção, responsabilidades, processos compreendidos, dados fiáveis, segurança mínima e capacidade de trabalhar com parceiros sem perder autonomia. A tecnologia continua a ser essencial, mas só cria impacto quando está ligada a pessoas, processos, dados, risco e objetivos concretos. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

3.2.1 Liderança e cultura

A liderança é o ponto de partida da transformação digital. Numa PME industrial, a gestão de topo tem um papel direto na definição de prioridades, na mobilização das equipas e na criação de confiança em torno da mudança. Quando a transformação digital é vista apenas como um projeto tecnológico ou como responsabilidade exclusiva da área informática, tende a perder força, continuidade e adesão. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#)

Uma cultura favorável à transformação digital deve incentivar aprendizagem, colaboração e melhoria contínua. Isto não significa aceitar qualquer tecnologia sem avaliação crítica; significa criar um ambiente onde as equipas podem identificar problemas, propor melhorias, testar soluções, medir resultados e aprender com erros controlados. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#)

Na prática, a liderança deve responder a três perguntas essenciais: por que razão a empresa quer transformar-se digitalmente, que problemas pretende resolver primeiro e quem tem responsabilidade por conduzir a mudança. Sem esta clareza, os projetos digitais podem dispersar-se em iniciativas avulsas, difíceis de medir e de sustentar. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

A relação com a transformação digital é direta: tecnologias como IA, *Digital Twins*, sensores ou *dashboards* só criam valor quando existe uma liderança capaz de definir propósito, comunicar prioridades, envolver utilizadores e sustentar decisões ao longo do tempo. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R19\]](#)

Exemplo contínuo - MoveTec

Na MoveTec, a gestão comunica que o primeiro piloto digital não tem como objetivo vigiar operadores, mas reduzir paragens, retrabalho e decisões tomadas sem dados. Esta mensagem ajuda a criar confiança, reduz resistência à mudança e reforça a ideia de que a digitalização deve apoiar as equipas. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#)

Mensagem-chave: A liderança deve transformar a digitalização numa prioridade de gestão, e não apenas numa iniciativa técnica. Para isso, deve nomear responsáveis, comunicar objetivos, acompanhar resultados e reconhecer o contributo das equipas envolvidas. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

3.2.2 Estratégia e governação

A estratégia digital define o rumo; a governação define como esse rumo é executado, acompanhado e corrigido. Uma PME pode ter várias oportunidades digitais — automatizar uma tarefa, instalar sensores, criar *dashboards*, integrar sistemas, testar IA ou desenvolver um *Digital Twin* — mas não deve avançar com todas ao mesmo tempo. A estratégia ajuda a escolher prioridades; a governação garante que essas escolhas têm responsáveis, critérios e recursos. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Uma estratégia digital deve estar ligada aos objetivos do negócio. Pode visar reduzir desperdício, melhorar prazos de entrega, aumentar qualidade, reforçar rastreabilidade, diminuir consumo energético ou apoiar decisões de planeamento. O importante é que cada iniciativa tenha relação clara com um problema concreto e um indicador de sucesso. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

A governação evita que os projetos digitais fiquem dependentes de entusiasmo inicial ou de fornecedores externos. Deve clarificar quem decide, quem executa, quem valida os dados, quem aprova investimento, quem acompanha riscos e quem decide se um piloto deve ser escalado, ajustado ou encerrado. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Em contexto de transformação digital, estratégia e governação funcionam como filtros. A empresa deixa de perguntar apenas “que tecnologia devemos comprar?” e passa a perguntar “que problema queremos resolver, que valor esperamos criar, que dados temos, que risco aceitamos e quem será responsável pelo resultado?”. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R6\]](#)

Mensagem-chave: Antes de iniciar qualquer projeto digital, a PME deve definir objetivo, indicador, responsável, orçamento, prazo, riscos, critérios de decisão e forma de acompanhamento. Uma iniciativa sem dono, sem métrica e sem critério de decisão dificilmente deve avançar. [\[R1\]](#); [\[R6\]](#)

3.2.3 Pessoas, processos e melhoria contínua

A transformação digital acontece através das pessoas e dos processos. A tecnologia pode acelerar tarefas, recolher dados ou apoiar decisões, mas são as equipas que interpretam resultados, ajustam rotinas e integram novas práticas no funcionamento diário da empresa. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#)

Nas PME industriais, muitos processos dependem de conhecimento tácito acumulado por operadores, responsáveis de produção, manutenção, qualidade ou planeamento. Este conhecimento é valioso e deve ser incorporado na transformação digital. Digitalizar sem ouvir quem executa o processo pode gerar soluções pouco úteis, rejeitadas pelos utilizadores ou incapazes de representar a realidade operacional. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#)

Antes de automatizar ou introduzir tecnologia avançada, a empresa deve compreender como o processo funciona hoje: onde começam os atrasos, onde surgem perdas, que exceções existem, que dados são registados, que decisões são tomadas e que informação chega tarde ou incompleta. Só depois faz sentido decidir se a resposta passa por sensores, ERP/MES, *dashboards*, IA, *Digital Twin* ou outra solução. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R19\]](#)

A melhoria contínua é o mecanismo que permite transformar pilotos em aprendizagem. Cada projeto deve gerar evidências: o que funcionou, o que falhou, que dados faltaram, que utilizadores tiveram dificuldade, que benefícios foram medidos e que condições são necessárias para escalar. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Exemplo contínuo - MoveTec

Na MoveTec, a equipa percebe que os atrasos não resultam apenas da capacidade da linha de corte. Muitas alterações comerciais entram tarde no sistema e não são comunicadas à produção em tempo útil. A solução digital passa a incluir regras de comunicação, alertas e responsabilidades, e não apenas um novo *dashboard*. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Mensagem-chave: A PME deve mapear processos antes de digitalizar, envolver os utilizadores desde o início e rever continuamente os resultados. Digitalizar um processo mal compreendido apenas acelera problemas existentes. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#)

3.2.4 Dados, tecnologia e interoperabilidade

Os dados são a matéria-prima da transformação digital. Sem dados fiáveis, atualizados e compreendidos, tecnologias como IA, *Digital Twins*, *Business Intelligence* ou manutenção preditiva tornam-se frágeis. A empresa pode ter muitos ficheiros, sistemas e registos, mas isso não significa que tenha dados prontos para apoiar decisões. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#)

A tecnologia deve ser escolhida em função da sua utilidade para o negócio e da capacidade da empresa para a integrar. ERP, MES, sensores, *cloud*, plataformas de dados, sistemas de qualidade ou ferramentas de manutenção devem comunicar entre si sempre que necessário. Quando os sistemas não são interoperáveis, surgem duplicações, erros, atrasos e versões contraditórias da mesma informação. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Para uma PME, a arquitetura digital não precisa de ser complexa. Deve ser clara, segura e evolutiva. O primeiro passo pode ser identificar que sistemas existem, que dados cada um contém, quem os atualiza, que campos são críticos e onde existem duplicações. A partir daí, a empresa pode definir integrações simples, regras de qualidade de dados e indicadores partilhados. [\[R1\]](#); [\[R6\]](#)

A interoperabilidade é especialmente importante quando a empresa pretende avançar para tecnologias mais sofisticadas. Um modelo de IA precisa de dados consistentes; um *Digital Twin* precisa de representação digital e dados atualizados; um *dashboard* precisa de fontes fiáveis; uma solução de rastreabilidade precisa de ligação entre encomendas, lotes, materiais e operações. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#)

Mensagem-chave: Antes de investir em tecnologia avançada, a PME deve garantir uma base mínima: inventário de sistemas, dados críticos identificados, responsáveis pelos dados, regras de qualidade, integração prioritária e mecanismos de segurança. [\[R1\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

3.2.5 Cibersegurança, sustentabilidade e parcerias

A transformação digital aumenta a conectividade da empresa e, com ela, a exposição a riscos. Ligar máquinas, sensores, sistemas de gestão, fornecedores, *cloud* e acessos remotos pode criar valor, mas também exige proteção. A cibersegurança deve ser tratada como condição de base, não como etapa posterior. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Para uma PME industrial, a cibersegurança não precisa de começar por soluções complexas. Deve começar por controlos essenciais: autenticação multifator, gestão de acessos, cópias de segurança testadas, atualização de sistemas, segmentação básica entre redes, regras para fornecedores e plano simples de resposta a incidentes. Estes controlos reduzem risco e criam confiança para avançar com digitalização. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A sustentabilidade deve também ser integrada nos critérios de decisão. Projetos digitais não devem ser avaliados apenas por produtividade ou custo. Devem considerar energia, desperdício, emissões, utilização de materiais, retrabalho, deslocações evitadas e capacidade de demonstrar responsabilidade ambiental e social. Esta perspetiva é coerente com a evolução da Indústria 5.0, que valoriza competitividade, centralidade nas pessoas, sustentabilidade e resiliência. [\[R4\]](#)

As parcerias completam este pilar. As PME industriais raramente dispõem internamente de todas as competências necessárias para diagnosticar, implementar, proteger e escalar soluções digitais. O apoio de associações empresariais, instituições de ensino superior, centros tecnológicos, fornecedores, *European Digital Innovation Hubs*, CoLAB ou programas de capacitação pode acelerar aprendizagem e reduzir risco. Contudo, uma boa parceria deve aumentar a autonomia da empresa, não criar dependência excessiva. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#)

Exemplo contínuo - MoveTec

Antes de ligar sensores à *cloud*, a MoveTec ativa a autenticação multifator, define perfis de acesso, testa cópias de segurança e clarifica quem pode aceder aos dados. Em paralelo, inclui indicadores de energia e desperdício no piloto, para medir benefícios operacionais e ambientais. [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Mensagem-chave: Cada projeto digital deve responder a três perguntas adicionais: está seguro, contribui para a sustentabilidade e reforça a capacidade interna da empresa? Se a resposta for negativa, o projeto deve ser ajustado antes de avançar.

[\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R6\]](#)

Tabela 7: Síntese dos pilares estratégicos.

Pilar	O que significa na prática	Situação na MoveTec	Decisão prática
Liderança e cultura	A gestão define propósito, prioridades e confiança na mudança.	A empresa comunica que o piloto digital serve para reduzir paragens e melhorar decisões, não para vigiar pessoas.	Nomear responsável executivo interno e comunicar o objetivo do projeto às equipas.
Estratégia, valor e governação	Cada iniciativa tem objetivo, KPI, responsável, orçamento, risco e critério de decisão.	A empresa seleciona apenas projetos ligados a prazos, desperdício, manutenção e energia.	Criar portefólio digital e aprovar critérios de priorização.
Pessoas, processos e melhoria contínua	Os processos são compreendidos antes de serem digitalizados e os utilizadores participam na solução.	A empresa identifica que parte dos atrasos resulta de alterações comerciais tardias.	Mapear processo crítico e envolver produção, comercial, qualidade e manutenção.
Dados, tecnologia e interoperabilidade	Sistemas, dados e equipamentos devem comunicar de forma fiável, segura e útil.	A empresa tem ERP básico, folhas de cálculo e máquinas CNC com dados exportáveis, mas pouca integração.	Definir dados mínimos, responsáveis e primeira integração prioritária.
Cibersegurança, sustentabilidade e parcerias	A digitalização deve proteger dados, reduzir riscos, medir impacto ambiental e mobilizar apoio externo adequado.	A empresa reforça acessos, cópias de segurança e indicadores de energia antes de escalar sensores e <i>cloud</i> .	Aplicar uma <i>checklist</i> de segurança, sustentabilidade e seleção de parceiros antes do piloto.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#); [\[R19\]](#).

Em conjunto, estes cinco pilares ajudam a PME a preparar uma transformação digital realista e sustentável. A tecnologia continua a ser essencial, mas só cria valor quando está alinhada com liderança, estratégia, pessoas, processos, dados, segurança, sustentabilidade e capacidade de execução. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

3.3 Mensagens-chave do capítulo

A transformação digital é um percurso progressivo. Converter informação para formato digital ou digitalizar um processo pode representar um primeiro avanço, mas a verdadeira transformação acontece quando os dados e as tecnologias passam a alterar decisões, processos, responsabilidades e formas de criação de valor. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Nem toda a adoção de tecnologia representa transformação digital. Uma nova ferramenta só cria valor quando responde a um problema concreto, melhora uma decisão ou um processo e produz resultados que podem ser acompanhados através de indicadores. A pergunta de partida deve ser, por isso, “que problema queremos resolver e que decisão queremos melhorar?”. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A transformação digital depende de cinco pilares interdependentes: liderança e cultura; estratégia e governação; pessoas, processos e melhoria contínua; dados, tecnologia e interoperabilidade; e cibersegurança, sustentabilidade e parcerias. A fragilidade de um destes pilares pode limitar o impacto dos restantes. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Para uma PME industrial, avançar de forma sustentável implica criar bases antes de aumentar a complexidade tecnológica. Processos compreendidos, responsabilidades definidas, dados fiáveis, utilizadores envolvidos, interoperabilidade e segurança mínima devem anteceder projetos mais exigentes, como Inteligência Artificial, *Digital Twins*, integração operacional ou automação. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

A tecnologia deve, portanto, ser entendida como um meio e não como um fim. O objetivo é tornar a empresa mais capaz de decidir, aprender, melhorar processos,

controlar riscos e criar valor de forma contínua, envolvendo simultaneamente gestão, trabalhadores, dados, tecnologia e parceiros. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

Mensagem de fecho: Transformar digitalmente uma PME industrial não é simplesmente substituir papel por ferramentas digitais ou adquirir tecnologia mais avançada. É ligar problemas, pessoas, processos, dados, tecnologia e risco para melhorar decisões e criar valor mensurável. O percurso deve ser gradual, integrado e proporcional à maturidade da empresa. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)



4 Tecnologias que apoiam a transformação digital das PME industriais

4 Tecnologias que apoiam a transformação digital das PME industriais

Pergunta-guia

- Como pode uma PME industrial identificar as tecnologias mais adequadas às suas necessidades sem antecipar decisões de implementação ou investimento?

Objetivos do capítulo

- Compreender que a escolha tecnológica deve partir de um problema, necessidade ou decisão concreta da empresa;
- Apresentar uma visão transversal das principais tecnologias relevantes para a transformação digital das PME industriais;
- Clarificar a importância dos dados, interoperabilidade, cibersegurança, competências e governação como condições transversais à adoção tecnológica;
- Apoiar a PME na seleção das tecnologias mais adequadas ao seu nível de maturidade, contexto operacional e objetivos de negócio.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir reconhecer as principais famílias tecnológicas relevantes para a sua realidade, compreender a sua função e requisitos de adoção, distinguir tecnologias complementares e relacionar cada solução com problemas, dados, processos, riscos e resultados esperados, evitando decisões de investimento desarticuladas da estratégia e da maturidade digital da empresa.

A escolha de tecnologia deve ocorrer depois de a PME definir o problema, a decisão a apoiar, os dados necessários, os utilizadores, os riscos e o indicador de resultado. Este capítulo apresenta uma leitura transversal das principais famílias tecnológicas e das condições mínimas de adoção. A aplicação técnica, a implementação, a segurança e os exemplos especializados são desenvolvidos nos restantes guias da coleção. [\[R1\]; \[R20\]](#)



Figura 14: Principais tecnologias para a transformação digital das PME industriais.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]; \[R20\]; \[R21\]; \[R26\]; \[R28\]; \[R29\]; \[R49\]; \[R50\]; \[R51\]; \[R53\]; \[R56\]](#).

4.1 Escolher a tecnologia a partir da necessidade

Uma tecnologia só deve avançar quando existir correspondência clara entre a necessidade da PME, as condições mínimas e o resultado esperado. A tabela seguinte encaminha cada necessidade para o guia temático adequado. [\[R1\]; \[R20\]](#)

Tabela 8: Encaminhamento das necessidades da PME para os guias temáticos.

Necessidade da PME	Condições mínimas	Guia seguinte
Proteger sistemas, dados e continuidade operacional	Inventário, responsabilidades, acessos, cópias de segurança e avaliação de risco	Guia 2 - Cibersegurança
Apoiar previsão, classificação, deteção ou geração de conteúdos	Problema definido, dados adequados, validação humana, indicador e governação	Guia 3 - IA
Analisar mercados, concorrência ou grandes volumes de dados	Fontes lícitas, qualidade, contexto, competências analíticas e decisão associada	Guia 4 - <i>Big Data</i> / inteligência competitiva
Usar aplicações e capacidade computacional escalável	Requisitos de serviço, segurança, custo total, portabilidade e plano de saída	Guia 5 - Nuvem
Produzir protótipos, auxiliares ou pequenas séries	Adequação do processo, material, qualidade, custo e requisitos aplicáveis	Guia 6 - Manufatura aditiva
Apoiar formação, assistência remota ou simulação imersiva	Caso de uso, ergonomia, conteúdo atualizado, aceitação e segurança	Guia 7 - RA/RV
Partilhar registos verificáveis entre várias entidades	Problema de confiança distribuída, governação, identidade, interoperabilidade e comparação com bases de dados convencionais	Guia 8 - <i>Blockchain</i>
Automatizar tarefas com interação próxima de pessoas	Processo estável, volume, avaliação de riscos, integração e manutenção	Guia 9 - Robótica colaborativa
Melhorar qualidade, integração e uso de dados industriais	Proprietários dos dados, modelos, qualidade, interoperabilidade, segurança e ciclo de vida	Guia 10 - Dados industriais

Fonte: elaboração própria

4.2 Leitura transversal das principais tecnologias

4.2.1 *Digital Twins*: enquadramento transversal

Um *Digital Twin* ou Gémeo Digital é uma representação virtual integrada e orientada por dados de uma entidade ou processo do mundo real, com interação sincronizada a uma frequência e fidelidade definidas. Em contexto industrial, esta sincronização permite representar o estado atual, relacionar dados históricos e operacionais e, quando o modelo o suporta, testar cenários futuros para apoiar monitorização, diagnóstico, simulação, previsão e otimização. O elemento distintivo não é apenas existir uma representação 3D ou um *dashboard*, mas haver ligação coerente entre o sistema real, os dados e os modelos digitais. [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R27\]](#); [\[R58\]](#)

Para uma PME, é importante distinguir níveis de representação. Um **modelo digital** pode descrever uma máquina, linha ou processo sem sincronização automática com o mundo real. Um **protótipo de *Digital Twin*** pode combinar dados e modelos para simular cenários antes de existir integração operacional completa. Só quando a representação está integrada com fontes reais e existe interação sincronizada, segundo requisitos definidos de frequência e fidelidade, deve ser tratada como ***Digital Twin***. Esta distinção evita classificar como “*Digital Twin*” qualquer modelo 3D, *dashboard* ou simulação isolada. [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R58\]](#)

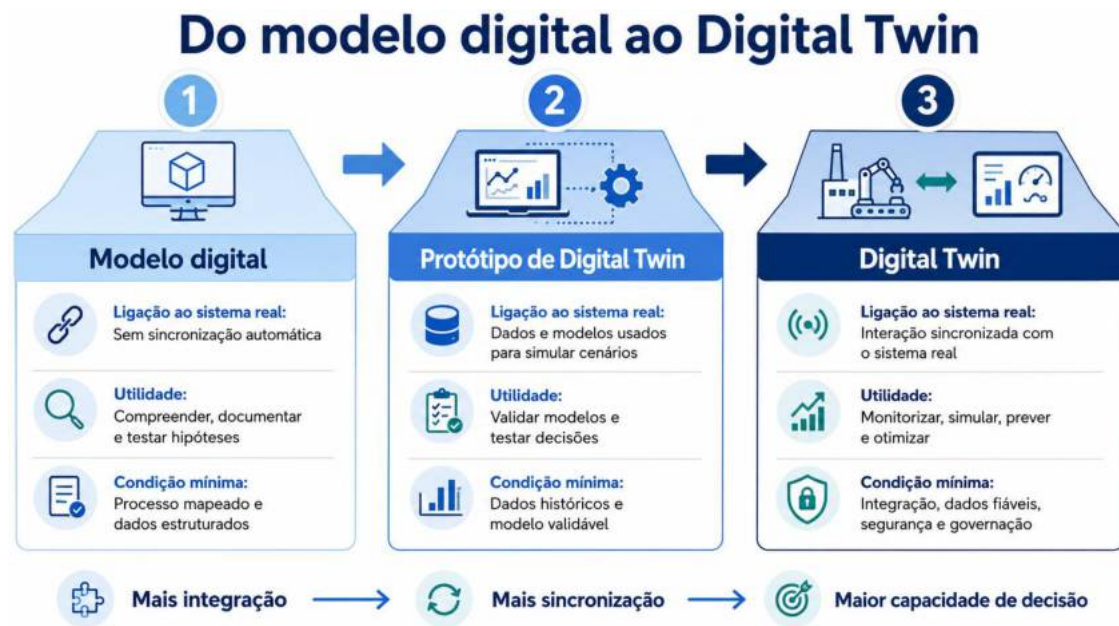


Figura 15: Do modelo digital ao Digital Twin.

Fonte: elaboração própria, com base em [R21]; [R26]; [R58].

Um sistema de *Digital Twin* industrial combina, em graus diferentes, seis elementos: o ativo ou processo real; uma representação digital coerente; aquisição e integração de dados; mecanismos de sincronização; modelos analíticos ou de simulação; e uma camada de utilização que transforma resultados em decisões, alertas ou ações. A arquitetura deve ainda considerar interoperabilidade, qualidade e propriedade dos dados, cibersegurança, controlo de acessos, manutenção dos modelos e rastreabilidade das alterações. [R26]; [R58]



Figura 16: Arquitetura simplificada de um Digital Twin.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R26\]](#); [\[R58\]](#).

A implementação deve começar pelo caso de uso e não pela ambição de reproduzir toda a fábrica. Numa PME industrial, casos iniciais plausíveis incluem acompanhar uma máquina ou linha crítica, simular capacidade e filas de produção, testar alterações de planeamento, analisar causas de paragem, apoiar manutenção, relacionar consumo energético com produção ou antecipar desvios de qualidade. Quanto mais crítica for a decisão, maior deve ser a exigência sobre qualidade dos dados, validação do modelo e supervisão humana. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R57\]](#)

Antes de avançar, a PME deve definir o objeto do *Digital Twin*, a decisão que pretende melhorar, os dados necessários, a frequência de atualização e a fidelidade suficiente para esse objetivo. Deve também confirmar interfaces com ERP/MES/SCADA/IIoT, responsabilidades pelos dados, critérios de validação, requisitos de cibersegurança, custos de integração e manutenção e condições para interromper ou redimensionar o projeto. Um *Digital Twin* não precisa de representar tudo: precisa de ser suficientemente fiel e atualizado para apoiar a decisão para a qual foi concebido. [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R58\]](#)

Exemplo contínuo - MoveTec

Em vez de tentar criar de imediato um *Digital Twin* de toda a fábrica, a empresa pode começar pela linha corte–acabamento–montagem. Primeiro, mapeia operações, tempos, WIP, paragens e capacidade; depois cria um modelo digital para testar cenários de planeamento; em seguida liga dados de produção selecionados e valida se o comportamento representado corresponde ao processo real. Só depois de estabilizar dados, integração e regras de utilização faz sentido evoluir para sincronização regular e para funções de previsão ou otimização. [\[R1\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R57\]](#)

Mensagem-chave: um *Digital Twin* é um sistema de decisão suportado por uma representação digital sincronizada, e não apenas uma visualização sofisticada. Para uma PME, o caminho mais seguro é começar pequeno, com um caso de uso mensurável, dados fiáveis e um modelo validado, aumentando a frequência, a fidelidade e a complexidade apenas quando o valor estiver demonstrado. [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R58\]](#)

4.2.2 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial abrange conceitos e sistemas que permitem gerar resultados como previsões, recomendações, conteúdos ou decisões a partir de dados de entrada. A terminologia deve ser lida segundo a ISO/IEC 22989:2022; a governação e a gestão do risco são tratadas pelo NIST AI RMF, pela ISO/IEC 42001 e pela ISO/IEC 23894. A validação humana deve ser proporcional ao impacto da decisão. Nos sistemas de IA de risco elevado, aplicam-se os requisitos de supervisão humana do artigo 14.º do Regulamento (UE) 2024/1689. [\[R19\]](#); [\[R22\]](#); [\[R23\]](#); [\[R24\]](#); [\[R25\]](#); [\[R49\]](#)

4.2.3 ERP, MES e integração operacional

O ERP suporta funções empresariais como compras, vendas, existências, faturação e planeamento. O MES situa-se no domínio da gestão das operações de fabrico e aproxima

o planeamento da execução. A integração deve usar modelos e interfaces coerentes, reduzindo duplicações, erros e custos de implementação. [\[R1\]](#); [\[R50\]](#)

4.2.4 IIoT, sensores e rastreabilidade

Sensores e sistemas IIoT podem recolher dados de equipamentos e processos. A adoção exige ativos identificados, arquitetura, conectividade, qualidade de dados, segurança, responsáveis e regras de manutenção. [\[R28\]](#)

4.2.5 Business Intelligence e gestão de dados

Dashboards e ferramentas de *Business Intelligence* (BI) podem apoiar o acompanhamento operacional e decisão, desde que os indicadores tenham definição, fonte, responsável, periodicidade e regras de validação. [\[R1\]](#)

4.2.6 Nuvem e infraestrutura digital

Os serviços de computação em nuvem podem disponibilizar capacidade e aplicações de forma escalável. A decisão deve considerar segurança, continuidade, custo total, interoperabilidade, portabilidade, formatos de exportação e condições de saída. [\[R29\]](#); [\[R56\]](#)

4.2.7 Robótica colaborativa

A robótica colaborativa pode apoiar alimentação de máquinas, manipulação, inspeção, embalagem ou montagem. O trabalho próximo de operadores não dispensa avaliação de risco, integração segura da célula e medidas técnicas e organizativas aplicáveis. [\[R51\]](#); [\[R52\]](#); [\[R53\]](#)

4.2.8 Tecnologias complementares

A manufatura aditiva, a realidade aumentada e virtual, a *blockchain* e as plataformas de baixo código ou sem código devem ser consideradas apenas quando o problema e as condições de adoção estejam definidos. Os exemplos de realidade aumentada e virtual são indicativos e exigem validação em piloto. A *blockchain* só é adequada quando várias entidades precisam de partilhar registos sem um repositório central comum. [\[R30\]](#); [\[R54\]](#)

4.3 Mensagens-chave do capítulo

A adoção de tecnologias digitais deve começar pelo problema a resolver, pela decisão a suportar e pelo indicador a melhorar, e não pela tecnologia em si. [\[R1\]](#); [\[R20\]](#)

Antes de contratar ou implementar qualquer solução, a PME deve confirmar se dispõe dos dados necessários, de responsáveis claramente definidos, das competências adequadas, de condições mínimas de segurança, de interoperabilidade e de uma avaliação realista do custo total de adoção e operação. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#)

É igualmente importante distinguir entre modelo digital, protótipo e Gémeo Digital, definindo antecipadamente o caso de uso, a frequência de atualização, o nível de fidelidade, os requisitos de integração e os critérios de validação antes de avançar para simular, prever ou otimizar. [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R58\]](#)

Por fim, antes de especificar, adquirir ou implementar uma solução, a PME deve consultar o guia temático correspondente, de forma a enquadrar melhor a decisão e a adequar a tecnologia ao seu contexto de aplicação.



5 Avaliar a maturidade digital das PME

5 Avaliar a maturidade digital das PME

Pergunta-guia

- Qual é o ponto de partida digital da PME e que capacidades devem ser reforçadas antes de avançar?

Objetivos do capítulo

- Compreender a importância de avaliar a maturidade digital antes de definir investimentos e iniciativas de transformação digital;
- Apresentar as oito dimensões de avaliação da maturidade digital relevantes para as PME industriais;
- Enquadrar os seis níveis de maturidade digital, de 0 a 5, adotados no guia;
- Orientar a realização de um diagnóstico baseado em evidências, identificando pontos fortes, fragilidades e dependências;
- Apoiar a interpretação do perfil de maturidade da empresa, evitando uma leitura baseada apenas numa classificação global;
- Identificar lacunas críticas e estabelecer prioridades de evolução ajustadas à realidade e aos recursos da PME;
- Disponibilizar uma ferramenta prática de autoavaliação que permita transformar o diagnóstico em ações concretas.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir avaliar o seu ponto de partida digital, identificar fragilidades críticas e definir prioridades realistas para evoluir de forma gradual, segura e orientada por valor.

Avaliar a maturidade digital significa compreender o ponto de partida da empresa antes de decidir que tecnologias, projetos ou investimentos devem avançar. Numa PME industrial, esta avaliação não deve medir apenas se existem sistemas digitais instalados, mas sim se a empresa tem liderança, processos compreendidos, dados fiáveis, competências, integração, cibersegurança e capacidade de transformar tecnologia em valor operacional. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A maturidade digital deve ser vista como uma ferramenta de decisão. Sem diagnóstico, a PME corre o risco de investir em Inteligência Artificial, *Digital Twins*, sensores, *dashboards* ou automação antes de resolver fragilidades básicas, como dados incompletos, processos não mapeados, ausência de responsáveis, baixa interoperabilidade ou segurança insuficiente. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

O *Roadmap* para a Transição Digital do Setor da Metalomecânica, referido no material de base, é uma referência útil porque apresenta uma abordagem estruturada para avaliar maturidade digital através do modelo ShiftTo4.0, considerando dimensões como estratégia e organização, infraestrutura inteligente, operações inteligentes, produtos inteligentes, serviços baseados em dados e recursos humanos. Para este guia, essa lógica é adaptada a PME industriais de forma mais ampla, incluindo também cibersegurança, sustentabilidade e gestão do conhecimento como dimensões transversais. [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R33\]](#)

5.1 Porquê avaliar a maturidade digital?

A avaliação da maturidade digital permite responder a uma pergunta essencial: a empresa está preparada para usar tecnologia de forma útil, segura e integrada? Esta pergunta é mais importante do que saber apenas que ferramentas a empresa possui. Uma PME pode ter ERP, máquinas CNC, sensores ou folhas de cálculo avançadas e, ainda assim, apresentar baixa maturidade se os dados não forem fiáveis, se os sistemas não comunicarem entre si ou se os indicadores não forem usados na decisão. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

Nas PME industriais, esta avaliação é particularmente importante porque os recursos financeiros, humanos e técnicos são limitados. A empresa precisa de saber onde investir primeiro, que riscos deve controlar, que dados precisa de organizar e que competências deve desenvolver antes de avançar para projetos mais exigentes. A OECD sublinha que a transformação digital das PME depende de tecnologia, mas também de competências, financiamento, apoio externo, dados e soluções proporcionais à dimensão da empresa.

[\[R1\]](#)

Avaliar a maturidade digital também evita decisões por moda tecnológica. Em vez de começar pela pergunta “que tecnologia devemos comprar?”, a PME passa a perguntar “que problema queremos resolver, que capacidade já temos, que fragilidade nos bloqueia e que próximo passo cria mais valor?”. Esta mudança torna a transformação digital mais estratégica, mensurável e realista. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

O diagnóstico deve identificar o estado de maturidade da empresa, as áreas críticas de intervenção, a visão para a digitalização, o plano de ação, os custos, a equipa envolvida e eventuais fontes de financiamento. Esta abordagem é útil porque liga avaliação e ação, evitando que o diagnóstico fique apenas como exercício descritivo. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R33\]](#)

Mensagem-chave: A avaliação da maturidade digital não serve para atribuir um rótulo à PME. Serve para perceber onde a empresa está, o que a impede de evoluir e que iniciativas devem ser priorizadas antes de avançar para tecnologias mais complexas. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

5.2 Dimensões de avaliação da maturidade digital

Uma avaliação útil deve analisar várias dimensões, porque a maturidade digital não depende de um único fator. Uma PME pode estar relativamente avançada em equipamentos, mas frágil em dados; pode ter processos bem conhecidos, mas pouca integração entre sistemas; ou pode ter interesse da gestão, mas baixa capacitação das

equipas. Por isso, a avaliação deve cruzar estratégia, pessoas, processos, dados, tecnologia, segurança, sustentabilidade e conhecimento. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

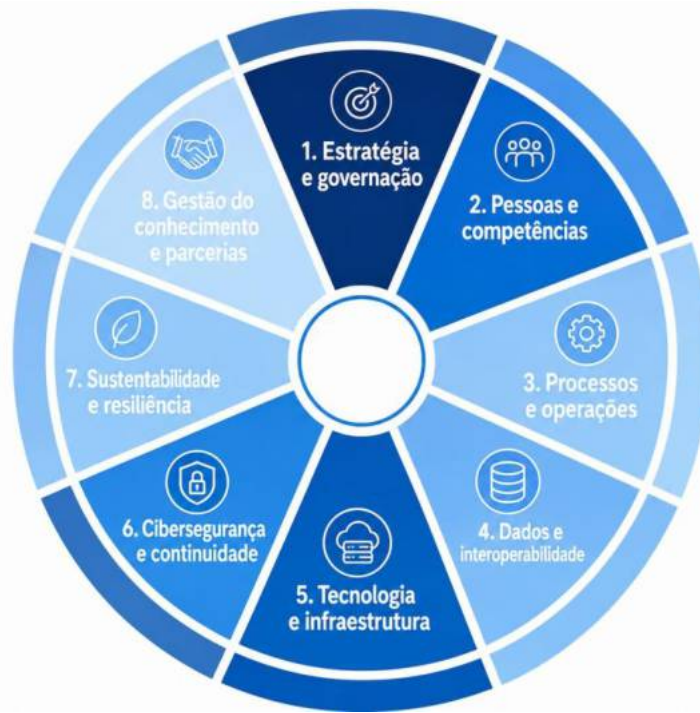


Figura 17: Dimensões de avaliação da maturidade digital.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R57\]](#).

A primeira dimensão é **estratégia e governação**. Avalia se a gestão definiu prioridades digitais, objetivos, responsáveis, indicadores, orçamento e critérios de decisão. Uma PME madura não digitaliza por impulso; escolhe iniciativas ligadas a problemas concretos, como atrasos, paragens, desperdício, qualidade, energia, rastreabilidade ou segurança. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A segunda dimensão é **pessoas e competências**. Avalia o nível de literacia digital, a participação das equipas, as necessidades formativas e a capacidade da empresa para usar tecnologia no trabalho diário. Esta dimensão está alinhada com modelos de maturidade industrial que integram recursos humanos, competências e cultura organizacional como fatores críticos da transformação digital. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A terceira dimensão é **processos e operações**. Avalia se os processos críticos estão mapeados, se existem responsabilidades claras, se as exceções são conhecidas e se as operações são monitorizadas. No contexto industrial, esta dimensão deve incluir produção, manutenção, qualidade, logística, comercial, compras, engenharia e planeamento. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A quarta dimensão é **dados e interoperabilidade**. Avalia se a empresa tem dados fiáveis, fontes oficiais, responsáveis pelos dados, regras de qualidade e integração entre sistemas como ERP, MES, máquinas, sensores, folhas de cálculo, qualidade, manutenção e *Business Intelligence*. Esta dimensão é essencial porque tecnologias como IA, *Digital Twins* e *dashboards* dependem de dados consistentes. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R19\]](#)

A quinta dimensão é **tecnologia e infraestrutura digital**. Avalia sistemas, equipamentos, conectividade, *cloud*, rede industrial, sensores, aplicações, cópias de segurança, permissões, suporte e atualização tecnológica. Esta dimensão ajuda a perceber se a base tecnológica da PME é adequada, documentada, segura e preparada para evoluir. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R29\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A sexta dimensão é **cibersegurança e continuidade operacional**. Avalia se a PME controla acessos, usa autenticação multifator quando adequado, testa cópias de segurança, atualiza sistemas, gere fornecedores e tem capacidade mínima de resposta a incidentes. Esta dimensão deve ser tratada como condição de base, porque a conectividade aumenta a exposição a riscos. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A sétima dimensão é **sustentabilidade e resiliência**. Avalia se a digitalização contribui para reduzir energia, desperdício, retrabalho, perdas, emissões indiretas e vulnerabilidade a falhas ou alterações do mercado. Esta dimensão aproxima a avaliação da lógica da Indústria 5.0, que reforça a centralidade das pessoas, a sustentabilidade e a resiliência industrial. [\[R4\]](#)

A oitava dimensão é **gestão do conhecimento e parcerias**. Avalia se a empresa documenta projetos, regista boas práticas, partilha conhecimento, utiliza plataformas colaborativas e trabalha com fornecedores, centros tecnológicos, instituições de ensino

superior ou polos de inovação sem perder autonomia interna. Esta dimensão é relevante porque a maturidade digital depende também da capacidade de aprender, reter conhecimento e evoluir com apoio externo adequado. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R33\]](#)

Tabela 9: Dimensões recomendadas para avaliar a maturidade digital.

Dimensão	O que avalia	Evidência prática
Estratégia e governação	Prioridades, objetivos, responsáveis, KPIs e critérios de decisão.	Guia digital, orçamento, responsável interno e indicadores.
Pessoas e competências	Literacia digital, formação, adesão e participação das equipas.	Plano de formação, utilizadores envolvidos e feedback das equipas.
Processos e operações	Processos críticos, responsabilidades, exceções e melhoria contínua.	Mapas de processo, reuniões operacionais e indicadores de desempenho.
Dados e interoperabilidade	Qualidade dos dados, fontes oficiais, integração e rastreabilidade.	Dados críticos definidos, integrações prioritárias e regras de qualidade.
Tecnologia e infraestrutura	Sistemas, equipamentos, sensores, <i>cloud</i> , rede e suporte.	Inventário tecnológico, arquitetura digital e documentação.
Cibersegurança e continuidade	Acessos, cópias de segurança, fornecedores, resposta a incidentes e continuidade.	MFA, cópias de segurança testadas, plano de resposta e controlo de acessos.
Sustentabilidade e resiliência	Energia, desperdício, impacto ambiental e capacidade de adaptação.	KPIs ambientais, desperdício, consumo energético e planos de contingência.
Gestão do conhecimento e parcerias	Documentação, partilha de conhecimento, fornecedores e apoio externo.	Lições aprendidas, plataformas colaborativas e transferência de conhecimento.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R33\]](#).

5.3 Níveis de maturidade digital

Para assegurar coerência com o referencial setorial utilizado no projeto SHIFT2Future, este guia adota seis níveis de maturidade digital, numerados de 0 a 5, de acordo com o Manual de Tendências de Implementação da Indústria 4.0 - Setor Calçado: 0 - Sem competências; 1 - Iniciado; 2 - Intermédio; 3 - Experiente; 4 - Especialista; 5 - Topo (ou igualmente designado por "Top"). O manual aplica estes níveis a seis dimensões e 18 temas; no presente guia, a escala é utilizada sobre as oito dimensões definidas na secção 5.2, pelo que a correspondência é metodológica e adaptada à realidade transversal das PME industriais. [\[R57\]](#)

Perfil de maturidade digital da PME

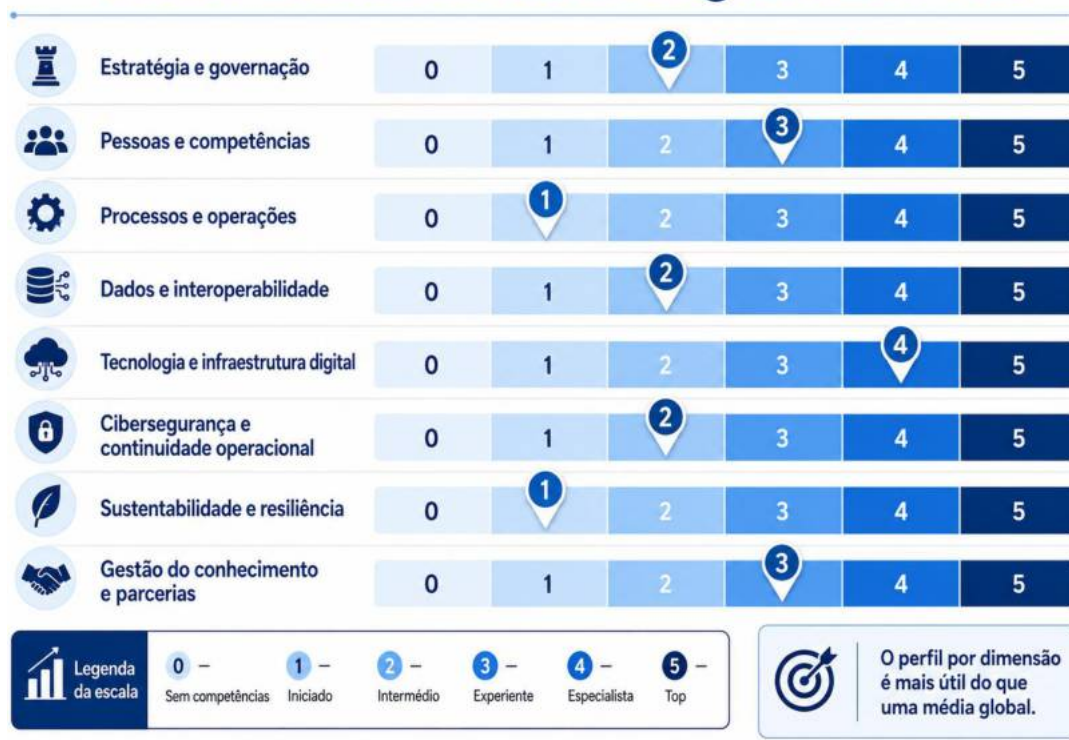


Figura 18: Dimensões e níveis de maturidade digital adotados no guia (exemplo).

Fonte: elaboração própria, com base na escala de seis níveis (0–5) do Manual de Tendências de Implementação da Indústria 4.0 — Setor Calçado / SHIFT2Future. [\[R57\]](#).

O **Nível 0 - Sem competências** corresponde a uma situação em que a transformação digital ainda não está estruturada. Predominam registos manuais ou isolados, baixa integração, ausência de responsabilidades digitais claras e utilização limitada de dados na decisão. A prioridade é criar condições mínimas: mapear processos, identificar dados críticos, inventariar sistemas, definir responsáveis e tratar riscos básicos. [\[R1\]](#); [\[R57\]](#)

O **Nível 1 - Iniciado** caracteriza empresas que já deram os primeiros passos, através de iniciativas piloto, digitalização localizada ou investimento em pelo menos algumas áreas, mas sem integração transversal. Podem existir ERP, equipamentos com capacidade digital, folhas de cálculo estruturadas ou projetos pontuais, embora a partilha de informação e a interoperabilidade continuem limitadas. A prioridade é estabilizar práticas, dados e responsabilidades. [\[R57\]](#)

O **Nível 2 - Intermédio** corresponde a empresas que evoluíram para utilização mais regular de ferramentas digitais e começam a ligar processos, sistemas e equipas. Existem indicadores em algumas áreas, práticas de segurança em implementação e maior capacidade para recolher e reutilizar dados. A prioridade é reduzir silos, normalizar informação e aumentar integração entre áreas operacionais e de gestão. [\[R1\]](#); [\[R57\]](#)

O **Nível 3 - Experiente** caracteriza empresas com processos relevantes suportados por sistemas digitais, integração crescente entre operações e gestão e utilização sistemática de dados para acompanhar desempenho. A organização começa a testar análises avançadas, simulação, IA ou modelos digitais em casos de uso controlados. A prioridade é consolidar interoperabilidade, qualidade dos dados, governação e capacidade de aprendizagem. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R57\]](#)

O **Nível 4 - Especialista** corresponde a empresas com elevada integração digital, dados consistentes e práticas maduras de governação, segurança e melhoria contínua. Tecnologias avançadas podem ser utilizadas de forma repetível em vários processos, com equipas capacitadas, indicadores acompanhados e decisões suportadas por evidência. A prioridade é escalar soluções validadas, reforçar resiliência e ligar inovação a resultados de negócio. [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R57\]](#)

O **Nível 5 - Topo** representa o patamar de maior maturidade do referencial: a empresa utiliza de forma integrada e contínua dados, tecnologia, processos, pessoas e governação para monitorizar, prever, simular, otimizar e adaptar operações e modelos de negócio. A melhoria é sistemática, a inovação é incorporada na estratégia e soluções como IA e Gémeos Digitais podem operar em contexto estabilizado, com segurança, sustentabilidade, validação e controlo. [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R57\]](#)

O Manual organiza ainda os níveis em três grupos de leitura: níveis 0–1 como “Recém-chegados”, níveis 2-3 como “Aprendizes” e níveis 4-5 como “Líderes”. Esta agregação pode ser útil para comunicação, mas a priorização deve continuar a ser feita por dimensão e por evidência, evitando que uma média global esconda fragilidades críticas. [\[R57\]](#)

Tabela 10: Níveis de maturidade digital para PME industriais.

Nível	Designação	Caracterização	Prioridade de evolução
0	Sem competências	Práticas digitais inexistentes ou muito pouco estruturadas; dados e responsabilidades dispersos.	Criar condições mínimas: processos, dados, inventário, responsáveis e segurança básica.
1	Iniciado	Pilotos ou ferramentas digitais localizadas, com integração e partilha de informação ainda limitadas.	Estabilizar práticas, normalizar dados e definir responsabilidades.
2	Intermédio	Utilização digital regular em várias áreas, com integração parcial e indicadores em desenvolvimento.	Reduzir silos, reforçar interoperabilidade e qualidade dos dados.
3	Experiente	Processos relevantes suportados digitalmente e decisões operacionais cada vez mais baseadas em dados.	Consolidar governação e testar análise avançada, IA, simulação ou modelos digitais.
4	Especialista	Elevada integração, dados consistentes e soluções avançadas aplicadas de forma repetível.	Escalar soluções validadas, reforçar resiliência e medir valor transversal.
5	Topo	Transformação digital integrada e contínua, com otimização, aprendizagem e inovação sistemática.	Sustentar melhoria contínua, segurança, sustentabilidade e evolução do modelo de negócio.

Fonte: Elaboração própria, adaptada à realidade das PME industriais, com base no Manual de Tendências de Implementação da Indústria 4.0 — Setor Calçado / SHIFT2Future e em referências complementares de maturidade digital. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R57\]](#).

5.4 Como realizar o diagnóstico de maturidade digital

O diagnóstico deve começar com uma preparação simples: definir quem participa, que áreas serão analisadas, que evidências serão recolhidas e que objetivo se pretende alcançar. Numa PME industrial, devem participar pelo menos gestão, produção, manutenção, qualidade, logística/comercial e alguém com responsabilidade por sistemas ou dados. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A primeira etapa é recolher informação sobre processos, sistemas, dados, indicadores, problemas recorrentes, competências, segurança e projetos digitais existentes. Esta recolha deve combinar entrevistas curtas, observação do processo, análise de documentos e revisão de sistemas utilizados pela empresa. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A segunda etapa é pontuar cada dimensão de maturidade numa escala de 0 a 5, de acordo com os seis níveis adotados: Sem competências, Iniciado, Intermédio, Experiente, Especialista e Topo. A classificação deve ser justificada com evidências e deve respeitar uma lógica prudente: uma dimensão não deve ser considerada madura se existirem fragilidades relevantes nos requisitos que a suportam. [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R57\]](#)

A terceira etapa é identificar lacunas críticas. Nem todas as fragilidades têm a mesma importância. Uma falha de cibersegurança, ausência de cópias de segurança testadas, dados de produção pouco fiáveis ou falta de responsável interno podem bloquear projetos avançados, mesmo que existam tecnologias interessantes disponíveis. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A quarta etapa é transformar o diagnóstico em prioridades. A PME deve distinguir entre ações urgentes, ganhos rápidos e projetos estruturantes. Ações urgentes reduzem risco; ganhos rápidos criam confiança; projetos estruturantes preparam a empresa para tecnologias mais avançadas. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

Tabela 11: Etapas de diagnóstico de maturidade digital.

Etapa	Objetivo	Resultado esperado
1. Preparar	Definir equipa, áreas e objetivo do diagnóstico.	Plano simples de avaliação.
2. Recolher evidência	Identificar processos, sistemas, dados, riscos e projetos.	Base factual para pontuação.
3. Pontuar dimensões	Avaliar cada dimensão numa escala de 0 a 5.	Perfil de maturidade digital.
4. Identificar lacunas	Detetar fragilidades críticas e dependências.	Lista de barreiras prioritárias.
5. Priorizar ações	Organizar ações por urgência, valor e esforço.	Plano de ação inicial.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#).

5.5 Interpretar resultados e definir prioridades

O resultado do diagnóstico deve ser apresentado como um perfil de maturidade, e não apenas como uma média global. Uma média pode esconder desequilíbrios importantes: por exemplo, uma PME pode estar relativamente bem em tecnologia, mas fraca em dados, pessoas ou cibersegurança. A interpretação deve mostrar onde a empresa está forte, onde está vulnerável e que dimensões impedem a evolução. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A priorização deve considerar quatro critérios: impacto no negócio, urgência do risco, esforço de implementação e dependência entre ações. Uma iniciativa com impacto elevado e esforço moderado pode ser um bom ganho rápido; uma ação de segurança crítica pode ser prioritária mesmo que não gere retorno visível imediato; e uma ação de dados pode ser necessária antes de avançar para IA ou *Digital Twins*. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

Um erro comum é tentar subir todos os níveis ao mesmo tempo. A PME deve identificar a sequência mínima que desbloqueia valor. Por exemplo, antes de implementar IA, pode precisar de melhorar registos de manutenção; antes de criar um *Digital Twin*, pode

precisar de mapear o processo; antes de usar a *cloud*, pode precisar de rever acessos, cópias de segurança e fornecedores. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

O plano de ação digital deve combinar três horizontes: curto prazo, médio prazo e longo prazo. No curto prazo, a empresa resolve fragilidades básicas e cria visibilidade; no médio prazo, integra sistemas e melhora dados; no longo prazo, testa tecnologias avançadas e escala soluções com evidência. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

Tabela 12: Critérios para priorizar iniciativas digitais.

Crítério	Pergunta prática	Interpretação
Impacto	A iniciativa melhora produtividade, qualidade, prazos, energia ou risco?	Quanto maior o impacto, maior a prioridade.
Urgência	Existe risco operacional, de segurança ou de continuidade?	Riscos críticos devem ser tratados cedo.
Esforço	O projeto exige muito investimento, tempo ou competências?	Ganhos rápidos devem ser usados para criar confiança.
Dependência	Esta ação desbloqueia outras iniciativas?	Dados, processos e segurança podem ser pré-condições.

Fonte: elaboração própria, com base em OECD, ENISA, NIST CSF 2.0, NIST AI RMF e European Digital Innovation Hubs. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#); [\[R19\]](#)

Exemplo contínuo - MoveTec

Na MoveTec, o diagnóstico de maturidade digital revela uma situação comum em PME industriais: existe um ERP básico, várias folhas de cálculo, máquinas CNC com capacidade de exportar dados, registos de manutenção pouco normalizados e informação de produção distribuída entre diferentes responsáveis. A empresa tem experiência operacional, mas ainda não possui dados suficientemente integrados para avançar diretamente para IA ou *Digital Twins*. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R31\]](#)

Na dimensão de liderança, a MoveTec demonstra intenção clara de melhorar a produção, mas precisa de transformar essa intenção num guia com responsáveis, KPIs e critérios de

decisão. Na dimensão de processos, a empresa deve mapear a linha crítica e identificar onde surgem atrasos, retrabalho e perdas de informação. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

Na dimensão de dados, a prioridade é definir dados mínimos de produção e manutenção: estados de máquina, causas de paragem, tempos de operação, ordens de produção, defeitos, retrabalho e consumo energético. Sem esta base, qualquer *dashboard*, IA ou *Digital Twin* ficará limitado. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Na dimensão de cibersegurança, a MoveTec deve rever acessos, ativar autenticação multifator quando aplicável, testar cópias de segurança e definir regras para fornecedores antes de aumentar conectividade entre máquinas, *cloud* e sistemas de gestão. Esta etapa reduz risco e cria condições para projetos digitais mais ambiciosos. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

O plano inicial da MoveTec poderia organizar-se em três fases. Primeiro, mapear processos, normalizar dados e reforçar a segurança. Depois, criar *dashboards* simples para produção, manutenção, qualidade e energia. Por fim, testar um piloto de IA para paragens críticas ou um modelo digital descritivo da linha corte-acabamento-montagem. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Mensagem-chave: O exemplo da MoveTec mostra que avaliar maturidade digital ajuda a transformar ambição em sequência prática. A empresa não precisa de começar pela tecnologia mais avançada; deve começar pelas condições que tornam essa tecnologia útil, segura e sustentável. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R57\]](#)

5.6 Ferramenta prática de autoavaliação

A autoavaliação deve ser simples e aplicável pelas equipas de gestão e de operações. Para cada dimensão apresentada na secção 5.2, a PME pode atribuir uma pontuação de 0 a 5, justificando a classificação com evidências concretas. Esta justificação é tão

importante quanto a pontuação, porque permite discutir percepções diferentes dentro da empresa e impede que a escala seja usada como mero rótulo. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R57\]](#)

A escala deve ser interpretada da seguinte forma: 0 - Sem competências; 1 - Iniciado; 2 - Intermédio; 3 - Experiente; 4 - Especialista; 5 - Top. A atribuição do nível deve refletir práticas efetivamente observáveis e não apenas intenção ou aquisição de tecnologia. [\[R57\]](#)

Tabela 13: Autoavaliação da maturidade digital.

Dimensão	Pergunta de avaliação	Pontuação 0-5	Evidência
Estratégia e governação	A empresa tem prioridades digitais claras, responsáveis definidos, KPIs e critérios de decisão?		
Pessoas e competências	As equipas têm competências digitais adequadas, recebem formação e participam nos projetos?		
Processos e operações	Os processos críticos estão mapeados, documentados, monitorizados e revistos?		
Dados e interoperabilidade	Existem dados fiáveis, fontes oficiais, responsáveis pelos dados e integração entre sistemas?		
Tecnologia e infraestrutura digital	As ferramentas, sistemas, equipamentos, <i>cloud</i> , sensores e redes são adequados, documentados e escaláveis?		
Cibersegurança e continuidade operacional	A empresa gere acessos, cópias de segurança, fornecedores, resposta a incidentes e continuidade operacional?		
Sustentabilidade e resiliência	Os projetos digitais ajudam a medir ou reduzir energia, desperdício, retrabalho, impacto ambiental ou vulnerabilidades operacionais?		
Gestão do conhecimento e parcerias	A empresa documenta aprendizagens, partilha conhecimento e usa apoio externo sem perder autonomia interna?		

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#).

Depois de preenchida a autoavaliação, a PME deve identificar as três dimensões mais frágeis e as três ações prioritárias. Esta etapa transforma o diagnóstico em decisão e ajuda a construir um guia digital realista. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

5.7 Mensagens-chave do capítulo

Avaliar a maturidade digital permite à PME compreender o seu ponto de partida antes de escolher tecnologias ou investimentos. O objetivo não é obter uma classificação elevada, mas identificar fragilidades, dependências e prioridades realistas de evolução. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A escala adotada tem seis níveis, de 0 a 5, alinhados com o referencial SHIFT2Future do setor do calçado. O nível global é apenas uma síntese; para decidir prioridades, a PME deve analisar o perfil por dimensão e as evidências que sustentam cada classificação. [\[R57\]](#)

A maturidade digital não depende apenas da tecnologia instalada. Uma PME pode ter sistemas, máquinas ou sensores e continuar imatura se não tiver dados fiáveis, processos compreendidos, responsáveis definidos, segurança mínima e utilização regular da informação na decisão. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

O diagnóstico deve analisar várias dimensões em conjunto: estratégia e governação, pessoas e competências, processos e operações, dados e interoperabilidade, tecnologia e infraestrutura digital, cibersegurança e continuidade operacional, sustentabilidade e resiliência e gestão do conhecimento e parcerias. Só esta visão integrada permite perceber que capacidades devem ser reforçadas antes de avançar para IA, *Digital Twins*, automação ou integração operacional. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A pontuação de maturidade deve ser justificada com evidências. Classificar a empresa apenas por perceção pode gerar diagnósticos frágeis; por isso, a PME deve basear a avaliação em processos observados, sistemas existentes, dados disponíveis, práticas de segurança, indicadores usados e participação das equipas. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A interpretação dos resultados deve evitar médias globais simplistas. O mais importante é identificar desequilíbrios: por exemplo, tecnologia disponível, mas dados fracos; vontade da gestão, mas falta de responsáveis; sensores instalados, mas ausência de indicadores; ou ferramentas digitais sem regras de cibersegurança. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R31\]](#)

A priorização deve considerar impacto, urgência, esforço e dependências. Algumas ações são necessárias porque reduzem risco; outras criam ganhos rápidos; e outras preparam a empresa para tecnologias mais avançadas. A sequência correta é tão importante como a escolha da tecnologia. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R19\]](#)

No caso da MoveTec, o diagnóstico mostra que a empresa deve começar por mapear processos, normalizar dados, reforçar cibersegurança e criar indicadores simples antes de avançar para IA ou *Digital Twins*. Esta sequência reduz risco e aumenta a probabilidade de a tecnologia criar valor real. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Mensagem de fecho: Avaliar a maturidade digital é transformar ambição em caminho prático. A PME não precisa de evoluir em todas as dimensões ao mesmo tempo; deve identificar o que bloqueia valor, resolver fragilidades críticas, criar bases sólidas e avançar por etapas, com evidência e responsabilidade. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R57\]](#)



6 Definir a estratégia de transformação digital

6 Definir a estratégia de transformação digital

Pergunta-guia

- Como transformar o diagnóstico de maturidade digital em escolhas estratégicas, prioridades e projetos com valor mensurável?

Objetivos do capítulo

- Construir uma visão digital clara e ajustada à realidade da PME;
- Definir objetivos SMART e indicadores-chave de desempenho;
- Organizar oportunidades digitais num portefólio coerente;
- Avaliar valor, esforço, risco, prontidão e dependências;
- Introduzir business case, custo total de propriedade e critérios de decisão;
- Clarificar mecanismos simples de governação para acompanhar a estratégia digital.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir formular uma estratégia digital simples e executável, ligando problemas, objetivos, indicadores, iniciativas, responsáveis, recursos, custos e riscos.

A estratégia de transformação digital traduz o diagnóstico de maturidade num rumo claro para a PME. Depois de avaliar onde está, a empresa deve decidir que problemas quer resolver, que capacidades precisa de reforçar, que tecnologias fazem sentido e que resultados espera alcançar. A estratégia não deve ser uma lista de ferramentas, mas uma orientação de gestão que liga tecnologia, pessoas, processos, dados, risco e criação de valor. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Para uma PME industrial, a estratégia deve partir de problemas concretos: atrasos, paragens, desperdício, retrabalho, falhas de qualidade, baixa rastreabilidade, consumo energético elevado ou decisões tomadas com informação incompleta. Esta abordagem evita investimentos por moda tecnológica e reforça a ligação entre transformação digital, competitividade e melhoria operacional. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

O *Roadmap* para a Transição Digital do Setor da Metalomecânica reforça esta lógica ao propor que, após o diagnóstico, a empresa defina uma visão da estratégia de digitalização, identifique sistemas e áreas de intervenção, estime custos, mobilize equipa e acompanhe indicadores de execução e resultado. Esta lógica é aqui adaptada a PME industriais em geral. [\[R33\]](#)



Figura 19: Do diagnóstico à estratégia digital.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#).

6.1 Visão e ambição digital

A visão digital define onde a PME pretende chegar num horizonte de médio prazo, normalmente entre dois e três anos. Deve ser suficientemente ambiciosa para orientar a mudança, mas suficientemente realista para ser executada com os recursos disponíveis. Numa PME, a ambição digital pode passar por ganhar visibilidade sobre a produção, integrar dados entre áreas, reduzir desperdício, melhorar planeamento, reforçar cibersegurança ou preparar pilotos de IA e *Digital Twins*. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#)

A visão deve ser comunicada numa linguagem compreensível pelas equipas. Em vez de dizer apenas “queremos ser uma empresa digital”, a gestão deve explicar que decisões pretende melhorar, que processos serão priorizados e como a tecnologia ajudará as pessoas no trabalho diário. Esta clareza reduz resistência e aumenta a probabilidade de adoção. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

Tabela 14: Ferramenta “Canvas de visão digital”.

Elemento	Pergunta prática	Resposta da PME
Problema prioritário	Que problema industrial queremos resolver primeiro?	
Ambição digital	Onde queremos estar em 2–3 anos?	
Valor esperado	Que benefício operacional, económico ou ambiental esperamos?	
Capacidades necessárias	Que dados, sistemas, competências ou parcerias faltam?	
Riscos principais	O que pode impedir a execução?	
Responsável	Quem patrocina e acompanha a estratégia?	

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#).

6.2 Objetivos SMART e KPIs

A estratégia deve ser traduzida em objetivos SMART: específicos, mensuráveis, alcançáveis, relevantes e com prazo definido. Esta formulação evita objetivos genéricos, como “digitalizar a produção”, e obriga a empresa a explicitar o resultado esperado, por exemplo reduzir paragens, melhorar cumprimento de prazos, diminuir desperdício ou aumentar fiabilidade dos dados. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Cada objetivo deve ter pelo menos um KPI associado. O KPI permite medir a situação atual, acompanhar a evolução e decidir se o projeto deve avançar, ser revisto ou interrompido. Sem *baseline* e sem indicador, a transformação digital fica difícil de avaliar e pode tornar-se apenas uma perceção de melhoria. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#)

Os objetivos devem também ser proporcionais à maturidade da PME. Uma empresa com dados pouco fiáveis deve evitar metas demasiado dependentes de IA ou *Digital Twins* antes de resolver problemas de registo, qualidade de dados e integração. Assim, os objetivos SMART ajudam a transformar ambição em etapas realistas e mensuráveis. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R31\]](#)

Tabela 15: Ferramenta “Objetivos SMART e KPIs” com exemplo.

Objetivo SMART	KPI	Baseline	Meta	Prazo	Responsável
Reduzir paragens não planeadas em máquinas críticas	Horas de <i>downtime</i> /mês		-20%	9 meses	
Melhorar cumprimento de prazos de entrega	% de encomendas entregues no prazo		+ 10 p.p.	12 meses	
Reduzir desperdício de material	% de desperdício por família de produto		-8%	12 meses	
Aumentar fiabilidade dos	% registos completos e validados		95%	6 meses	

Objetivo SMART	KPI	Baseline	Meta	Prazo	Responsável
dados de produção					
Reforçar cibersegurança básica	Sistemas críticos com MFA e backups testados		100%	6 meses	

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#).

6.3 Portefólio de oportunidades digitais

Uma PME pode identificar várias oportunidades digitais em simultâneo: *dashboards*, sensores, ERP/MES, rastreabilidade, *cloud*, automação, IA ou *Digital Twins*. Contudo, não deve avançar com todas ao mesmo tempo. O portefólio de oportunidades ajuda a organizar ideias, comparar valor, estimar esforço e escolher uma sequência realista. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#)

O portefólio deve equilibrar três tipos de iniciativa: ações de base, que criam condições para evoluir; ganhos rápidos, que geram confiança; e projetos estruturantes, que exigem mais maturidade e podem transformar processos de forma mais profunda. Esta distinção ajuda a PME a não confundir urgência com impacto e a não adiar ações críticas apenas porque não têm retorno imediato visível. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R31\]](#)

As ações de base podem incluir mapear processos, normalizar dados, rever acessos, testar cópias de segurança ou definir responsáveis. Os ganhos rápidos podem incluir um *dashboard* simples, a eliminação de duplicações ou a digitalização de um registo crítico. Os projetos estruturantes podem envolver integração ERP/MES, sensores em máquinas críticas, IA para manutenção ou um *Digital Twin* progressivo. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R28\]](#)

Tabela 16: Ferramenta “Matriz valor × esforço” com exemplo.

Iniciativa	Valor esperado	Esforço	Dependência	Prioridade
Normalizar dados de parâmetros.	Alto	Baixo	Envolvimento de produção e manutenção.	Muito alta

Iniciativa	Valor esperado	Esforço	Dependência	Prioridade
Criar <i>dashboard</i> de produção.	Alto	Médio	Dados mínimos fiáveis.	Alta
Instalar sensores em máquina crítica.	Médio/Alto	Médio	Rede e segurança.	Alta
Testar IA para manutenção preditiva.	Alto	Alto	Histórico de dados validado.	Média
Criar modelo digital de linha, evolutivo para <i>Digital Twin</i> .	Alto	Alto	Processo mapeado e dados atualizados.	Média
Automatizar tarefa repetitiva.	Médio	Alto	Processo estável e volume suficiente.	Média

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R33\]](#).

6.4 Business case e TCO

Antes de investir, a PME deve construir um business case simples. O objetivo é perceber se a iniciativa tem problema claro, benefícios esperados, custos estimados, recursos necessários, riscos e condições de manutenção. Este exercício é particularmente importante quando existem custos recorrentes, fornecedores externos ou necessidade de integração com sistemas existentes. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R34\]](#)

O custo total de propriedade, ou TCO, deve incluir mais do que o preço de aquisição. Deve considerar licenças, implementação, formação, manutenção, integrações, suporte, atualizações, cibersegurança, tempo interno das equipas e eventual custo de saída ou migração. Esta visão evita que a PME escolha uma solução aparentemente barata, mas difícil de manter, integrar ou abandonar. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#)

O *business case* deve também incluir benefícios esperados. Estes podem ser financeiros, como redução de custos, menor desperdício ou menos paragens; operacionais, como

maior visibilidade, melhor planeamento ou menos retrabalho; ou estratégicos, como maior rastreabilidade, melhor resposta a clientes, menor risco e maior preparação para tecnologias futuras. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

Em PME industriais, o *business case* não precisa de ser complexo, mas deve ser honesto. Sempre que existam incertezas, a empresa deve assinalá-las e decidir se faz sentido avançar com um piloto limitado antes de investir em escala. Esta abordagem reduz risco e permite aprender com evidência antes de comprometer recursos significativos. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R34\]](#)

Tabela 17: Ferramenta "Business case simplificado e TCO".

Elemento	Pergunta prática	Resposta
Problema	Que problema concreto será resolvido?	
Benefício esperado	Que impacto se espera em prazo, custo, qualidade, energia ou risco?	
Custo inicial	Que investimento é necessário?	
Custo recorrente	Existem licenças, suporte, manutenção ou <i>cloud</i> ?	
Recursos internos	Que pessoas terão de participar?	
Riscos	Que riscos técnicos, humanos, financeiros ou de segurança existem?	
Critério de sucesso	Que KPI confirma o valor?	
Critério de saída	Como sair se não funcionar?	

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#).

6.5 Governação da estratégia digital

A governação define como a estratégia será acompanhada e corrigida. Numa PME, não precisa de ser pesada, mas deve clarificar quem decide, quem executa, quem valida dados, quem gere fornecedores, quem acompanha riscos e quem avalia resultados. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#)

Sem governação, os projetos digitais tendem a depender de entusiasmo inicial, de uma pessoa-chave ou do fornecedor. Com uma governação mínima, a PME aumenta a continuidade, reduz dependência externa e cria condições para aprender com cada piloto. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Uma governação simples deve definir responsabilidades por iniciativa, periodicidade de acompanhamento, indicadores monitorizados, riscos principais, critérios de decisão e documentação mínima. O objetivo não é criar burocracia, mas garantir que cada projeto tem dono, métrica, decisão e aprendizagem. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R6\]](#)

Tabela 18: Matriz RACI simplificada.

Atividade	Responsável	Aprova	Consultado	Informado
Definir prioridade digital.				
Validar dados críticos.				
Selecionar fornecedor.				
Acompanhar piloto.				
Avaliar KPI.				
Decidir escala.				

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#).

6.6 Critérios de decisão: avançar, rever ou adiar

Cada iniciativa digital deve passar por um gate de decisão antes de avançar. Este gate confirma se existe problema real, dados mínimos, indicador, responsável, orçamento, utilizadores envolvidos, riscos controlados e condições para manter a solução. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#)

A decisão pode ter quatro resultados: avançar, quando a iniciativa tem condições mínimas e valor esperado; rever, quando a ideia é relevante, mas precisa de ajustes; adiar, quando existem dependências ou lacunas que devem ser resolvidas primeiro; ou encerrar, quando não existe valor suficiente, capacidade interna ou alinhamento estratégico. Esta lógica evita que a PME continue projetos sem valor demonstrado apenas porque já investiu tempo ou dinheiro. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R34\]](#)

O gate de decisão deve ser usado antes de projetos mais exigentes, como IA, *Digital Twins*, integração operacional, *cloud* ou automação. Também pode ser usado no final de pilotos, para decidir se a solução deve ser escalada, ajustada ou abandonada. O mais importante é que a decisão seja tomada com base em evidência e não apenas em expectativa. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R34\]](#)

Tabela 19: Ferramenta "Gate de decisão".

Critério	Sim/Não	Observação
O problema está claramente definido?		
Existe <i>baseline</i> ?		
O KPI de sucesso está definido?		
Os dados mínimos existem ou podem ser recolhidos?		
Os utilizadores foram envolvidos?		
Os riscos de cibersegurança foram avaliados?		

Critério	Sim/Não	Observação
O TCO é conhecido?		
Existe responsável interno?		
Há critério de saída?		
A iniciativa reforça a autonomia da PME?		

Decisão: avançar / rever / adiar / encerrar.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R34\]](#).

Exemplo contínuo - MoveTec

Na MoveTec, a estratégia digital começa com três prioridades: aumentar visibilidade sobre a produção, reduzir paragens em máquinas críticas e melhorar a fiabilidade dos dados de manutenção e qualidade. Em vez de iniciar imediatamente um projeto de IA, a empresa decide criar bases: normalizar causas de paragem, definir KPIs, rever acessos, testar cópias de segurança e criar um *dashboard* simples. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

Depois desta base estar estabilizada, a MoveTec poderá testar IA para identificar padrões de paragem e desenvolver um modelo digital descritivo da linha corte-acabamento-montagem. A estratégia evita saltos tecnológicos e liga maturidade, valor e risco numa sequência executável. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R31\]](#)

Para apoiar a decisão, a MoveTec constrói um business case simples para cada iniciativa prioritária. No caso do *dashboard* de produção, avalia o problema, os dados necessários, o custo de implementação, o tempo interno da equipa, o impacto esperado no cumprimento de prazos e o critério de sucesso. No caso da IA, decide adiar o piloto até existirem dados de manutenção mais completos e consistentes. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R34\]](#)

Esta abordagem permite que a empresa trate a estratégia digital como um processo de gestão e não como uma sequência de compras tecnológicas. A MoveTec passa a ter prioridades, responsáveis, indicadores, critérios de decisão e uma lógica clara para avançar, rever, adiar ou encerrar iniciativas. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Mensagem-chave: O exemplo da MoveTec mostra que uma boa estratégia digital não começa pela tecnologia mais avançada, mas pela ligação entre diagnóstico, problemas prioritários, objetivos, indicadores, custos, riscos e capacidade de execução. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R33\]](#)

6.7 Mensagens-chave do capítulo

A estratégia de transformação digital transforma o diagnóstico de maturidade num caminho executável. Depois de compreender o ponto de partida, a PME deve decidir que problemas quer resolver, que capacidades precisa de reforçar, que iniciativas fazem sentido e que valor espera demonstrar. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R31\]](#)

Uma estratégia digital não é uma lista de tecnologias. É uma orientação de gestão que liga objetivos, pessoas, processos, dados, sistemas, riscos, custos, responsabilidades e indicadores. Sem esta ligação, a digitalização pode gerar ferramentas isoladas, pouca adoção e resultados difíceis de medir. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A visão digital deve ser ambiciosa, mas realista. Para PME industriais, a ambição pode passar por ganhar visibilidade operacional, reduzir paragens, integrar dados, reforçar cibersegurança, melhorar planeamento ou preparar pilotos de IA e *Digital Twins*. O importante é que a visão seja compreendida pelas equipas e ligada ao trabalho diário. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Os objetivos SMART e os KPIs ajudam a transformar intenção em gestão. Cada iniciativa deve ter um objetivo claro, uma *baseline*, uma meta, um prazo, um responsável e um critério de sucesso. Sem indicadores, a PME dificilmente consegue perceber se a transformação digital criou valor real. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

O portefólio digital permite ordenar oportunidades e evitar dispersão. A PME deve distinguir ações de base, ganhos rápidos e projetos estruturantes. Esta organização ajuda a construir uma sequência lógica: primeiro criar condições, depois demonstrar valor e só depois escalar tecnologias mais exigentes. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R31\]](#)

O *business case* e o TCO protegem a PME contra decisões incompletas. O custo de uma solução digital não é apenas o preço de compra: inclui implementação, formação, licenças, manutenção, integração, suporte, cibersegurança, tempo interno e eventual custo de saída. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#)

A governação é essencial para dar continuidade à estratégia. Mesmo que seja simples, deve definir quem decide, quem executa, quem valida dados, quem acompanha fornecedores, quem controla riscos e quem avalia resultados. Uma iniciativa sem responsável, KPI ou critério de decisão dificilmente deve avançar. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Os *gates* de decisão ajudam a PME a avançar com disciplina. Cada iniciativa deve poder ser aprovada, revista, adiada ou encerrada com base em evidência. Esta lógica evita insistir em projetos sem valor demonstrado e permite concentrar recursos naquilo que realmente desbloqueia competitividade. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R34\]](#)

No caso da MoveTec, a estratégia mostra que a empresa deve começar por normalizar dados, definir KPIs, reforçar cibersegurança e criar visibilidade operacional antes de avançar para IA ou *Digital Twins*. Esta sequência reduz risco, melhora a adoção e aumenta a probabilidade de criar valor mensurável. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Mensagem de fecho: Definir uma estratégia de transformação digital é escolher com critério. A PME não precisa de fazer tudo ao mesmo tempo; precisa de ligar problemas prioritários a objetivos claros, indicadores, responsáveis, custos, riscos e decisões. A melhor estratégia é aquela que consegue ser executada, medida, ajustada e sustentada pela própria empresa. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R31\]](#); [\[R34\]](#)



7 Casos de aplicação de transformação digital

7 Casos de aplicação de transformação digital

Pergunta-guia

- Como pode uma PME industrial aplicar a transformação digital a problemas concretos de produção, qualidade, manutenção, energia, logística, rastreabilidade e resposta ao cliente?

Objetivos do capítulo

- Apresentar casos de aplicação práticos e adaptáveis a PME industriais;
- Mostrar como a transformação digital pode responder a problemas operacionais concretos;
- Relacionar cada caso com dados mínimos, tecnologias possíveis, KPIs e primeiros passos;
- Evidenciar diferenças entre setores industriais relevantes para o Tâmega e Sousa;
- Reforçar que a escolha de casos deve depender da maturidade, dos dados, do risco e da capacidade de execução da PME.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir identificar casos de aplicação relevantes para a sua realidade, avaliar condições mínimas para os testar e escolher iniciativas pequenas, mensuráveis e úteis, capazes de gerar valor e preparar bases para tecnologias mais avançadas.

Os casos de aplicação apresentados neste capítulo ajudam as PME industriais a perceber como a transformação digital pode responder a problemas concretos do dia a dia. Em vez de apresentar tecnologia de forma abstrata, o capítulo mostra como soluções digitais podem ser usadas para melhorar produção, qualidade, manutenção, planeamento, energia, logística, rastreabilidade e resposta ao cliente. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Estes casos não devem ser interpretados como receitas universais. Cada PME deve adaptá-los à sua dimensão, maturidade digital, processos, equipamentos, dados disponíveis, competências internas e prioridades estratégicas. O valor de um caso de aplicação está menos na tecnologia escolhida e mais na ligação entre problema, decisão, dados, indicador e resultado esperado. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

7.1 Como ler e adaptar os casos de aplicação

Cada caso deve ser lido a partir de seis perguntas: que problema existe, em que processo ocorre, que dados são necessários, que tecnologia pode ajudar, que indicador mede o sucesso e que risco deve ser controlado. Esta estrutura evita que a PME escolha soluções digitais por moda ou por pressão comercial, reforçando uma lógica de experimentação controlada e criação de valor mensurável. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R19\]](#)

Antes de avançar, a empresa deve confirmar se tem condições mínimas para testar o caso. Por exemplo, uma solução de IA para manutenção exige histórico de avarias e causas de paragem; um *Digital Twin* exige processo mapeado e dados atualizados; um *dashboard* exige fontes fiáveis e KPIs definidos; uma solução de rastreabilidade exige regras claras para identificar materiais, lotes, operações ou encomendas. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#)

Tabela 20: Ficha-padrão de caso de aplicação.

Campo	Pergunta prática	Resposta da PME
Problema	Que dor operacional queremos resolver?	
Processo afetado	Onde acontece?	
Decisão a melhorar	Que decisão será melhorada?	
Dados necessários	Que dados existem e que dados faltam?	
Tecnologia possível	Que solução digital pode ajudar?	
KPI	Como será medido o sucesso?	
Condição mínima	Que base tem de existir antes de avançar?	
Risco principal	O que pode correr mal?	
Próximo passo	Testar, preparar, rever, adiar ou abandonar?	

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#).

7.2 Metalomecânica

Na metalomecânica, os casos de aplicação digital tendem a estar ligados a produção por encomenda, máquinas críticas, tempos de preparação, qualidade dimensional, manutenção, controlo de custos por projeto, integração CAD/CAM/ERP/MES e rastreabilidade entre orçamento, desenho, produção, testes e expedição. O *Roadmap SHIFT2Future* para o setor da metalomecânica destaca a relevância de integrar CRM, ERP, MES, CAD, CAM, gestão documental, controlo da qualidade e *Business Intelligence* para monitorizar o desempenho da empresa e reduzir duplicações de informação. [\[R33\]](#)

Um caso de elevado valor é a monitorização de máquinas críticas, como CNC, corte laser, fresadoras, quinadeiras ou centros de maquinação. A PME pode começar por registar estados de máquina, causas de paragem, tempos de *setup*, tempo produtivo e intervenções de manutenção. Este caso cria a base para *dashboards*, manutenção preventiva, análise de capacidade e, mais tarde, IA ou *Digital Twin*. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R33\]](#)

Outro caso relevante é a rastreabilidade técnico -produtiva, ligando orçamento, desenho, BOM, ordem de produção, operações, controlo de qualidade, custos e expedição. Esta ligação é particularmente importante em produção por encomenda, porque alterações tardias de cliente, erros de versão ou informação dispersa podem gerar retrabalho, atrasos e custos não previstos. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#)

Tabela 21: Casos de aplicação na metalomecânica.

Caso	Problema típico	Dados mínimos	Tecnologia possível	KPI	Primeiro passo
Monitorização de CNC	Paragens e baixa visibilidade.	Máquina, estado, causa e duração.	IIoT, MES, BI.	<i>Downtime.</i>	Normalizar causas de paragem.
Custos por projeto	Margem pouco visível.	Horas, material e subcontratação.	ERP, BI.	Desvio custo/projeto.	Ligar custos à ordem.
Qualidade dimensional	Defeitos e retrabalho.	Peça, operação, defeito e causa.	Controlo digital, BI, IA.	Taxa de não conformidade.	Normalizar defeitos.
Rastreabilidade técnica	Perda de versões e informação.	Orçamento, desenho, BOM e ordem.	ERP, gestão documental.	Tempo de rastreio.	Criar codificação única.
Modelo digital de linha, evolutivo para Gémeo Digital	Dificuldade em simular capacidade.	Tempos, WIP, paragens e capacidade.	<i>Digital Twin</i> , simulação.	Lead time.	Mapear processo crítico.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#); [\[R33\]](#).

7.3 Mobiliário, madeira e componentes industriais

Para o setor do mobiliário, madeira e componentes, o guia propõe, a título indicativo, casos relacionados com otimização de corte, desperdício, existências, planeamento, versões, acabamento, montagem e expedição. Estes casos constituem uma síntese de aplicação e devem ser validados com empresas e entidades setoriais antes de serem apresentados como práticas do setor. [\[R45\]](#)

Um caso de aplicação com impacto imediato é a redução de desperdício de material. A PME pode começar por medir desperdício por família de produto, tipo de material, ordem de produção ou etapa de corte. Depois, pode usar *software* de otimização, *dashboards* e regras de reaproveitamento para reduzir perdas e melhorar previsibilidade de custos. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Outro caso útil é a gestão digital de versões e especificações. Em produtos personalizados, alterações de medidas, acabamentos, componentes ou requisitos do cliente podem gerar erros se não houver ligação clara entre comercial, desenho, produção e montagem. Um sistema simples de gestão documental e controlo de versões pode reduzir retrabalho e melhorar comunicação interna. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Tabela 22: Casos de aplicação no mobiliário, madeira e componentes.

Caso	Problema típico	Dados mínimos	Tecnologia possível	KPI	Primeiro passo
Otimização de corte	Desperdício elevado.	Material, plano de corte e sobras.	<i>Software</i> de corte, BI.	% desperdício.	Medir perdas por material.
Planeamento de produção	Atrasos e WIP elevado.	Ordem, etapa, capacidade e prazo.	ERP/MES, <i>dashboard</i> .	<i>Lead time</i> / WIP.	Mapear linha crítica.
Gestão de versões	Erros em encomendas personalizadas.	Desenho, versão, cliente e BOM.	Gestão documental, ERP.	Nº de erros por versão.	Criar regra de aprovação.
Stocks de materiais	Ruturas ou excesso.	Stock, consumo e fornecedor.	ERP, BI.	Ruturas / stock parado.	Definir stock crítico.
Controlo de acabamento	Retrabalho e variação de qualidade.	Defeito, lote e operação.	Registo digital, BI.	% retrabalho.	Normalizar defeitos.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#).

7.4 Têxtil e vestuário

No têxtil e vestuário, os casos de aplicação digital podem focar planeamento de séries curtas, controlo de qualidade, rastreabilidade de lotes, eficiência energética, gestão de encomendas, redução de retrabalho e acompanhamento de prazos. O CITEVE tem uma área dedicada à transição digital, com competências orientadas para soluções adaptadas às necessidades específicas das empresas do setor têxtil e do vestuário. [\[R1\]](#); [\[R35\]](#)

Um caso relevante é a digitalização do controlo de qualidade, permitindo registar defeitos por lote, linha, operação, tipo de material ou turno. Estes dados ajudam a identificar padrões, discutir causas com as equipas e priorizar ações corretivas. Numa fase mais avançada, podem alimentar modelos de IA para deteção de padrões ou apoio à inspeção. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R35\]](#)

Outro caso importante é a monitorização de energia por linha, turno ou processo. Em setores intensivos em energia, *dashboards* simples podem ajudar a relacionar consumo com volume produzido, paragens, retrabalho ou horários de funcionamento. Esta abordagem liga transformação digital à sustentabilidade e à redução de custos. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R35\]](#)

Tabela 23: Casos de aplicação no têxtil e vestuário.

Caso	Problema típico	Dados mínimos	Tecnologia possível	KPI	Primeiro passo
Qualidade digital	Defeitos recorrentes.	Tipo de defeito, lote e operação.	BI, IA, registo digital.	Taxa de defeitos.	Normalizar defeitos.
Planeamento de séries	Prazos curtos e variedade.	Ordem, linha e capacidade.	ERP/MES, <i>dashboard</i> .	Cumprimento de prazos.	Criar <i>dashboard</i> de ordens.
Energia	Consumo elevado.	kWh, linha, turno e produto.	Sensores, BI.	kWh/unidade.	Medir área piloto.

Caso	Problema típico	Dados mínimos	Tecnologia possível	KPI	Primeiro passo
Rastreabilidade	Lotes pouco visíveis.	Lote, material e operação.	QR/RFID, ERP.	Tempo de rastreio.	Digitalizar lotes críticos.
Formação operacional	Rotatividade ou erros.	Procedimentos e ocorrências.	RA/RV, vídeo, LMS.	Tempo de integração.	Criar instruções digitais.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R19\]](#); [\[R35\]](#).

7.5 Calçado e couro

No calçado e couro, os casos de aplicação digital devem centrar-se em rastreabilidade de materiais, controlo de qualidade, gestão de pequenas séries, personalização, planeamento, controlo de versões e resposta ao cliente. O CTCP, através do projeto STEP2Digital, enquadra a transição digital e verde do cluster do calçado, com prioridade atribuída ao reforço da maturidade digital, eficiência energética e sustentabilidade industrial das PME. [\[R1\]](#); [\[R36\]](#)

Um caso de aplicação relevante é a rastreabilidade de componentes e materiais, ligando couro, solas, componentes, fornecedor, lote, modelo e ordem de produção. Esta ligação reduz o tempo necessário para responder a reclamações, controlar qualidade e demonstrar conformidade. [\[R1\]](#); [\[R36\]](#)

Outro caso com valor é a gestão de pequenas séries e personalização. Como a variedade de modelos, tamanhos, materiais e acabamentos pode aumentar complexidade, a digitalização deve garantir que comercial, desenvolvimento, produção e qualidade trabalham sobre a mesma versão da informação. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Tabela 24: Casos de aplicação no calçado e couro.

Caso	Problema típico	Dados mínimos	Tecnologia possível	KPI	Primeiro passo
Rastreabilidade de materiais	Dificuldade em localizar lotes.	Material, fornecedor, lote e modelo.	QR/RFID, ERP.	Tempo de rastreio.	Criar ficha digital.
Pequenas séries	Erros por variante.	Modelo, tamanho, cor e BOM.	ERP, gestão documental.	Erros por lote.	Controlar versões.
Qualidade	Retrabalho e devoluções.	Defeito, operação e lote.	BI, visão computacional.	% retrabalho.	Normalizar causas.
Planeamento	Prazos instáveis.	Ordem, capacidade e data.	ERP/MES, BI.	Entregas no prazo.	Criar um <i>dashboard</i> de planeamento.
Energia e sustentabilidade	Pressão ambiental e custos energéticos.	Energia, perdas e materiais.	BI, sensores.	kWh/par produzido.	Medir área crítica.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R36\]](#).

7.6 Agroalimentar

No agroalimentar, os casos de aplicação digital devem focar rastreabilidade, qualidade, segurança alimentar, controlo de temperatura, validade, perdas, energia e conformidade. A rastreabilidade alimentar é especialmente relevante no contexto europeu, uma vez que o Regulamento (CE) n.º 178/2002 estabelece princípios gerais da legislação alimentar, incluindo a capacidade de rastrear alimentos, ingredientes e substâncias ao longo da cadeia. [\[R37\]](#)

Um caso prioritário é a rastreabilidade de lotes, ligando origem, matéria-prima, processo, controlo de qualidade, validade, armazenamento e expedição. Esta rastreabilidade

permite responder mais rapidamente a reclamações, auditorias, incidentes de qualidade ou necessidades de recolha. [\[R37\]](#)

Outro caso relevante é a monitorização de temperatura e condições de conservação. Sensores, alertas e *dashboards* podem ajudar a controlar desvios em câmaras, transporte, armazenamento ou etapas críticas, reduzindo perdas e aumentando a confiança nos registos. [\[R1\]](#); [\[R28\]](#); [\[R37\]](#)

Tabela 25: Casos de aplicação no agroalimentar.

Caso	Problema típico	Dados mínimos	Tecnologia possível	KPI	Primeiro passo
Rastreabilidade de lotes	Dificuldade em seguir produto.	Lote, origem, validade e destino.	ERP, QR/RFID.	Tempo de rastreio.	Digitalizar lotes críticos.
Controlo de temperatura	Desvios não detetados.	Temperatura, hora e local.	Sensores, alertas.	Nº de desvios.	Monitorizar ponto crítico.
Perdas e desperdício	Quebras elevadas.	Produção, perdas e causa.	BI, sensores.	% perdas.	Medir perdas por etapa.
Qualidade e conformidade	Registos dispersos.	Inspeções, certificados e análises.	Gestão documental.	Não conformidades.	Centralizar registos.
Energia	Custos elevados.	kWh, linha e processo.	BI, sensores.	kWh/kg produzido.	Criar dashboard energético.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R28\]](#); [\[R37\]](#).

7.7 Critérios para adaptar um caso ao contexto da PME

A adaptação de um caso deve considerar maturidade, dimensão, risco, dados disponíveis, competências, orçamento e capacidade de manutenção. Uma PME não deve copiar um caso sofisticado se ainda não tem dados mínimos ou responsáveis definidos. O melhor

caso é aquele que resolve um problema relevante e deixa a empresa mais preparada para evoluir. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R19\]](#)

A empresa deve também distinguir entre casos de base, casos de visibilidade, casos de controlo e casos avançados. Casos de base organizam dados e processos; casos de visibilidade mostram o que está a acontecer; casos de controlo reforçam rastreabilidade e qualidade; casos avançados usam IA, *Digital Twins* ou simulação para antecipar e melhorar decisões. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#)

Tabela 26: Ferramenta “Matriz de adaptação do caso à PME”.

Critério	Pergunta de validação	Decisão
Relevância	Este problema existe na nossa empresa?	Manter / excluir
Impacto	Afeta custo, prazo, qualidade, energia ou risco?	Alto / médio / baixo
Dados	Temos dados mínimos para medir?	Sim / parcial / não
Maturidade	Estamos preparados para esta tecnologia?	Sim / com preparação / não
Utilizadores	Quem vai usar e validar?	Área definida
Risco	O risco é aceitável e controlável?	Sim / rever
Escala	Pode crescer se funcionar?	Sim / limitado
Próximo passo	O que fazemos agora?	Testar / preparar / adiar

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#).

Exemplo contínuo - MoveTec

Na MoveTec, os casos de aplicação mais adequados não começam por tecnologia avançada. A empresa deve priorizar a normalização de causas de paragem, um *dashboard* simples de produção, a rastreabilidade por ordem de fabrico, o registo digital de

qualidade e a medição energética numa área crítica. Estes casos criam dados, rotinas e confiança para evoluir posteriormente para IA e *Digital Twins*. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Num segundo momento, a MoveTec poderá testar IA para identificar padrões de paragem em máquinas críticas e um modelo digital descritivo da linha corte-acabamento-montagem. A evolução deve depender da qualidade dos dados, da aceitação das equipas, da segurança da infraestrutura e da evidência de valor obtida nos primeiros pilotos. [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#)

Tabela 27: Sequência de casos para a MoveTec.

Fase	Caso	Objetivo	Indicador
1. Base	Normalizar causas de paragem.	Criar dados fiáveis.	% registos completos.
2. Visibilidade	<i>Dashboard</i> de produção.	Acompanhar WIP e atrasos.	Ordens em atraso.
3. Controlo	Rastreabilidade por ordem.	Ligar encomenda, operação e qualidade.	Tempo de rastreio.
4. Eficiência	Medição energética.	Relacionar produção e consumo.	kWh/unidade.
5. Avançado	IA para manutenção.	Antecipar padrões de falha.	Redução de <i>downtime</i> .
6. Avançado	Modelo digital de linha, evolutivo para Digital Twin.	Simular capacidade e atrasos.	Lead time / WIP.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#).

7.8 Mensagens-chave do capítulo

Os casos de aplicação mostram que a transformação digital não começa pela tecnologia, mas pelo problema. A PME deve escolher casos pequenos, mensuráveis e úteis, capazes de criar valor imediato e preparar bases para tecnologias mais avançadas. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Um bom caso de aplicação deve ligar problema, processo, decisão, dados, tecnologia, KPI, condição mínima, risco e próximo passo. Esta estrutura ajuda a PME a evitar escolhas

por moda tecnológica e a transformar ideias digitais em experiências controladas, avaliáveis e ajustáveis. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R19\]](#)

A mesma tecnologia pode ter valores diferentes consoante o setor. Na metalomecânica, pode ser prioritária a monitorização de CNC e a rastreabilidade técnico-produtiva; no mobiliário e madeira, a otimização de corte e a gestão de versões; no têxtil, o controlo de qualidade e a energia; no calçado, a rastreabilidade de materiais e pequenas séries; no agroalimentar, a rastreabilidade de lotes e a conformidade. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R35\]](#); [\[R36\]](#); [\[R37\]](#)

A maturidade digital deve condicionar a escolha do caso. Uma PME com dados frágeis deve começar por normalizar registos e criar *dashboards* simples; uma PME com processos mapeados e dados consistentes pode avançar para sensores, IA ou *Digital Twins*; uma PME com baixa segurança deve reforçar acessos, cópias de segurança e continuidade antes de aumentar conectividade. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Os setores industriais do Tâmega e Sousa podem beneficiar de casos de aplicação diferentes, mas a lógica de decisão é comum: começar por uma dor operacional relevante, medir a situação atual, envolver utilizadores, testar em pequena escala, controlar riscos e escalar apenas quando houver valor demonstrado. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A MoveTec ilustra esta lógica de progressão. Em vez de começar por IA ou Digital Twins, a empresa começa por causas de paragem, *dashboards*, rastreabilidade, qualidade e energia. Só depois de criar dados fiáveis, rotinas e confiança faz sentido avançar para tecnologias mais exigentes. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#)

Mensagem de fecho: Os casos de aplicação são pontes entre estratégia e execução. A PME deve usá-los para transformar problemas reais em pilotos concretos, com dados mínimos, indicadores claros, risco controlado e aprendizagem prática. O melhor caso não é o mais sofisticado; é aquele que resolve um problema prioritário e prepara a empresa para evoluir com segurança. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)



8 Implementar a transformação digital: roadmap, pilotos e escala

8 Implementar a transformação digital: *roadmap, pilotos e escala*

Pergunta-guia

Como transformar prioridades digitais em ações concretas, faseadas e mensuráveis?

Objetivos do capítulo

- Apresentar uma sequência prática de implementação da transformação digital;
- Organizar iniciativas por fases e horizontes temporais;
- Definir um plano de arranque de 90 dias;
- Explicar a passagem de prova de conceito para piloto, escala e operação estabilizada;
- Clarificar dependências, governação, responsabilidades e critérios de decisão;
- Ajudar a PME a acompanhar a execução, avaliar resultados e decidir quando avançar, ajustar, escalar ou encerrar.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir construir um *roadmap* com prioridades, responsáveis, prazos, recursos, riscos, KPIs e critérios de decisão, transformando a estratégia digital num plano de execução realista, faseado e mensurável.

O *roadmap* transforma a estratégia em execução. Enquanto o Capítulo 6 define a estratégia, as prioridades, os objetivos e os critérios de escolha, e o Capítulo 7 apresenta casos de aplicação possíveis, este capítulo organiza a implementação: fases, prazos, responsáveis, recursos, dependências, pilotos, riscos e critérios de avaliação. Assim, evita-se que a transformação digital fique apenas como intenção estratégica ou lista de tecnologias desejadas. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

A lógica adotada neste capítulo segue a sequência metodológica do *Roadmap SHIFT2Future*: diagnóstico, visão da estratégia de digitalização, plano de ação e equipa, execução e avaliação. Para este guia, essa sequência é adaptada à realidade das PME industriais, com recurso a pilotos de pequena dimensão, dados mínimos, riscos controlados, responsáveis claros e decisões baseadas em evidência. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

8.1 Lógica geral do *roadmap*

O *roadmap* deve ser simples, faseado e baseado em evidência. Deve começar por problemas prioritários, criar bases digitais, testar em pequena escala, avaliar resultados e só depois escalar. Esta abordagem reduz risco e evita investimentos complexos antes de existirem dados, processos, competências e segurança suficientes. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R31\]](#)

A estrutura proposta organiza a implementação em cinco fases: confirmar o diagnóstico, definir a visão e prioridades, preparar o plano de ação e a equipa, executar pilotos e iniciativas, e avaliar, escalar ou ajustar. Estas fases permitem transformar a maturidade digital, a estratégia e os casos de aplicação num percurso prático de execução. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Cada fase deve produzir entregáveis concretos. O diagnóstico deve gerar um perfil de maturidade; a visão deve clarificar ambição e valor esperado; o plano de ação deve definir iniciativas, responsáveis e recursos; a execução deve testar soluções em contexto real; e a avaliação deve permitir decidir se a iniciativa avança, é revista, é adiada ou é encerrada. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 28: Estrutura metodológica do roadmap.

Fase	Pergunta-chave	Entregável principal	Decisão associada
1. Diagnóstico	Onde estamos?	Perfil de maturidade digital e lacunas críticas.	Que fragilidades bloqueiam a evolução?
2. Visão e prioridades	Onde queremos chegar e porquê?	Visão digital, prioridades e objetivos SMART.	Que problemas devem ser resolvidos primeiro?
3. Plano de ação e equipa	Como vamos executar?	Plano de ação, responsáveis, recursos, riscos e KPIs.	Que iniciativas têm condições para arrancar?
4. Execução	Funciona em contexto real?	Prova de conceito, piloto ou iniciativa implementada.	A solução cria valor e é utilizável?
5. Avaliação e escala	Vale a pena ampliar?	Relatório de avaliação e decisão de escala.	Avançar, rever, adiar ou encerrar?

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#).

8.2 Fase 1 - Confirmar o diagnóstico

A primeira fase do *roadmap* consiste em confirmar o diagnóstico de maturidade digital. A PME deve rever o seu ponto de partida: processos críticos, dados disponíveis, sistemas existentes, competências, cibersegurança, infraestrutura, sustentabilidade e dependências externas. Esta etapa evita que o plano de implementação avance com pressupostos frágeis. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R33\]](#)

O diagnóstico deve identificar lacunas críticas e não apenas oportunidades tecnológicas. Dados incompletos, processos não mapeados, ausência de responsáveis, falta de cópias de segurança testadas, baixa integração entre sistemas ou dependência excessiva de fornecedores podem impedir o sucesso de iniciativas mais avançadas, como IA, *Digital Twins* ou automação. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Nesta fase, a empresa deve escolher as dimensões que precisam de reforço imediato. Nem todas as fragilidades têm o mesmo peso: uma falha de cibersegurança pode exigir

ação urgente; dados de manutenção inconsistentes podem bloquear IA; ausência de processos mapeados pode impedir *Digital Twins*; e falta de responsáveis pode comprometer qualquer piloto. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Tabela 29: Confirmação do diagnóstico.

Dimensão	Questão de validação	Evidência necessária	Prioridade
Estratégia e governação	Há prioridades digitais claras?	Roteiro, responsável, objetivos e KPIs.	
Pessoas e competências	As equipas têm capacidade para participar?	Formação, disponibilidade e utilizadores-chave.	
Processos e operações	Os processos críticos estão mapeados?	Mapas de processo, etapas, exceções e responsáveis.	
Dados e interoperabilidade	Existem dados mínimos fiáveis?	Fontes oficiais, qualidade dos dados e integrações.	
Tecnologia e infraestrutura	A base tecnológica suporta o projeto?	Sistemas, rede, cloud, sensores, suporte e documentação.	
Cibersegurança e continuidade	Os riscos digitais estão controlados?	MFA, cópias de segurança, acessos e resposta a incidentes.	
Sustentabilidade e resiliência	O projeto contribui para reduzir desperdício, energia ou risco?	Indicadores ambientais e operacionais.	
Gestão do conhecimento e parcerias	A PME consegue aprender e manter a solução?	Documentação, transferência de conhecimento e apoio externo.	

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R31\]](#); [\[R33\]](#).

8.3 Fase 2 - Definir visão, prioridades e objetivos

Depois de confirmar o diagnóstico, a PME deve recuperar a estratégia definida no Capítulo 6 e traduzi-la numa visão digital simples para a implementação. Esta visão deve indicar que capacidades pretende desenvolver nos próximos dois a três anos e que problemas pretende resolver primeiro. A visão não deve ser genérica; deve estar ligada à produção, qualidade, manutenção, energia, rastreabilidade, planeamento, clientes ou segurança. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

As prioridades devem nascer da interseção entre impacto, urgência, esforço e dependências. Uma ação pode ser prioritária porque gera valor rápido, porque reduz risco crítico ou porque desbloqueia projetos futuros. Por exemplo, normalizar dados de paragem pode ser mais prioritário do que comprar sensores, se a empresa ainda não sabe classificar causas de avaria de forma consistente. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

Cada prioridade deve ser traduzida em objetivos SMART e KPIs, retomando os critérios definidos no Capítulo 6. O objetivo define o resultado esperado; o KPI permite medir progresso; a *baseline* mostra o ponto de partida; e a meta permite avaliar se a iniciativa criou valor. Sem esta ligação, o *roadmap* corre o risco de se tornar uma lista de tarefas sem avaliação real de impacto. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

Tabela 30: Priorização de iniciativas no roadmap.

Prioridade	Problema associado	Impacto	Urgência	Esforço	Dependência	KPI
		Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	
		Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	
		Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#).

8.4 Fase 3 - Preparar o plano de ação, a equipa e os primeiros 90 dias

A terceira fase transforma prioridades em plano de ação. Para cada iniciativa, a PME deve definir objetivo, responsável, equipa envolvida, prazo, recursos, dados necessários, tecnologia prevista, riscos, custos, KPI e critério de decisão. Esta preparação reduz improvisação e aumenta a probabilidade de execução. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

O plano deve distinguir ações de base, pilotos e projetos estruturantes. Ações de base criam condições, como processos mapeados, dados normalizados, acessos controlados ou cópias de segurança testadas. Pilotos testam valor em contexto limitado. Projetos estruturantes consolidam capacidades, como integração ERP/MES, *Business Intelligence*, rastreabilidade ou *Digital Twins*. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Esta fase inclui três componentes práticas: o plano de ação por iniciativa, a definição da equipa e das responsabilidades, e o plano de arranque de 90 dias. Juntas, estas componentes ajudam a PME a passar da intenção para a execução sem criar uma estrutura pesada ou difícil de manter. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

8.4.1 Plano de ação por iniciativa

O plano de ação deve ser construído iniciativa a iniciativa. Esta abordagem é mais útil para PME do que um plano demasiado genérico, porque obriga a clarificar o problema, os dados, os recursos, os responsáveis, os riscos e o critério de decisão de cada ação. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Cada iniciativa deve ter fronteiras claras. A PME deve saber se está perante uma ação de base, um piloto ou um projeto estruturante; que área será envolvida; que dados serão usados; quem validará os resultados; e que evidência será necessária para avançar, rever, adiar ou encerrar. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R33\]](#)

Tabela 31: Plano de ação por iniciativa.

Elemento	Pergunta prática	Resposta da PME
Iniciativa	O que vai ser implementado?	
Problema	Que problema resolve?	
Objetivo	Que resultado se pretende atingir?	
KPI e baseline	Como será medido o progresso?	
Responsável	Quem lidera e presta contas?	
Utilizadores-chave	Quem usa, valida e dá feedback?	
Dados necessários	Que dados existem e que dados faltam?	
Recursos	Que pessoas, orçamento e tempo são necessários?	
Riscos	Que riscos técnicos, humanos, financeiros ou de segurança existem?	
Critério de decisão	Quando avançar, rever, adiar ou encerrar?	

Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#).

8.4.2 Equipa e responsabilidades

A equipa deve ser pequena, mas representativa. Deve incluir um patrocinador da gestão, um responsável operacional, utilizadores-chave, responsáveis pelos dados e apoio técnico interno ou externo. O objetivo não é criar uma estrutura pesada, mas garantir que existe decisão, validação, execução e aprendizagem. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A governação do *roadmap* deve ser simples. Numa PME, isso pode significar uma pequena equipa que acompanha progresso, riscos, custos, indicadores e decisões. O importante é que a transformação digital não dependa apenas de entusiasmo inicial, de uma pessoa-chave ou do fornecedor. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A governação deve definir ritmos de acompanhamento. Por exemplo, uma reunião curta quinzenal pode acompanhar pilotos; uma reunião mensal pode rever KPIs, riscos e

dependências; e uma revisão trimestral pode decidir se o *roadmap* deve ser ajustado. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A documentação também faz parte da governação. Cada piloto deve deixar registo de objetivos, dados usados, decisões tomadas, problemas encontrados, resultados medidos, riscos e aprendizagens. Esta memória evita repetição de erros e aumenta a autonomia da PME face a fornecedores externos. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 32: Modelo simples de governação do roadmap.

Papel	Responsabilidade	Evidência esperada
Patrocinador de gestão	Define prioridade, desbloqueia recursos e valida decisões.	Decisões registadas e prioridades aprovadas.
Responsável operacional	Coordena execução no processo ou área-piloto.	Plano de ação e acompanhamento operacional.
Responsável pelos dados	Garante qualidade, fontes e regras de dados.	Dicionário de dados, fontes e validações.
Utilizadores-chave	Testam, validam e dão feedback sobre a solução.	Feedback, sugestões e aceitação de uso.
Apoio técnico interno/externo	Implementa ou apoia solução, integração e segurança.	Documentação técnica e transferência de conhecimento.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#).

8.4.3 Gestão de dependências

A gestão de dependências deve ser realizada ainda na fase de preparação do plano de ação. Esta análise evita saltos tecnológicos e ajuda a PME a perceber que algumas iniciativas só fazem sentido depois de outras condições estarem resolvidas. IA depende de dados fiáveis; *Digital Twins* dependem de processo mapeado e dados atualizados; *cloud* depende de regras de acesso, segurança e fornecedores; *dashboards* dependem de fontes oficiais e KPIs claros; e rastreabilidade depende de códigos, lotes e regras de registo. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R29\]](#)

Identificar dependências permite ordenar o *roadmap*. Se a empresa quer usar IA para manutenção, pode precisar primeiro de normalizar causas de avaria. Se quer criar um *Digital Twin*, pode precisar de mapear o processo e definir tempos, estados e capacidades. Se quer usar *cloud*, deve rever acessos, cópias de segurança, continuidade e dependência de fornecedor. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Tabela 33: Dependências críticas entre iniciativas digitais.

Iniciativa futura	Dependência crítica	Ação preparatória
<i>Dashboard</i> de produção	KPIs e dados mínimos.	Definir indicadores, fontes e responsáveis.
IA para manutenção	Histórico de avarias normalizado.	Normalizar causas, tempos, alarmes e intervenções.
<i>Digital Twin</i>	Processo mapeado e dados atualizados.	Mapear etapas, tempos, WIP, paragens e capacidade.
<i>Cloud</i> industrial	Acessos, cópias de segurança e fornecedor controlado.	Rever permissões, continuidade e condições contratuais.
Rastreabilidade	Códigos, lotes e regras de registo.	Definir codificação única e pontos de recolha de dados.
Automação	Processo estável e volume suficiente.	Estabilizar tarefas, exceções, qualidade e manutenção.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R29\]](#).

8.4.4 Roadmap por horizontes temporais

Além das fases metodológicas, a PME deve organizar o *roadmap* por horizontes temporais. Esta organização ajuda a distribuir esforço, evitar sobrecarga e alinhar iniciativas de curto, médio e longo prazo. O objetivo é criar bases primeiro, testar depois, integrar de seguida e só então evoluir para tecnologias mais avançadas. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R33\]](#)

O horizonte de 0 a 3 meses deve concentrar-se na preparação da base. O horizonte de 3 a 12 meses deve permitir testar pilotos controlados. O horizonte de 12 a 24 meses deve

consolidar integração, dados e rotinas. O horizonte de 24 a 36 meses pode abrir espaço para tecnologias mais avançadas, desde que existam condições técnicas, humanas e organizacionais. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R31\]](#); [\[R33\]](#)

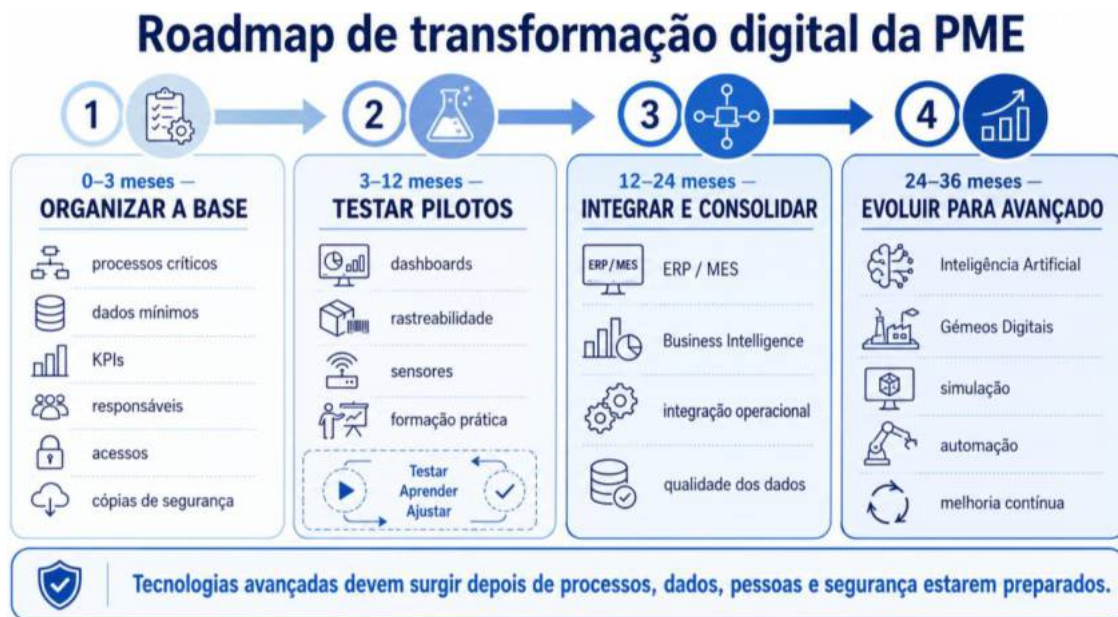


Figura 20: Roadmap por horizontes temporais.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R31\]](#); [\[R33\]](#).

8.4.5 Plano de arranque de 90 dias

O plano de 90 dias serve para tirar a transformação digital do plano conceptual e iniciar ações concretas. Deve focar diagnóstico, priorização, dados, processos, riscos, equipa e preparação do primeiro piloto. Para muitas PME, estes 90 dias não devem servir para implementar tecnologia avançada, mas para criar as condições mínimas para testar com segurança. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#)

Nos primeiros 30 dias, a PME deve confirmar maturidade, escolher um problema prioritário e envolver a equipa. Entre os dias 31 e 60, deve mapear o processo, identificar dados, medir a *baseline*, definir KPI e avaliar riscos. Entre os dias 61 e 90, deve preparar

o piloto, clarificar fornecedor ou solução, garantir segurança mínima e aplicar um *gate* de decisão antes de arrancar. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 34: Plano de arranque de 90 dias.

Período	Ação principal	Resultado esperado
Dias 1-30	Confirmar diagnóstico, escolher problema prioritário e envolver a equipa.	Prioridade definida e equipa mobilizada.
Dias 31-60	Mapear processo, identificar dados, medir <i>baseline</i> , definir KPI e avaliar riscos.	Caso de uso estruturado.
Dias 61-90	Preparar piloto, solução/fornecedor, segurança, recursos e gate de decisão.	Piloto pronto a arrancar ou decisão de adiar/rever.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#).

8.5 Fase 4 - Executar: da prova de conceito ao piloto

A execução deve começar de forma controlada. Uma prova de conceito verifica se a solução é tecnicamente possível; um piloto confirma se a solução funciona em contexto real; a escala só deve ocorrer quando existir valor demonstrado, aceitação pelos utilizadores, segurança adequada e capacidade de manutenção. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A prova de conceito não deve ser confundida com sucesso operacional. Uma tecnologia pode funcionar numa demonstração, com dados de amostra ou num ambiente controlado, mas falhar quando confrontada com dados incompletos, exceções do processo, resistência dos utilizadores ou limitações da infraestrutura. Por isso, a validação em contexto real é essencial. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

O piloto deve ter fronteiras claras: área, equipamento, linha, processo, equipa, duração, KPI e critério de decisão. Esta delimitação permite testar sem comprometer toda a operação e facilita a aprendizagem. Um piloto bem desenhado deve produzir evidência suficiente para decidir se a solução deve avançar, ser ajustada, adiada ou encerrada. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 35: Da prova de conceito à operação estabilizada.

Etapa	Objetivo	Critério para avançar
Prova de conceito	Testar viabilidade técnica.	Funciona com dados reais ou amostra válida.
Piloto	Validar uso em contexto operacional.	Melhora KPI e é aceite pelos utilizadores.
Escala	Alargar a outras áreas, linhas ou processos.	Há valor, segurança, suporte e documentação.
Consolidação	Integrar a solução na rotina.	Processo, dados, responsabilidades e melhoria contínua estabilizados.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#).

8.6 Fase 5 - Avaliar, escalar, ajustar ou encerrar

Cada fase do *roadmap* deve terminar com uma decisão explícita: avançar, rever, adiar ou encerrar. A decisão deve ser baseada em KPI, risco, custo, utilização, qualidade dos dados, aceitação dos utilizadores e capacidade de manutenção. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R38\]](#)

A avaliação deve comparar os resultados com a *baseline*. Se o piloto reduziu paragens, melhorou qualidade, diminuiu desperdício, aumentou fiabilidade dos dados ou reduziu risco, pode justificar escala. Se os resultados foram inconclusivos, a iniciativa deve ser revista. Se as dependências ainda não estão resolvidas, deve ser adiada. Se não demonstrou valor, deve ser encerrada. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R38\]](#)

Escalar não significa apenas alargar tecnologia. Significa garantir suporte, documentação, formação, integração, segurança, dados fiáveis e responsabilidade operacional. Uma solução que funcionou numa linha ou área-piloto pode falhar se for ampliada sem preparar pessoas, processos e infraestrutura. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#)

Tabela 36: Gate de avaliação do roadmap.

Critério	Pergunta de avaliação	Decisão
Valor	O KPI melhorou face à <i>baseline</i> ?	Avançar / Rever / Encerrar
Utilização	Os utilizadores usam e confiam na solução?	Avançar / Rever
Dados	Os dados são fiáveis e sustentáveis?	Avançar / Preparar / Adiar
Risco	Os riscos de cibersegurança e continuidade estão controlados?	Avançar / Rever / Adiar
Custo	O custo total é compatível com o valor criado?	Avançar / Rever / Encerrar
Manutenção	A PME consegue manter a solução?	Avançar / Preparar / Adiar
Escala	Existem condições para ampliar?	Escalar / Manter piloto / Adiar

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R34\]](#); [\[R38\]](#).

Exemplo contínuo – MoveTec

Na MoveTec, o *roadmap* começa com 90 dias dedicados a confirmar o diagnóstico, mapear a linha crítica, normalizar causas de paragem, rever acessos, testar cópias de segurança e definir KPIs. Esta fase permite transformar prioridades estratégicas em ações concretas e preparar o primeiro piloto. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#)

Entre 3 e 12 meses, a empresa testa um *dashboard* de produção e sensores numa máquina crítica. O objetivo é ganhar visibilidade sobre WIP, atrasos, paragens e capacidade. Nesta fase, a MoveTec não procura ainda otimização avançada; procura dados fiáveis e utilização regular pelas equipas. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Entre 12 e 24 meses, a MoveTec integra gradualmente dados de ERP, manutenção e qualidade. Esta integração permite reduzir duplicações, melhorar rastreabilidade e criar uma base mais sólida para análise de desempenho. A empresa passa também a documentar regras de dados, responsabilidades e aprendizagens dos pilotos. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

Só depois, entre 24 e 36 meses, a MoveTec testa IA para padrões de paragem e um modelo digital descritivo da linha corte-acabamento-montagem. Esta sequência reduz risco, porque a empresa só avança para tecnologias avançadas depois de ter processos mapeados, dados mínimos, segurança e aceitação dos utilizadores. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Tabela 37: Roadmap simplificado da MoveTec.

Horizonte	Prioridade	Iniciativa	Indicador
0-3 meses	Criar base.	Mapear linha crítica, normalizar causas de paragem e rever acessos.	% registos completos; cópias de segurança testadas.
3-12 meses	Ganhar visibilidade.	<i>Dashboard</i> de produção e sensores em máquina crítica.	WIP, ordens em atraso e horas de paragem.
12-24 meses	Integrar.	Ligação entre ERP, manutenção, qualidade e indicadores de produção.	% dados integrados e fiáveis.
24-36 meses	Avançar.	IA para manutenção e Modelo digital descritivo.	Redução de <i>downtime</i> ; lead time; qualidade da simulação.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R33\]](#).

Mensagem-chave: O exemplo da MoveTec mostra que um bom *roadmap* não acelera artificialmente a transformação digital. Organiza-a. Primeiro cria bases; depois testa; em seguida integra; e só depois avança para tecnologias mais exigentes, sempre com indicadores, responsáveis e critérios de decisão. [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

8.7 Mensagens-chave do capítulo

O *roadmap* é a ponte entre estratégia e execução. Depois de definir prioridades digitais, a PME precisa de transformar intenções em ações concretas, com responsáveis, prazos, recursos, riscos, KPIs e critérios de decisão. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A sequência metodológica recomendada deve seguir cinco fases: diagnóstico, visão da estratégia de digitalização, plano de ação e equipa, execução e avaliação. Esta lógica, inspirada no *Roadmap SHIFT2Future*, ajuda a PME a avançar de forma estruturada, sem saltos tecnológicos desnecessários. [\[R33\]](#)

O diagnóstico confirma o ponto de partida; a visão define o rumo; o plano de ação organiza iniciativas, equipa e dependências; a execução testa soluções em contexto real; e a avaliação decide se a solução deve avançar, ser revista, adiada ou encerrada. Cada fase deve produzir entregáveis simples e úteis. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

O plano de 90 dias é essencial para começar. Não deve tentar resolver toda a transformação digital, mas sim escolher um problema prioritário, mapear o processo, identificar dados, definir *baseline*, envolver utilizadores, controlar riscos e preparar o primeiro piloto. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R33\]](#)

A gestão de dependências deve acontecer antes da execução. IA, *Digital Twins*, *cloud*, *dashboards*, rastreabilidade e automação só devem avançar quando as respetivas bases estiverem identificadas e preparadas. Esta disciplina evita investimento prematuro e reduz risco de insucesso. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

A passagem de prova de conceito para piloto e escala deve ser disciplinada. Uma solução tecnicamente possível só deve ser ampliada se funcionar em contexto real, melhorar KPIs, for aceite pelos utilizadores, estiver segura e puder ser mantida pela empresa. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R38\]](#)

A governação do *roadmap* deve ser simples, mas explícita. A PME deve saber quem decide, quem executa, quem valida dados, quem acompanha riscos, quem documenta aprendizagens e quem decide se uma iniciativa avança, é revista, é adiada ou é encerrada. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

No caso da MoveTec, o *roadmap* mostra uma progressão prudente: primeiro mapear processos, normalizar dados e reforçar segurança; depois testar *dashboards* e sensores; em seguida integrar sistemas; e só depois avançar para IA e *Digital Twins*. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#)

Mensagem de fecho: Implementar transformação digital não é executar tudo ao mesmo tempo. É avançar por fases, com evidência, disciplina e aprendizagem. Um bom *roadmap* permite à PME começar pequeno, medir resultados, controlar riscos, envolver pessoas e escalar apenas aquilo que demonstra valor real. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)



9 Barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso

9 Barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso

Pergunta-guia

- Que obstáculos, riscos e condições críticas devem ser considerados para aumentar a probabilidade de sucesso da transformação digital numa PME industrial?

Objetivos do capítulo

- Identificar barreiras típicas à transformação digital em PME industriais;
- Distinguir barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso;
- Apresentar um modelo simples de registo e acompanhamento de riscos;
- Analisar riscos de cibersegurança, dados, IA, automação, fornecedores, custos, sustentabilidade e adoção;
- Definir fatores críticos que aumentam a probabilidade de sucesso;
- Apoiar a PME na preparação de respostas práticas antes, durante e depois dos pilotos digitais.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir antecipar barreiras, criar um registo simples de riscos, definir medidas de mitigação, identificar responsáveis e reconhecer os fatores críticos que devem estar presentes para que a transformação digital crie valor de forma segura, sustentável e adotada pelas equipas.

A transformação digital nas PME industriais falha muitas vezes por razões não tecnológicas: falta de tempo, dados fracos, processos pouco claros, resistência interna, baixa cibersegurança, dependência de fornecedores ou ausência de indicadores. Antecipar estas barreiras aumenta a probabilidade de sucesso e evita que a tecnologia seja responsabilizada por problemas que, na prática, resultam de fragilidades organizacionais, humanas ou de gestão. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Este capítulo organiza o tema em três blocos: barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso. As barreiras ajudam a perceber o que bloqueia a transformação; os riscos ajudam a identificar o que pode correr mal; e os fatores críticos de sucesso mostram que condições devem estar presentes para que uma iniciativa digital seja bem executada, adotada e sustentada ao longo do tempo. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R39\]](#)



Figura 21: Barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R38\]](#); [\[R39\]](#).

9.1 Barreiras à transformação digital

As barreiras são obstáculos que dificultam ou atrasam a transformação digital. Numa PME industrial, estas barreiras podem estar ligadas à falta de tempo, escassez de recursos, baixa literacia digital, dados dispersos, processos pouco documentados, resistência das equipas, ausência de indicadores ou receio de custos e dependência tecnológica. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Reconhecer barreiras não significa justificar a inação. Pelo contrário, permite escolher uma resposta proporcional. Uma PME com pouco tempo pode começar por pilotos pequenos; uma empresa com dados dispersos pode criar fontes oficiais; uma equipa resistente pode ser envolvida desde o início; e uma empresa dependente de fornecedores pode exigir documentação, transferência de conhecimento e portabilidade dos dados. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

Tabela 38: Barreiras típicas nas PME industriais.

Barreira	Como se manifesta	Resposta prática
Falta de tempo	Os projetos digitais ficam sempre para depois.	Criar pilotos pequenos, com responsáveis claros e prazos curtos.
Recursos limitados	A PME receia custos, esforço interno ou falta de orçamento.	Priorizar ações de base e ganhos rápidos antes de projetos estruturantes.
Dados dispersos	Cada área tem a sua versão da informação.	Definir fontes oficiais, responsáveis pelos dados e regras de qualidade.
Processos pouco claros	A empresa tenta digitalizar processos que ainda não estão mapeados.	Mapear processos críticos antes de escolher tecnologia.
Resistência interna	As equipas usam pouco as ferramentas ou não confiam na mudança.	Envolver utilizadores desde o início e explicar o propósito da iniciativa.
Falta de competências	A empresa depende totalmente do fornecedor ou de uma pessoa-chave.	Criar formação prática, documentação e transferência de conhecimento.

Barreira	Como se manifesta	Resposta prática
Segurança frágil	A empresa aumenta conectividade sem controlar acessos, backups ou fornecedores.	Reforçar MFA, cópias de segurança, permissões e resposta a incidentes.
Falta de KPI	Não se consegue demonstrar valor ou justificar escala.	Definir baseline, KPI e critério de sucesso antes do piloto.
Dependência tecnológica	A solução fica difícil de manter, integrar ou abandonar.	Avaliar portabilidade, interoperabilidade, documentação e critério de saída.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#).

A resposta às barreiras deve ser pragmática. Em vez de tentar resolver tudo antes de começar, a PME deve identificar as barreiras mais críticas para o primeiro piloto e definir ações mínimas para as reduzir. O objetivo é criar condições suficientes para avançar com segurança, não esperar por uma maturidade perfeita. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R33\]](#)

9.2 Riscos da transformação digital

Os riscos são eventos, condições ou incertezas que podem afetar negativamente a transformação digital. Podem estar ligados a dados, cibersegurança, custos, fornecedores, adoção, operação, sustentabilidade, IA, automação ou continuidade do negócio. Ao contrário das barreiras, que dificultam o arranque, os riscos podem surgir antes, durante ou depois da implementação. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R39\]](#)

A gestão de riscos não deve ser complexa. Para uma PME, o mais importante é criar um registo simples, rever os riscos com regularidade e garantir que cada risco tem mitigação, responsável e estado. Esta prática ajuda a transformar preocupações dispersas em decisões acompanháveis. [\[R55\]](#); [\[R6\]](#); [\[R39\]](#)

9.2.1 Criar um registo simples de riscos

Um registo de riscos ajuda a PME a identificar, acompanhar e mitigar ameaças antes de estas se transformarem em problemas operacionais. Cada risco deve ser descrito de forma clara e avaliado segundo probabilidade, impacto, mitigação, responsável e estado.

[\[R55\]](#); [\[R6\]](#); [\[R39\]](#)

A classificação não precisa de ser sofisticada. Pode usar escalas simples, como baixa, média e alta, desde que a equipa compreenda os critérios e os aplique de forma consistente. O mais importante é que os riscos sejam revistos durante o piloto e antes de decisões de escala. [\[R55\]](#); [\[R6\]](#); [\[R39\]](#)

Tabela 39: Registo simples de riscos.

Risco	Probabilidade	Impacto	Mitigação	Responsável	Estado
Dados incompletos.	Alta	Alto	Normalizar campos críticos e validar fontes.		
Baixa adesão dos operadores.	Média	Alto	Envolver utilizadores no desenho e teste do piloto.		
Fornecedor sem documentação.	Média	Alto	Exigir documentação, formação e exportação de dados.		
Falha de backup.	Baixa	Muito alto	Testar cópias de segurança mensalmente.		
Custos recorrentes acima do previsto.	Média	Médio	Calcular TCO antes da contratação.		
Falta de responsável interno.	Média	Alto	Nomear responsável operacional e dirigente		

Risco	Probabilidade	Impacto	Mitigação	Responsável	Estado
			responsável de gestão.		
Integração difícil com sistemas existentes.	Média	Alto	Avaliar APIs, formatos de dados e requisitos técnicos.		

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R55\]](#); [\[R39\]](#).

9.2.2 Riscos de cibersegurança e continuidade operacional

A conectividade aumenta a exposição a incidentes. Antes de ligar máquinas, sensores, *cloud*, fornecedores ou acessos remotos, a PME deve controlar acessos, ativar MFA quando aplicável, testar cópias de segurança, atualizar sistemas, rever permissões de fornecedores e definir uma resposta mínima a incidentes. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A *cibersegurança* deve ser tratada como condição de base e não como etapa final. Quanto mais a empresa integra sistemas, recolhe dados ou depende de serviços externos, maior é a necessidade de proteger credenciais, dados, equipamentos, redes e continuidade operacional. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Tabela 40: Riscos de cibersegurança e continuidade operacional.

Risco	Impacto possível	Medida de mitigação
Acessos sem controlo	Uso indevido de sistemas ou dados.	Revisão de permissões e MFA quando aplicável.
Cópias de segurança não testadas	Perda de dados ou paragem prolongada.	Testes periódicos de backup e recuperação.
Fornecedor com acessos excessivos	Dependência, exposição ou alteração não controlada.	Acessos limitados, registados e revistos.
Sistemas desatualizados	Vulnerabilidades exploráveis.	Atualizações e inventário de sistemas críticos.
Ausência de plano de resposta	Reação lenta perante incidentes.	Procedimento simples de resposta e responsáveis definidos.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R5\]](#); [\[R6\]](#).

9.2.3 Riscos associados a dados, IA e automação

Projetos baseados em dados, IA ou automação podem gerar decisões erradas quando os dados são incompletos, enviesados, desatualizados, mal interpretados ou recolhidos sem regras claras. Por isso, a PME deve validar fontes, qualidade, contexto e responsabilidade pelos dados antes de usar modelos ou automatismos para apoiar decisões. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#)

A IA deve manter validação humana, monitorização e gestão de risco, sobretudo quando influencia qualidade, prazos, segurança, clientes ou trabalhadores. O objetivo não é travar a inovação, mas garantir que os resultados são compreendidos, acompanhados e usados de forma responsável. [\[R19\]](#)

A automação também pode criar riscos quando é aplicada a processos instáveis, mal documentados ou com muitas exceções. Automatizar sem compreender o processo pode aumentar erros, reduzir flexibilidade ou criar dependência técnica difícil de corrigir. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R19\]](#)

Tabela 41: Riscos associados a dados, IA e automação.

Risco	Como se manifesta	Resposta prática
Dados incompletos	O modelo ou <i>dashboard</i> mostra conclusões frágeis.	Definir dados mínimos, fontes oficiais e validação.
Dados desatualizados	A decisão é baseada em informação antiga.	Criar periodicidade de atualização e responsável.
Interpretação errada	Indicadores ou previsões são usados fora de contexto.	Envolver utilizadores e validar resultados com conhecimento operacional.
Automatização prematura	Processo instável é automatizado antes de ser compreendido.	Mapear processo, exceções e critérios antes de automatizar.
Falta de supervisão humana	Decisões são aceites sem análise crítica.	Manter validação humana e critérios de revisão.
Deriva do modelo	O desempenho da IA degrada-se ao longo do tempo.	Monitorizar resultados e rever dados periodicamente.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R19\]](#).

9.2.4 Riscos humanos, organizacionais e de adoção

A transformação digital pode falhar quando as pessoas não compreendem o objetivo, não confiam nos dados, sentem aumento de carga administrativa ou receiam controlo individual. Nestes casos, a resistência não deve ser vista apenas como oposição à mudança, mas como sinal de que a iniciativa pode não estar suficientemente explicada, desenhada ou integrada no trabalho real. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

A liderança deve comunicar propósito, envolver utilizadores e reconhecer contributos. As equipas devem perceber que a tecnologia pretende apoiar decisões, reduzir desperdício, melhorar processos ou facilitar trabalho, e não apenas criar novos registos ou mecanismos de vigilância. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

A adoção deve ser medida. Se uma solução digital não é usada, é usada apenas por obrigação ou é contornada por folhas paralelas, a PME deve rever a solução, a formação, o processo ou o valor percebido pelos utilizadores. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#)

Tabela 42: Riscos humanos, organizacionais e de adoção.

Risco	Como se manifesta	Resposta prática
Falta de compreensão	As equipas não percebem o objetivo do projeto.	Comunicar problema, benefício e impacto esperado.
Medo de controlo individual	Os trabalhadores veem dados como vigilância.	Explicar uso dos dados e focar melhoria de processo.
Sobrecarga administrativa	A ferramenta aumenta trabalho sem criar valor visível.	Simplificar registos e eliminar duplicações.
Baixa confiança nos dados	As equipas continuam a usar informação paralela.	Validar dados com utilizadores e corrigir fontes.
Dependência de uma pessoa-chave	O projeto para quando essa pessoa não está disponível.	Documentar, formar e distribuir responsabilidades.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#).

9.2.5 Riscos de fornecedor, custo total e dependência tecnológica

O fornecedor pode acelerar a transformação digital, mas também pode criar dependência. A PME deve clarificar propriedade e portabilidade dos dados, documentação, interoperabilidade, suporte, segurança, custos recorrentes e plano de saída antes de contratar ou escalar uma solução. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R56\]](#)

O custo total de propriedade deve ser avaliado desde o início. Uma solução aparentemente acessível pode tornar-se onerosa quando se consideram licenças, implementação, formação, manutenção, integrações, atualizações, suporte, cibersegurança, tempo interno da equipa e eventual custo de migração ou saída. [\[R1\]](#); [\[R34\]](#)

A PME deve estimar o custo total ao longo do ciclo de vida, incluindo implementação, integração, formação, operação, manutenção, atualização e saída. Para serviços de computação em nuvem, deve ainda avaliar interoperabilidade, portabilidade, formatos de exportação, assistência à mudança e condições contratuais. [\[R34\]](#); [\[R56\]](#)

A dependência tecnológica não é apenas financeira. Também pode ocorrer quando a PME não compreende a solução, não recebe documentação, não consegue exportar dados, não tem alternativas de suporte ou não desenvolve capacidade interna mínima. [\[R1\]](#)

Tabela 43: Riscos de fornecedor, TCO e dependência tecnológica.

Risco	Impacto possível	Resposta prática
Dados presos ao fornecedor	Dificuldade em migrar ou integrar.	Garantir exportação de dados em formato utilizável.
Ausência de documentação	Dependência técnica elevada.	Exigir documentação funcional e técnica.
Custos recorrentes pouco claros	Orçamento ultrapassado.	Calcular TCO antes da decisão.
Suporte insuficiente	Paragens ou baixa capacidade de resolução.	Definir níveis de suporte e tempos de resposta.

Risco	Impacto possível	Resposta prática
Falta de interoperabilidade	Sistemas isolados e duplicação de trabalho.	Avaliar integrações, APIs e formatos de dados.
Sem plano de saída	Continuidade comprometida em caso de mudança.	Definir critério de saída e plano de migração.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#).

9.2.6 Riscos de sustentabilidade e resiliência

Projetos digitais devem ser avaliados também pelo seu impacto em energia, desperdício, materiais, condições de trabalho e continuidade operacional. Esta abordagem é coerente com a Indústria 5.0, que reforça sustentabilidade, centralidade nas pessoas e resiliência como dimensões fundamentais da indústria. [\[R4\]](#)

A digitalização pode contribuir para reduzir desperdício, melhorar eficiência energética e aumentar capacidade de resposta, mas também pode criar novos consumos, dependências tecnológicas ou complexidade operacional. Por isso, a PME deve avaliar se cada iniciativa melhora efetivamente a operação e se aumenta ou reduz vulnerabilidades. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#)

Tabela 44: Riscos de sustentabilidade e resiliência.

Risco	Como se manifesta	Resposta prática
Aumento de consumo energético	Mais equipamentos, sensores ou <i>cloud</i> sem controlo.	Monitorizar consumo e avaliar benefício face ao custo energético.
Digitalização sem redução de desperdício	A ferramenta regista problemas, mas não os reduz.	Ligar indicadores digitais a ações de melhoria.
Dependência de conectividade	Operação afetada por falhas de rede ou serviços externos.	Definir procedimentos alternativos e continuidade operacional.
Impacto negativo nas equipas	Mais pressão, registos ou complexidade no trabalho.	Avaliar usabilidade, carga administrativa e condições de trabalho.

Risco	Como se manifesta	Resposta prática
Falta de resiliência	A solução funciona apenas em condições ideais.	Testar exceções, falhas e cenários alternativos.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#).

A identificação, análise, avaliação, tratamento, monitorização e comunicação dos riscos deve seguir um processo proporcional ao contexto da PME. Para o risco empresarial geral, aplica-se a orientação da ISO 31000:2018; para cibersegurança e sistemas de informação, esta orientação pode ser complementada pelo NIST CSF 2.0 e pelo NIST SP 800-30 Rev. 1. As tabelas do guia constituem adaptações práticas e não reproduções integrais destes referenciais. [\[R6\]](#); [\[R39\]](#); [\[R55\]](#)

9.3 Fatores críticos de sucesso

Os fatores críticos de sucesso são condições que aumentam a probabilidade de a transformação digital criar valor. Não garantem sucesso por si só, mas a sua ausência aumenta significativamente o risco de falha, baixa adoção ou retorno limitado. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

Numa PME industrial, estes fatores devem ser tratados como critérios de preparação e acompanhamento. Antes de iniciar um piloto, a empresa deve perguntar se existe patrocínio da gestão, problema claro, dados mínimos, utilizadores envolvidos, riscos controlados, KPI definido, responsável interno e critério de decisão. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 45: Fatores críticos de sucesso.

Fator crítico	O que significa	Evidência esperada
Patrocínio da gestão	A direção remove bloqueios e legitima o projeto.	Recursos, decisões atribuídas e acompanhamento regular.
Problema claro	A iniciativa responde a uma dor real da empresa.	<i>Baseline</i> , impacto esperado e KPI definido.
Dados fiáveis	A informação usada é validada e compreendida.	Fonte oficial, responsável pelos dados e regra de qualidade.
Processos compreendidos	A empresa sabe onde a tecnologia será aplicada.	Processo mapeado, exceções identificadas e responsáveis definidos.
Utilizadores envolvidos	Quem usa a solução participa no desenho, teste e validação.	Testes, feedback, formação e melhorias incorporadas.
Cibersegurança desde o início	O risco digital é controlado antes de escalar.	MFA, cópias de segurança, acessos revistos e resposta a incidentes.
Piloto mensurável	O teste tem âmbito, prazo, indicador e critério de decisão.	<i>Baseline</i> , KPI, prazo e gate de avaliação.
Formação prática	As equipas sabem usar e interpretar a solução.	Sessões, materiais simples e apoio durante o arranque.
Transferência de conhecimento	A PME não depende totalmente do fornecedor.	Documentação, formação interna e capacidade mínima de manutenção.
Escala com evidência	Só cresce o que demonstrou valor e pode ser sustentado.	Relatório de avaliação e decisão fundamentada.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R38\]](#).

Exemplo contínuo - MoveTec

Na MoveTec, antes de iniciar o piloto de *dashboard* de produção e monitorização de paragens, a equipa identifica três riscos principais: dados de manutenção pouco normalizados, receio dos operadores sobre o uso dos dados e ausência de MFA em

sistemas críticos. Cada risco é registado com probabilidade, impacto, mitigação, responsável e data de revisão. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R39\]](#)

Para responder ao primeiro risco, a MoveTec normaliza causas de paragem e define campos obrigatórios no registo. Para responder ao segundo, envolve operadores no desenho do *dashboard* e comunica que os dados serão usados para melhorar processos, não para avaliação individual. Para responder ao terceiro, revê acessos, ativa MFA quando aplicável e testa cópias de segurança antes de aumentar conectividade. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

A empresa define também fatores críticos de sucesso para o piloto: patrocínio da gestão, responsável operacional, KPI de *downtime*, utilizadores-chave envolvidos, dados mínimos fiáveis, formação prática e critério de decisão para avançar, rever ou adiar. Assim, o piloto começa com barreiras reconhecidas, riscos acompanhados e condições mínimas de sucesso definidas. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 46: Barreiras, riscos e respostas na MoveTec.

Elemento identificado	Tipo	Resposta definida
Dados de manutenção pouco normalizados	Risco de dados	Normalizar causas de paragem e criar campos obrigatórios.
Receio dos operadores sobre uso dos dados	Risco humano e de adoção	Envolver utilizadores e comunicar o propósito dos indicadores.
Ausência de MFA em sistemas críticos	Risco de cibersegurança	Rever acessos, aplicar MFA quando adequado e testar backups.
Falta de tempo da equipa	Barreira organizacional	Limitar o piloto a uma linha crítica e reuniões curtas de acompanhamento.
Dependência do fornecedor	Risco tecnológico	Exigir documentação e transferência de conhecimento.

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#); [\[R39\]](#).

Mensagem-chave: O exemplo da MoveTec mostra que a gestão de riscos não precisa de ser complexa. O essencial é identificar riscos relevantes, definir responsáveis, aplicar medidas simples e rever os resultados antes de avançar para escala. [\[R39\]](#); [\[R55\]](#)

9.4 Mensagens-chave do capítulo

A transformação digital falha muitas vezes por razões não tecnológicas. Falta de tempo, dados fracos, processos pouco claros, resistência interna, ausência de indicadores, baixa cibersegurança e dependência de fornecedores podem comprometer projetos mesmo quando a tecnologia escolhida parece adequada. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso não são a mesma coisa. As barreiras dificultam o arranque; os riscos podem afetar a execução ou os resultados; e os fatores críticos de sucesso indicam as condições que aumentam a probabilidade de uma iniciativa criar valor e ser adotada. [\[R1\]](#); [\[R39\]](#)

As barreiras devem ser tratadas de forma pragmática. Uma PME não precisa de resolver todos os problemas antes de começar, mas deve identificar os obstáculos mais críticos e criar respostas proporcionais, como pilotos pequenos, responsáveis claros, dados mínimos, formação prática e envolvimento dos utilizadores. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

O registo de riscos é uma ferramenta simples, mas essencial. Cada risco deve ter probabilidade, impacto, mitigação, responsável e estado. Esta prática ajuda a transformar preocupações dispersas em ações acompanháveis e decisões mais fundamentadas. [\[R55\]](#); [\[R6\]](#); [\[R39\]](#)

A cibersegurança deve acompanhar a transformação digital desde o início. A PME deve controlar acessos, rever permissões, testar cópias de segurança, proteger fornecedores e preparar resposta a incidentes antes de aumentar conectividade entre máquinas, sensores, sistemas e *cloud*. [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Projetos com dados, IA e automação exigem cuidado adicional. Dados incompletos, enviesados, desatualizados ou mal interpretados podem gerar decisões erradas. A IA

deve manter validação humana, monitorização e gestão de risco, sobretudo quando influencia qualidade, prazos, segurança, clientes ou trabalhadores. [\[R19\]](#)

A adoção pelas pessoas é um fator decisivo. As equipas devem compreender o objetivo da iniciativa, participar nos testes, confiar nos dados e perceber valor no uso da solução. Tecnologia que aumenta carga administrativa sem benefício visível tende a ser contornada ou abandonada. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

Fornecedores devem ser avaliados não apenas pelo preço, mas também por documentação, interoperabilidade, suporte, segurança, portabilidade dos dados, custos recorrentes e plano de saída. Esta avaliação reduz dependência tecnológica e protege a autonomia da PME. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#)

No caso da MoveTec, os riscos principais são tratados antes do piloto: normalização de dados, envolvimento dos operadores, reforço de acessos e cópias de segurança, documentação do fornecedor e definição de critérios de decisão. Esta preparação aumenta a probabilidade de o piloto criar valor e poder ser escalado. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R19\]](#)

Mensagem de fecho: Gerir barreiras, riscos e fatores críticos de sucesso não serve para travar a transformação digital; serve para a tornar mais segura, realista e sustentável. A PME que antecipa obstáculos, acompanha riscos e cria condições mínimas de sucesso aumenta a probabilidade de transformar tecnologia em valor real. [\[R39\]](#); [\[R55\]](#)



10 Ecossistema de apoio às PME

10 Ecossistema de apoio às PME

- **Pergunta-guia**

Como pode uma PME industrial mobilizar o ecossistema de apoio para acelerar a transformação digital, reduzir riscos e ganhar acesso a conhecimento, tecnologia, financiamento e parceiros?

Objetivos do capítulo

- Explicar porque a transformação digital não deve ser feita de forma isolada;
- Identificar tipos de apoio disponíveis para PME industriais;
- Apresentar plataformas públicas, programas nacionais e redes europeias relevantes;
- Enquadrar o papel dos DIH, EDIH, *Test Beds*, centros tecnológicos, associações empresariais e instituições de ensino superior;
- Destacar o ecossistema regional do Tâmega e Sousa, incluindo CETS, TWINS4TS e TAMS'TechValley;
- Apoiar a PME na escolha de parceiros, preparação de pedidos de apoio e análise de oportunidades de financiamento.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir identificar que tipo de apoio precisa, que entidades pode contactar, como preparar um pedido de apoio externo e que cuidados deve ter ao selecionar parceiros ou candidatar-se a financiamento. O objetivo é usar o ecossistema para reforçar autonomia interna, reduzir risco e acelerar aprendizagem, e não para criar dependência externa.

A transformação digital não precisa de ser feita de forma isolada. As PME podem recorrer a plataformas públicas, programas de financiamento, associações empresariais, centros tecnológicos, instituições de ensino superior, laboratórios colaborativos, fornecedores, incubadoras, Polos de Inovação Digital, *European Digital Innovation Hubs* e redes de *Test Beds*. O papel do ecossistema é reduzir risco, acelerar aprendizagem, facilitar acesso a competências e permitir testar soluções antes de investir. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R42\]](#)

Para uma PME industrial, o ecossistema deve ser usado de forma estratégica. Antes de pedir apoio, a empresa deve saber que problema quer resolver, que processo está em causa, que dados existem, que resultado pretende alcançar e que tipo de apoio precisa: diagnóstico, formação, piloto, financiamento, tecnologia, seleção de fornecedor ou integração de sistemas. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#)

10.1 Porque é que o ecossistema é importante?

As PME industriais raramente têm internamente todas as competências necessárias para diagnosticar a maturidade, desenhar a arquitetura digital, integrar sistemas, proteger dados, testar IA, criar *dashboards*, construir *Digital Twins* ou preparar candidaturas. Por isso, o ecossistema pode funcionar como uma extensão das capacidades internas da empresa, desde que seja usado com critérios claros. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#)

O ecossistema é especialmente útil quando permite experimentar antes de investir. A rede europeia de *European Digital Innovation Hubs* disponibiliza apoio às PME através de conhecimento técnico, teste, formação, aconselhamento financeiro e ligação a ecossistemas de inovação, reforçando a lógica de “testar antes de investir”. [\[R18\]](#)

No contexto português, a Estratégia Digital Nacional define metas para 2030, incluindo que 90% das PME portuguesas atinjam pelo menos um nível básico de intensidade digital. Este enquadramento reforça a importância de instrumentos de capacitação, apoio técnico, financiamento e acompanhamento da transformação digital das empresas. [\[R15\]](#)

O ecossistema deve, contudo, ser mobilizado com uma lógica de autonomia. Um bom apoio externo deve deixar capacidade instalada na PME: pessoas mais preparadas, dados mais organizados, decisões mais informadas, documentação útil e menor dependência de fornecedores. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#)

Ecosistema de apoio à transformação digital das PME



Figura 22: Ecosistema de apoio à transformação digital das PME.

Fonte: elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R17\]](#); [\[R18\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#); [\[R42\]](#); [\[R43\]](#); [\[R44\]](#); [\[R45\]](#); [\[R46\]](#); [\[R47\]](#); [\[R48\]](#).

10.2 Que apoio procurar em cada fase?

O apoio à transformação digital pode assumir várias formas. Algumas entidades ajudam a diagnosticar maturidade; outras apoiam formação, experimentação tecnológica, investigação aplicada, seleção de fornecedores, financiamento ou acesso a redes empresariais. A PME deve escolher o apoio de acordo com a fase em que se encontra e com o problema que pretende resolver. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#)

A empresa não deve começar por perguntar “que tecnologia existe?”, mas sim “que problema queremos resolver e que apoio precisamos para o resolver melhor?”. Esta

mudança de pergunta evita propostas desajustadas e ajuda a PME a manter controlo sobre a decisão. [\[R1\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#)

Tabela 47: Tipos de apoio que uma PME pode procurar.

Necessidade da PME	Tipo de apoio	Entidades/plataformas possíveis
Saber por onde começar	Diagnóstico de maturidade digital	CETS/TWINS4TS, DIH/EDIH, consultores, centros tecnológicos
Capacitar equipas	Formação e workshops	IAPMEI/Academia PME, CITEVE, CTCP, CATIM, associações empresariais
Testar tecnologia	<i>Test Beds</i> , pilotos e demonstrações	Rede Nacional de <i>Test Beds</i> , EDIH, centros tecnológicos
Encontrar financiamento	Apoios e incentivos	Balcão dos Fundos, Portugal 2030, COMPETE 2030, IAPMEI, PRR
Integrar sistemas	Apoio técnico e fornecedores	Centros tecnológicos, consultores, fornecedores especializados
Preparar IA ou Digital Twin	Dados, simulação, modelos e pilotos	TWINS4TS, EDIH, instituições de ensino superior, centros tecnológicos
Melhorar cibersegurança	Diagnóstico e medidas básicas	ENISA/NIST como referenciais, fornecedores especializados
Criar redes e parcerias	Cooperação empresarial e inovação colaborativa	CETS, associações setoriais, <i>clusters</i> , universidades e CoLAB

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#); [\[R42\]](#); [\[R47\]](#).

10.3 Plataformas públicas, programas e redes de experimentação

As plataformas públicas e programas nacionais ou europeus devem ser acompanhados pelas PME que pretendem investir, capacitar equipas, testar soluções ou preparar candidaturas. No entanto, avisos, prazos, elegibilidades, taxas de apoio e condições mudam ao longo do tempo. Por isso, esta secção deve ser usada como orientação e não

como substituto da consulta das fontes oficiais no momento da decisão. [\[R40\]](#); [\[R41\]](#); [\[R42\]](#); [\[R43\]](#)

O Balcão dos Fundos é uma plataforma central para entidades que pretendem candidatar-se a apoios no âmbito do Portugal 2020, Portugal 2030 e Plano de Recuperação e Resiliência. Para apresentar candidatura, a entidade deve estar registada no Balcão, pelo que esta plataforma deve ser uma referência prática para PME que pretendam acompanhar avisos e submeter candidaturas. [\[R40\]](#)

O COMPETE 2030 integra o Portugal 2030 e está orientado para inovação, transição digital, crescimento e competitividade das PME. Deve ser acompanhado por empresas que pretendem investir em inovação, qualificação, digitalização, investigação e desenvolvimento ou modernização produtiva, tendo sempre atenção aos avisos em aberto e critérios de elegibilidade. [\[R41\]](#)

O IAPMEI, no âmbito das medidas ligadas a Empresas 4.0, disponibiliza informação sobre instrumentos de apoio à digitalização da economia, adoção tecnológica, digitalização de modelos de negócio, sensibilização e capacitação de trabalhadores e empresários. [\[R17\]](#)

A Rede Nacional de *Test Beds* é relevante para PME que pretendem desenvolver e testar novos produtos, serviços ou soluções digitais antes de investir em escala. Esta rede permite testar em espaços físicos ou ambientes de simulação, funcionando como parte do ecossistema de aceleração da transformação digital em articulação com DIH e outras estruturas. [\[R42\]](#)

Os *Digital Innovation Hubs* e *European Digital Innovation Hubs* apoiam empresas, incluindo PME, através de serviços de diagnóstico, experimentação, teste antes de investir, capacitação, acesso a financiamento e ligação a redes de inovação. São particularmente úteis quando a PME precisa de apoio técnico antes de escolher tecnologia, fornecedor ou piloto. [\[R18\]](#)

Tabela 48: Plataformas públicas, programas e redes de experimentação relevantes.

Plataforma / programa / rede	Para que serve	Quando usar
Balcão dos Fundos	Registo e candidaturas a Portugal 2030, PRR e outros programas	Antes de candidaturas
COMPETE 2030	Apoios à inovação, transição digital e competitividade	Quando há projeto de investimento, inovação ou digitalização
IAPMEI / Empresas 4.0	Informação sobre incentivos, capacitação e medidas de digitalização	Para identificar instrumentos de apoio
Academia PME / capacitação empresarial	Formação, conhecimento e iniciativas para PME	Para capacitar gestão e equipas
Rede Nacional de <i>Test Beds</i>	Testar produtos, serviços ou soluções digitais	Antes de investir ou escalar
DIH / EDIH	<i>Test before invest</i> , formação, apoio técnico e ligação ao ecossistema	Para diagnóstico, experimentação e ligação a parceiros
Estratégia Digital Nacional	Enquadramento estratégico nacional	Para alinhar prioridades com políticas públicas
PRR / Recuperar Portugal	Informação sobre medidas do Plano de Recuperação e Resiliência	Para acompanhar medidas em vigor

Nota: estes instrumentos devem ser verificados no momento da utilização, porque avisos, prazos, elegibilidades e condições de apoio mudam ao longo do tempo. [\[R16\]](#); [\[R17\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#)

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R15\]](#); [\[R17\]](#); [\[R18\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#); [\[R42\]](#).

Tabela 49: Quando recorrer a DIH, EDIH ou *Test Beds*.

Situação da PME	Apoio recomendado	Resultado esperado
Não sabe por onde começar	DIH / EDIH	Diagnóstico e orientação
Quer testar uma tecnologia	<i>Test Bed</i> / EDIH	Prova de conceito ou piloto
Precisa de capacitar equipa	DIH / EDIH / Academia PME	Formação prática
Quer avaliar IA ou <i>Digital Twin</i>	EDIH / centros tecnológicos / TWINS4TS	Caso de uso validado

Situação da PME	Apoio recomendado	Resultado esperado
Tem dúvidas sobre fornecedor	DIH / centro tecnológico	Apoio técnico independente
Quer validar integração de sistemas	Centro tecnológico / fornecedor especializado	Requisitos técnicos e riscos identificados
Quer preparar candidatura	IAPMEI / associação empresarial / consultor especializado	Pedido estruturado e alinhado com avisos

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R18\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#); [\[R42\]](#); [\[R47\]](#).

10.4 Entidades setoriais e ecossistema regional do Tâmega e Sousa

As PME devem procurar entidades próximas do seu setor, porque estas conhecem processos, linguagem técnica, normas, problemas recorrentes e fornecedores especializados. Na metalomecânica, o CATIM e o CENTIMFE podem ser referências relevantes; no têxtil e vestuário, o CITEVE; no calçado, o CTCP; na madeira e mobiliário, a AIMMP; no agroalimentar, entidades como o Colab4Food podem apoiar inovação, transferência de conhecimento e desenvolvimento de produtos ou processos. [\[R35\]](#); [\[R36\]](#); [\[R43\]](#); [\[R44\]](#); [\[R45\]](#); [\[R46\]](#)

O CATIM é um centro de apoio tecnológico à indústria metalomecânica, com atuação em inovação, valorização de conhecimento técnico-científico, aproximação entre investigação e indústria, cooperação com empresas e transferência de conhecimento técnico, tecnológico, científico e normativo. [\[R43\]](#)

O CENTIMFE atua nas indústrias de moldes, ferramentas especiais e plásticos, com competências ligadas a digitalização, sustentabilidade, I&D, inovação, simulação, prototipagem e competitividade do *cluster Engineering & Tooling*. [\[R44\]](#)

O CITEVE disponibiliza serviços de transição digital para empresas do setor têxtil e vestuário, reunindo competências multidisciplinares para soluções de digitalização adaptadas às necessidades específicas das empresas. [\[R35\]](#)

O CTCP tem projetos orientados para a transição digital e verde do cluster do calçado, como o STEP2Digital, dirigido ao reforço da maturidade digital, eficiência energética e sustentabilidade industrial das PME. [\[R36\]](#)

A AIMMP representa e apoia as indústrias de madeira e mobiliário, disponibilizando serviços, formação, projetos, apoio à internacionalização, qualidade, ambiente, sustentabilidade energética e iniciativas de apoio empresarial. [\[R45\]](#)

O Colab4Food apresenta-se como laboratório colaborativo para inovação no setor agroalimentar, apoiando empresas através de soluções integradas ao longo do ciclo de desenvolvimento, otimização e valorização de produtos ou processos industriais. [\[R46\]](#)

No Tâmega e Sousa, o ecossistema de proximidade é particularmente importante porque muitas PME industriais partilham desafios semelhantes: maturidade digital desigual, dados dispersos, baixa integração entre sistemas, falta de competências digitais, dificuldade em escolher fornecedores e necessidade de testar IA, *Digital Twins* ou soluções de rastreabilidade. [\[R1\]](#); [\[R47\]](#)

O CETS - Conselho Empresarial do Tâmega e Sousa é uma estrutura representativa das associações empresariais da região. O projeto TWINS4TS, promovido pelo CETS e pela ESTG-IPP, tem como objetivo promover a adoção de tecnologias digitais avançadas, nomeadamente *Digital Twins* e Inteligência Artificial, nas PME industriais do Tâmega e Sousa. [\[R47\]](#); [\[R48\]](#)

O site do TWINS4TS apresenta o projeto como uma iniciativa SIAC Digitalização orientada para a adoção de tecnologias digitais avançadas pelas PME industriais do Tâmega e Sousa, incluindo atividades de capacitação, *workshops*, *webinars*, mapeamento tecnológico setorial e apoio à identificação de oportunidades de transformação digital. [\[R47\]](#)

A TAMS'TechValley, criada pelo CETS, é uma incubadora tecnológica orientada para inovação, empreendedorismo e transição digital no território do Tâmega e Sousa. Pode funcionar como ponto de contacto para ideias de base tecnológica, validação, parcerias, mentoria e ligação ao ecossistema regional. [\[R48\]](#)

Tabela 50: Entidades setoriais e regionais a considerar.

Setor / necessidade	Entidades possíveis	Tipo de apoio
Metalomecânica	CATIM	Tecnologia, inovação, formação, normalização e transferência de conhecimento
Moldes, ferramentas e plásticos	CENTIMFE	I&D, digitalização, sustentabilidade, simulação e demonstração tecnológica
Têxtil e vestuário	CITEVE	Transição digital, formação, inovação, processos e produto
Calçado e couro	CTCP	Digitalização, eficiência energética, sustentabilidade e capacitação
Madeira e mobiliário	AIMMP / CFPIMM	Associação setorial, formação, projetos coletivos e apoio empresarial
Agroalimentar	Colab4Food	Inovação colaborativa, desenvolvimento e otimização de produtos/processos
Digitalização avançada	EDIH / DIH / Test Beds	Teste, experimentação, capacitação e ligação a redes
PME do Tâmega e Sousa	CETS, TWINS4TS e associações empresariais locais	Diagnóstico, capacitação, ligação a parceiros e projetos regionais
Ideias e negócios tecnológicos	TAMS'TechValley	Incubação, mentoria, inovação e ligação ao ecossistema regional
Apoio técnico-científico	ESTG-IPP / instituições de ensino superior	Conhecimento técnico, projetos aplicados e capacitação

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R18\]](#); [\[R35\]](#); [\[R36\]](#); [\[R43\]](#); [\[R44\]](#); [\[R45\]](#); [\[R46\]](#); [\[R47\]](#); [\[R48\]](#).

10.5 Como escolher parceiros e preparar pedidos de apoio

A escolha do parceiro é uma decisão estratégica. Um bom parceiro deve compreender o processo industrial, falar a linguagem da empresa, transferir conhecimento, documentar a solução, respeitar segurança, garantir interoperabilidade e evitar dependência excessiva. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#)

A PME deve desconfiar de propostas que começam pela tecnologia sem compreender o problema. Antes de contratar ou aceitar apoio, deve pedir evidências de experiência, exemplos de implementação, condições de suporte, regras de propriedade dos dados, custos recorrentes, documentação, plano de saída e responsabilidades de cibersegurança. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R56\]](#)

Para obter apoio útil, a PME deve preparar um pedido claro. Em vez de dizer “queremos digitalizar”, deve explicar o problema, o processo afetado, os dados existentes, a maturidade atual, o resultado esperado, as restrições, o tipo de apoio pretendido e o critério de sucesso. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#)

Um pedido bem preparado facilita a resposta de centros tecnológicos, consultores, associações, EDIH, universidades ou fornecedores. Também ajuda a PME a comparar propostas, evitar soluções desajustadas e manter controlo sobre o projeto. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#)

Tabela 51: Checklist de seleção de parceiro.

Critério	Pergunta prática	Sim/Não	Observação
Experiência industrial	Conhece PME industriais e chão de fábrica?		
Especialização setorial	Tem experiência no nosso setor?		
Diagnóstico prévio	Compreendeu o problema antes de propor tecnologia?		
Transferência de conhecimento	Vai formar a equipa interna?		
Interoperabilidade	A solução comunica com sistemas existentes?		

Critério	Pergunta prática	Sim/Não	Observação
Dados	A PME mantém acesso, controlo e portabilidade dos dados?		
Segurança	Existem regras de acessos, cópias de segurança e confidencialidade?		
Suporte	Há manutenção, SLA ou resposta a incidentes?		
Custo total	O TCO está claro?		
Saída	Existe plano de saída ou migração?		
Documentação	A solução fica documentada de forma compreensível?		

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#).

Tabela 52: Modelo de pedido de apoio externo.

Campo	Conteúdo a preparar
Problema	O que queremos resolver?
Processo afetado	Onde acontece o problema?
Situação atual	Como funciona hoje?
Dados disponíveis	Que dados existem, onde estão e com que qualidade?
Resultado esperado	Que KPI queremos melhorar?
Restrições	Prazo, orçamento, equipa, sistemas existentes e limitações técnicas
Apoio pretendido	Diagnóstico, piloto, formação, tecnologia, financiamento ou integração
Critério de sucesso	Como será avaliado o apoio?
Critério de decisão	O que nos fará avançar, rever ou adiar?
Condições mínimas	Que documentação, segurança e transferência de conhecimento são exigidas?

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#).

10.6 Apoio financeiro: cuidados antes de candidatar

O financiamento deve servir a estratégia da PME, e não substituí-la. A empresa deve evitar candidatar-se apenas porque existe um aviso aberto. Antes de qualquer candidatura, deve confirmar se o projeto resolve um problema prioritário, se tem maturidade para executar, se consegue assegurar cofinanciamento quando aplicável e se terá capacidade para manter a solução após o projeto. [\[R1\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#)

A PME deve também confirmar elegibilidade, prazos, despesas admissíveis, obrigações de contratação, metas, documentação, indicadores e regras de reembolso. Como avisos e condições mudam, o guia deve recomendar consulta regular do Balcão dos Fundos, IAPMEI, COMPETE 2030, Portugal 2030 e entidades regionais ou setoriais relevantes. [\[R17\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#)

Uma candidatura forte deve nascer de uma necessidade real e estar ligada ao diagnóstico, à estratégia e ao *roadmap*. Se o projeto não tiver *baseline*, KPI, responsável interno, custos estimados e critério de sucesso, o financiamento pode acelerar uma solução frágil em vez de resolver um problema prioritário. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R34\]](#)

Tabela 53: Checklist antes de uma candidatura.

Pergunta	Sim/Não	Observação
O projeto resolve um problema prioritário?		
Existe baseline e KPI?		
A empresa tem capacidade de execução?		
O cofinanciamento está assegurado, quando aplicável?		
As despesas são elegíveis?		
Os prazos são compatíveis com a operação?		
A solução será mantida após o apoio?		
O projeto reforça competências internas?		

Pergunta	Sim/Não	Observação
Os riscos de fornecedor e segurança foram avaliados?		
Existe responsável interno pelo projeto?		
A documentação exigida está preparada?		

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R17\]](#); [\[R34\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#).

Exemplo contínuo - MoveTec

A MoveTec pode mobilizar o ecossistema em três etapas. Primeiro, recorre ao TWINS4TS ou a uma entidade de proximidade para validar maturidade digital e identificar oportunidades prioritárias. Depois, procura apoio técnico para estruturar dados, *dashboards* e sensores numa linha piloto. Por fim, com dados mais fiáveis, envolve uma instituição tecnológica ou académica para testar IA em manutenção e um modelo digital descritivo. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R47\]](#)

Ao contactar parceiros, a MoveTec prepara um pedido objetivo: problema, processo crítico, dados existentes, KPI, restrições e resultado esperado. Também exige documentação, transferência de conhecimento, acesso aos dados, regras de segurança e critério de saída. Assim, o apoio externo aumenta a autonomia da empresa em vez de criar dependência. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R18\]](#)

Tabela 54: Percurso de apoio externo para a MoveTec.

Etapa	Apoio a procurar	Entidade possível	Resultado esperado
Diagnóstico	Avaliar maturidade e prioridades	CETS/TWINS4TS, DIH, consultor	Perfil de maturidade e prioridades
Capacitação	Formar equipa em dados e segurança	Academia PME, associação, centro tecnológico	Equipa preparada
Piloto	Testar <i>dashboard</i> e sensores	<i>Test Bed</i> , fornecedor, centro tecnológico	Piloto validado
Avançado	Testar IA ou <i>Digital Twin</i>	TWINS4TS, EDIH, instituição académica	Caso avançado com dados reais

Etapa	Apoio a procurar	Entidade possível	Resultado esperado
Escala	Consolidar e expandir	Parceiro tecnológico + equipa interna	Solução documentada e sustentável

Fonte: Elaboração própria, com base em [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#); [\[R47\]](#).

Mensagem-chave: O exemplo da MoveTec mostra que o ecossistema deve ser usado por etapas: primeiro para diagnosticar e priorizar; depois para capacitar e testar; e só depois para avançar para tecnologias mais exigentes. O apoio externo deve reforçar a capacidade interna da PME, não substituí-la. [\[R18\]](#); [\[R33\]](#)

10.7 Mensagens-chave do capítulo

A transformação digital não precisa de ser feita de forma isolada. O ecossistema de apoio pode ajudar a PME a diagnosticar maturidade, capacitar equipas, testar soluções, encontrar financiamento, escolher parceiros e reduzir riscos antes de investir. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R42\]](#)

O ecossistema deve ser usado com estratégia. Antes de pedir apoio, a PME deve saber que problema quer resolver, que processo está em causa, que dados existem, que resultado pretende alcançar e que tipo de apoio precisa. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#)

Os DIH, EDIH e *Test Beds* são relevantes porque ajudam a testar antes de investir. Esta lógica permite validar tecnologias, requisitos, dados, processos e competências antes de assumir investimentos mais elevados ou escalar soluções para toda a empresa. [\[R18\]](#); [\[R42\]](#)

As plataformas públicas e programas de apoio devem ser acompanhados, mas sempre com atenção a avisos, prazos, elegibilidades e condições em vigor. O financiamento deve servir a estratégia da PME, e não substituir a definição de prioridades. [\[R17\]](#); [\[R40\]](#); [\[R41\]](#)

As entidades setoriais são importantes porque conhecem os processos, problemas, normas e linguagem técnica de cada indústria. Centros tecnológicos, associações empresariais, instituições de ensino superior e laboratórios colaborativos podem acelerar aprendizagem e reduzir risco técnico. [\[R35\]](#); [\[R36\]](#); [\[R43\]](#); [\[R44\]](#); [\[R45\]](#); [\[R46\]](#)

No Tâmega e Sousa, o CETS, o TWINS4TS, a TAMS'TechValley, as associações empresariais locais e as instituições de ensino superior podem funcionar como portas de entrada para diagnóstico, capacitação, experimentação, parceiros e projetos regionais de transformação digital. [\[R47\]](#); [\[R48\]](#)

A escolha do parceiro deve considerar experiência industrial, especialização setorial, interoperabilidade, segurança, documentação, transferência de conhecimento, TCO, suporte, portabilidade dos dados e plano de saída. O melhor parceiro não é necessariamente o que promete a tecnologia mais avançada, mas o que ajuda a PME a resolver problemas reais e a ganhar autonomia. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R34\]](#); [\[R56\]](#)

No caso da MoveTec, o ecossistema é mobilizado de forma progressiva: primeiro para diagnóstico e prioridades; depois para capacitação, *dashboards* e sensores; e, mais tarde, para IA e *Digital Twins*. Esta sequência evita dependência externa e aumenta a probabilidade de criar valor sustentável. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R47\]](#)

Mensagem-chave: O ecossistema de apoio deve ajudar a PME a aprender, testar e decidir melhor. A melhor parceria não é a que promete a tecnologia mais sofisticada, mas a que ajuda a empresa a resolver problemas reais, desenvolver competências internas, reduzir riscos e criar valor sustentável. [\[R18\]](#); [\[R33\]](#)



11 Conclusões e próximos passos

11 Conclusões e próximos passos

Pergunta-guia

- Como pode uma PME industrial transformar o conhecimento adquirido neste guia num percurso prático, sustentável e adaptado à sua realidade?

Objetivos do capítulo

- Sintetizar as principais mensagens do guia;
- Reforçar a ligação entre diagnóstico, estratégia, casos de aplicação, *roadmap*, riscos e ecossistema de apoio;
- Apresentar próximos passos práticos para PME industriais;
- Consolidar a ideia de que a transformação digital deve ser progressiva, mensurável e orientada por valor;
- Preparar a ligação aos anexos, ferramentas práticas, glossário e lista de siglas.

Resultado esperado

- No final do capítulo, a PME deverá conseguir compreender o percurso global proposto pelo guia e identificar os primeiros passos para iniciar ou reforçar a sua transformação digital, com base em problemas concretos, dados fiáveis, pessoas envolvidas, riscos controlados, parceiros adequados e decisões fundamentadas.

A transformação digital das PME industriais não deve ser entendida como uma corrida para adotar a tecnologia mais recente. Deve ser encarada como um processo de gestão, aprendizagem e melhoria contínua, orientado para resolver problemas concretos, criar valor mensurável, reforçar competências internas e preparar a empresa para competir num contexto mais digital, exigente e interligado. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

Ao longo deste guia, a transformação digital foi apresentada como um percurso faseado. Primeiro, importa compreender o território, os setores e os desafios das PME industriais. Depois, é necessário clarificar conceitos, avaliar maturidade, definir estratégia, escolher casos de aplicação, construir um *roadmap*, gerir barreiras e riscos, e mobilizar o ecossistema de apoio. Cada etapa prepara a seguinte e evita que a digitalização se reduza a iniciativas isoladas. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A principal mensagem é simples: a PME não precisa de fazer tudo ao mesmo tempo. Precisa de começar bem. Isso significa escolher um problema relevante, conhecer o processo afetado, identificar dados mínimos, envolver utilizadores, definir um KPI, controlar riscos e testar em pequena escala antes de escalar. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

11.1 O percurso proposto pelo guia

O guia propõe uma sequência lógica para apoiar PME industriais na transição digital. Esta sequência começa no diagnóstico e termina na capacidade de executar, aprender e evoluir com autonomia. A tecnologia surge como meio para melhorar decisões, processos e resultados, e não como finalidade em si mesma. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 55: Síntese do percurso do guia.

Etapa	Questão principal	Resultado esperado
Enquadramento	Porque é que a transição digital é relevante para as PME industriais?	Compreensão do contexto territorial, económico e industrial.
Conceitos	O que significa transformar digitalmente uma empresa?	Distinção entre conversão digital, digitalização, transição e transformação digital.
Tecnologias	Que tecnologias podem criar valor?	Identificação de tecnologias aplicáveis e condições mínimas de adoção.
Maturidade	Onde está a PME?	Perfil de maturidade digital e lacunas críticas.
Estratégia	O que fazer e porquê?	Prioridades, objetivos, KPIs, business case e critérios de decisão.
Casos de aplicação	Onde aplicar?	Casos práticos adaptados a setores e problemas industriais.
Roadmap	Como executar?	Fases, responsáveis, recursos, prazos, dependências e avaliação.
Barreiras, riscos fatores críticos	O que pode bloquear ou comprometer o sucesso?	Barreiras, riscos, mitigação e fatores críticos de sucesso.
Ecossistema	Quem pode apoiar?	Parceiros, plataformas, financiamento, <i>Test Beds</i> , DIH/EDIH e entidades regionais.
Ferramentas	Como aplicar na prática?	Modelos prontos a preencher, reunidos no Anexo A.

Fonte: Elaboração própria, com base no percurso metodológico do guia.

11.2 O que a PME deve reter

Depois de ler o guia, a PME deve tomar uma decisão prática: escolher um problema prioritário, medir a situação atual, envolver a equipa, definir os KPIs, avaliar riscos e preparar um piloto pequeno. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A primeira conclusão é que a transformação digital deve partir de problemas concretos. Atrasos, desperdício, paragens, retrabalho, falhas de qualidade, baixa rastreabilidade,

dados dispersos ou decisões tomadas com informação incompleta são pontos de partida mais úteis do que uma decisão abstrata de “digitalizar a empresa”. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#)

A segunda conclusão é que a maturidade digital deve ser avaliada antes de investir. Uma empresa pode ter tecnologia instalada e, ainda assim, não estar preparada para usar IA, *Digital Twins*, automação ou integração avançada. Sem processos compreendidos, dados fiáveis, responsabilidades claras e segurança mínima, a tecnologia tende a gerar complexidade em vez de valor. [\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R32\]](#); [\[R57\]](#)

A terceira conclusão é que as pessoas são parte central da transformação digital. A adoção depende da confiança, participação e capacitação das equipas. Se os utilizadores não compreendem o objetivo, não confiam nos dados ou sentem aumento de carga administrativa sem benefício visível, a solução tende a ser contornada, subutilizada ou abandonada. [\[R1\]](#); [\[R4\]](#); [\[R31\]](#); [\[R57\]](#)

A quarta conclusão é que dados, interoperabilidade e cibersegurança são bases estruturais. *Dashboards*, rastreabilidade, IA, *Digital Twins*, automação e integração operacional dependem de dados consistentes, sistemas comunicantes, acessos controlados, cópias de segurança testadas e capacidade mínima de resposta a incidentes. [\[R1\]](#); [\[R5\]](#); [\[R6\]](#); [\[R26\]](#); [\[R28\]](#); [\[R50\]](#)

A quinta conclusão é que a transformação digital deve ser gerida por fases. A PME deve criar bases, testar pilotos, avaliar resultados, integrar sistemas e só depois escalar tecnologias mais avançadas. Esta progressão reduz risco, aumenta aprendizagem e permite que a empresa desenvolva autonomia interna. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

A sexta conclusão é que o ecossistema de apoio deve ser usado com critério. Centros tecnológicos, associações empresariais, instituições de ensino superior, DIH, EDIH, *Test Beds*, programas públicos e parceiros tecnológicos podem acelerar a transformação digital, mas o apoio externo deve reforçar competências internas e não criar dependência. [\[R18\]](#); [\[R33\]](#); [\[R42\]](#)

11.3 Próximos passos recomendados

A PME que pretende iniciar ou reforçar a sua transformação digital pode começar por um conjunto simples de passos. Estes passos não substituem o *roadmap*, mas ajudam a passar da leitura do guia para a ação. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Tabela 56: Próximos passos para a PME.

Momento	Ação recomendada	Resultado esperado
Primeiro passo	Escolher um problema industrial prioritário.	Orientação clara para iniciar a transformação digital.
1-2 semanas	Reunir equipa pequena e envolver utilizadores-chave.	Responsável e utilizadores identificados.
2-4 semanas	Avaliar maturidade digital nas oito dimensões.	Perfil de maturidade e lacunas críticas.
1 mês	Definir objetivo SMART, <i>baseline</i> e KPI.	Critério de sucesso mensurável.
1-2 meses	Mapear processo, dados, riscos e dependências.	Condições mínimas para preparar piloto.
2-3 meses	Preparar plano de ação e pedido de apoio externo, se necessário.	Piloto estruturado e parceiros avaliados.
3 meses	Aplicar gate de decisão.	Avançar, rever, adiar ou encerrar com base em evidência.
3-12 meses	Testar piloto controlado.	Aprendizagem, resultados medidos e decisão de escala.

Fonte: Elaboração própria.

Exemplo final - MoveTec

A MoveTec ilustra a lógica defendida ao longo do guia. Em vez de começar por uma solução avançada, como IA ou *Digital Twin*, a empresa começa por compreender os seus problemas: paragens de máquinas, dados de manutenção pouco normalizados, baixa visibilidade sobre produção e dificuldade em acompanhar atrasos. [\[R1\]](#); [\[R19\]](#); [\[R21\]](#); [\[R26\]](#)

O primeiro passo da MoveTec é avaliar maturidade digital e identificar fragilidades nas dimensões de dados, processos, cibersegurança e governação. Depois, define uma estratégia simples: melhorar a fiabilidade dos dados de produção e manutenção, criar um *dashboard* de produção, reforçar acessos e preparar um piloto numa linha crítica.

[\[R1\]](#); [\[R31\]](#); [\[R57\]](#); [\[R33\]](#)

Com o roadmap, a MoveTec organiza a implementação por fases. Nos primeiros 90 dias, normaliza causas de paragem, define KPIs, envolve operadores, revê acessos e prepara o piloto. Entre 3 e 12 meses, testa *dashboard* e sensores. Entre 12 e 24 meses, integra dados de ERP, manutenção e qualidade. Só depois, entre 24 e 36 meses, avalia IA e *Digital Twin*.

[\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Este percurso mostra que a transformação digital não depende de começar pela tecnologia mais sofisticada. Depende de criar bases sólidas, envolver pessoas, medir resultados, controlar riscos e usar parceiros de forma estratégica. [\[R1\]](#); [\[R18\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

11.4 Mensagem final

A transformação digital é uma oportunidade para as PME industriais reforçarem competitividade, eficiência, qualidade, sustentabilidade, resiliência e capacidade de decisão. Mas essa oportunidade só se concretiza quando a tecnologia é integrada numa lógica de gestão, pessoas, processos, dados, segurança e aprendizagem contínua. [\[R1\]](#);

[\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R4\]](#)

O caminho não precisa de ser perfeito nem imediato. Precisa de ser claro, realista e mensurável. Uma PME pode começar por um piloto simples, desde que esse piloto esteja ligado a um problema relevante, tenha dados mínimos, envolva utilizadores, controle riscos e seja avaliado por indicadores. [\[R1\]](#); [\[R33\]](#)

O futuro digital das PME industriais será construído por empresas que saibam aprender, testar, ajustar e escalar com critério. A tecnologia será importante, mas a verdadeira

diferença estará na capacidade de transformar informação em decisão, decisão em ação e ação em valor sustentável. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)

Mensagem de fecho do guia: A transformação digital não é um destino único nem uma solução universal. É um percurso de evolução contínua. Para as PME industriais, esse percurso deve começar por problemas reais, avançar com dados fiáveis, envolver pessoas, controlar riscos, mobilizar o ecossistema certo e transformar cada iniciativa numa oportunidade de aprendizagem e criação de valor. [\[R1\]](#); [\[R2\]](#); [\[R3\]](#); [\[R33\]](#); [\[R38\]](#)



Glossário

Glossário

Tabela 57: Glossário de conceitos-chave.

Conceito	Definição
Ação de base	Iniciativa que cria condições para evolução digital futura, como mapear processos, normalizar dados, rever acessos ou testar cópias de segurança.
Automação	Utilização de tecnologia para executar tarefas ou processos com menor intervenção manual, desde que o processo esteja compreendido e estabilizado.
<i>Baseline</i>	Situação inicial medida antes de uma intervenção, usada como referência para avaliar resultados.
Barreira	Obstáculo que dificulta, atrasa ou bloqueia o arranque ou adoção da transformação digital.
<i>Business case</i>	Análise que relaciona problema, benefício esperado, custos, recursos, riscos, indicadores e critérios de decisão.
Caso avançado	Iniciativa que usa tecnologias como IA, <i>Digital Twins</i> , simulação ou otimização para antecipar, recomendar ou melhorar decisões.
Caso de aplicação	Aplicação prática de uma tecnologia ou solução digital a um problema concreto da empresa, com dados, indicador, risco e objetivo definidos.
Centro tecnológico	Entidade especializada que apoia empresas em inovação, ensaio, desenvolvimento tecnológico, formação, normalização ou transferência de conhecimento.
Cibersegurança	Conjunto de práticas, medidas e responsabilidades destinadas a proteger sistemas, dados, acessos, redes e continuidade operacional.
<i>Cloud computing</i>	Modelo de utilização de recursos computacionais através da internet, como armazenamento, aplicações ou capacidade de processamento.
Consolidação	Integração de uma solução digital na rotina da empresa, com responsabilidades, suporte, dados e melhoria contínua estabilizados.
Continuidade operacional	Capacidade de manter ou recuperar operações críticas perante falhas, incidentes ou interrupções.
Conversão digital da informação	Passagem de informação física ou analógica para formato digital, como digitalizar documentos ou registos.

Conceito	Definição
Critério de saída	Condição previamente definida para abandonar, migrar ou encerrar uma solução que não cria valor ou gera dependência excessiva.
Dados fiáveis	Dados completos, consistentes, atualizados, compreendidos e validados por responsáveis definidos.
Dependência crítica	Condição que tem de estar resolvida antes de outra iniciativa poder avançar com segurança.
Dependência tecnológica	Situação em que a PME fica excessivamente dependente de um fornecedor, sistema, pessoa ou tecnologia.
Diagnóstico de maturidade digital	Avaliação estruturada do ponto de partida digital da empresa, incluindo estratégia, pessoas, processos, dados, tecnologia, cibersegurança, sustentabilidade e parcerias.
Digital Twin / Gémeo Digital	Representação virtual integrada e orientada por dados de uma entidade ou processo real, com interação sincronizada a uma frequência e fidelidade definidas, utilizada para compreender, monitorizar, simular, prever ou otimizar comportamentos.
Digitalização de processos	Utilização de ferramentas digitais para executar, acompanhar ou melhorar processos.
Ecossistema de apoio	Conjunto de entidades, plataformas, programas, redes e parceiros que podem apoiar a PME na transformação digital.
Edge computing	Processamento de dados próximo do local onde são gerados, reduzindo latência e dependência de envio permanente para a cloud.
Escala	Alargamento de uma solução validada a outras áreas, linhas, processos ou unidades.
Estratégia digital	Orientação de gestão que define como a empresa usa tecnologia, dados, pessoas e processos para criar valor, reduzir riscos e melhorar decisões.
Evidência de avaliação	Informação concreta usada para justificar uma pontuação, decisão ou diagnóstico.
Fator crítico de sucesso	Condição necessária ou altamente relevante para aumentar a probabilidade de sucesso de uma iniciativa digital.
Gate de decisão	Momento estruturado de avaliação que permite decidir se uma iniciativa deve avançar, ser revista, adiada ou encerrada.
Governança digital	Conjunto de responsabilidades, regras, indicadores e mecanismos de acompanhamento que orientam iniciativas digitais.

Conceito	Definição
IA generativa	Tipo de inteligência artificial capaz de gerar texto, imagens, código, resumos ou outros conteúdos a partir de instruções e dados.
Indicador-chave de desempenho	Métrica usada para acompanhar desempenho, avaliar progresso e apoiar decisões.
Indústria 5.0	Visão industrial que reforça sustentabilidade, resiliência e centralidade nas pessoas, complementando a lógica tecnológica da Indústria 4.0.
Interoperabilidade	Capacidade de diferentes sistemas, equipamentos ou aplicações trocarem e utilizarem dados de forma coerente.
Laboratório colaborativo	Entidade de inovação orientada para colaboração entre empresas, academia e outras instituições, normalmente focada em transferência de conhecimento e desenvolvimento aplicado.
Lacuna de maturidade	Diferença entre a situação atual da empresa e o nível desejado de maturidade digital.
Manutenção preditiva	Utilização de dados e modelos para antecipar falhas ou necessidades de manutenção antes de ocorrerem paragens.
Matriz RACI	Ferramenta simples para clarificar quem executa, aprova, é consultado e deve ser informado numa iniciativa.
Maturidade digital	Capacidade da empresa para usar tecnologias, dados, pessoas, processos e governação de forma integrada, segura e orientada por valor.
Mitigação	Ação definida para reduzir a probabilidade ou o impacto de um risco.
Operação estabilizada	Estado em que uma solução digital já está integrada na rotina, com utilização regular, suporte, documentação e indicadores acompanhados.
Parceiro tecnológico	Entidade externa que apoia a PME na seleção, implementação, integração ou manutenção de soluções digitais.
Pedido de apoio externo	Documento ou descrição estruturada que apresenta problema, processo, dados, resultado esperado, restrições e tipo de apoio pretendido.
Piloto	Teste em contexto operacional real, com utilizadores, dados, KPI e critério de decisão.
Plano de ação	Conjunto organizado de iniciativas, responsáveis, recursos, prazos, indicadores e riscos.
Plano de saída	Conjunto de condições e ações previstas para abandonar, migrar ou substituir uma solução tecnológica sem comprometer a continuidade da empresa.

Conceito	Definição
Portabilidade dos dados	Capacidade de exportar, transferir ou reutilizar dados em formatos compreensíveis e utilizáveis.
Prova de conceito	Teste limitado para verificar se uma solução é tecnicamente viável.
Rastreabilidade digital	Capacidade de acompanhar produtos, materiais, operações, lotes ou encomendas através de registos digitais consistentes.
Registo de riscos	Ferramenta que reúne riscos, probabilidade, impacto, mitigação, responsável e estado.
Resiliência	Capacidade da empresa para resistir, adaptar-se e recuperar perante falhas, mudanças, crises ou interrupções.
Risco	Evento, condição ou incerteza que pode afetar negativamente objetivos, custos, prazos, segurança, adoção ou continuidade operacional.
Roadmap de transformação digital	Plano faseado que transforma estratégia digital em ações concretas, com responsáveis, prazos, recursos, riscos, KPIs e critérios de decisão.
Sustentabilidade	Capacidade de criar valor reduzindo desperdício, consumo energético, impactos ambientais e vulnerabilidades operacionais.
TCO	Custo total de uma solução ao longo do tempo, incluindo aquisição, implementação, operação, manutenção, suporte, atualizações e eventual saída.
<i>Test before invest</i>	Abordagem que permite testar uma tecnologia ou solução antes de realizar investimento significativo.
<i>Test Bed</i>	Ambiente físico ou virtual que permite desenvolver, testar ou validar produtos, serviços ou soluções digitais antes da implementação em escala.
Transformação digital	Mudança organizacional que usa tecnologia, dados, processos e pessoas para alterar decisões, responsabilidades, modelos de trabalho e criação de valor.
Transição digital	Processo gradual de evolução da empresa através da adoção e integração de tecnologias digitais, competências, dados, segurança e novos métodos de trabalho.
Validação humana	Revisão e interpretação por pessoas qualificadas antes de aceitar decisões, previsões ou recomendações geradas por sistemas digitais ou IA.

Conceito	Definição
Visão digital	Descrição clara do estado desejado da empresa num horizonte de médio prazo, indicando que capacidades digitais pretende desenvolver e para quê.



Siglas e acrónimos

Siglas e acrónimos

Tabela 58: Siglas e acrónimos.

Sigla / acrónimo	Significado
AIMMP	Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal
API	<i>Application Programming Interface</i> / Interface de Programação de Aplicações
BI	<i>Business Intelligence</i> / Inteligência de Negócio
BOM	<i>Bill of Materials</i> / Lista de Materiais
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> / Desenho Assistido por Computador
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i> / Fabrico Assistido por Computador
CATIM	Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica
CETS	Conselho Empresarial do Tâmega e Sousa
CIM-TS	Comunidade Intermunicipal do Tâmega e Sousa
CNC	<i>Computer Numerical Control</i> / Controlo Numérico Computorizado
CoLAB	Laboratório Colaborativo
CRM	<i>Customer Relationship Management</i> / Gestão da Relação com Clientes
CSF	<i>Cybersecurity Framework</i> / Estrutura de Cibersegurança
CTCP	Centro Tecnológico do Calçado de Portugal
DIH	<i>Digital Innovation Hub</i> / Polo de Inovação Digital
EDIH	<i>European Digital Innovation Hub</i> / Polo Europeu de Inovação Digital
ENISA	Agência da União Europeia para a Cibersegurança
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> / Sistema Integrado de Gestão Empresarial
ESTG-IPP	Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico do Porto
GAO	<i>Government Accountability Office</i>
IA	Inteligência Artificial
IAPMEI	Agência para a Competitividade e Inovação
I&D	Investigação e Desenvolvimento

Sigla / acrónimo	Significado
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i> / Internet Industrial das Coisas
IoT	<i>Internet of Things</i> / Internet das Coisas
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> / Indicador-Chave de Desempenho
LMS	<i>Learning Management System</i> / Sistema de Gestão da Aprendizagem
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> / Sistema de Execução da Produção
MFA	<i>Multi-Factor Authentication</i> / Autenticação Multifator
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
OCDE / OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PM ²	Metodologia de Gestão de Projetos desenvolvida e suportada pela Comissão Europeia
PME	Pequena e Média Empresa
PoC	<i>Proof of Concept</i> / Prova de Conceito
PRR	Plano de Recuperação e Resiliência
QR	<i>Quick Response</i> / Código de Resposta Rápida
RA	Realidade Aumentada
RACI	<i>Responsible, Accountable, Consulted, Informed</i> / Responsável, Aprova, Consultado e Informado
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i> / Identificação por Radiofrequência
RV	Realidade Virtual
SIAC	Sistema de Apoio a Ações Coletivas
SLA	<i>Service Level Agreement</i> / Acordo de Nível de Serviço
SMART	Específico, Mensurável, Alcançável, Relevante e Temporal
TCO	<i>Total Cost of Ownership</i> / Custo Total de Propriedade
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
WIP	<i>Work in Progress</i> / Trabalho em Curso



Bibliografia

Bibliografia

- [R1] OECD. (2021). The Digital Transformation of SMEs. OECD Publishing. [Ligação oficial](#)
- [R2] Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. The Journal of Strategic Information Systems, 28(2), 118–144. [Ligação oficial](#)
- [R3] Verhoef, P. C., et al. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of Business Research, 122, 889–901. [Ligação oficial](#)
- [R4] European Commission. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Directorate-General for Research and Innovation. [Ligação oficial](#)
- [R5] ENISA. (2021). Cybersecurity Guide for SMEs: 12 steps to securing your business. [Ligação oficial](#)
- [R6] NIST. (2024). The NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0. [Ligação oficial](#)
- [R7] Pereira, C. S., & Braga, V. (2020). Manual para a Competitividade e Inovação do Tâmega e Sousa (versão integral). Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Politécnico do Porto. [Ligação oficial](#)
- [R8] INE. (s.d.). Indicador 16806 — Estabelecimentos (N.º) por localização geográfica (NUTS 2024) e atividade económica (CAE Rev. 3); anual. SCIE. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)
- [R9] INE. (s.d.). Indicador 16761 — Pessoal ao serviço (N.º) das empresas por localização geográfica (NUTS 2024) e atividade económica (Divisão — CAE Rev. 3); anual. SCIE. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)
- [R10] INE. (s.d.). Indicador 16762 — Volume de negócios (€) das empresas por localização geográfica (NUTS 2024) e atividade económica (Divisão — CAE Rev. 3); anual. SCIE. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R11] INE. (s.d.). Indicador 16763 — Valor acrescentado bruto (€) das empresas por localização geográfica (NUTS 2024) e atividade económica (Divisão — CAE Rev. 3); anual. SCIE. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R12] União Europeia. (2022). Decisão (UE) 2022/2481 que estabelece o Programa Década Digital para 2030. [Ligação oficial](#)

[R13] Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. acatech. [Ligação oficial](#)

[R14] European Parliament. (2015). Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth. EPRS. [Ligação oficial](#)

[R15] Governo de Portugal. (s.d.). Estratégia Digital Nacional — As Empresas. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R16] Portugal 2030. (s.d.). Portal Portugal 2030. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R17] Recuperar Portugal. (s.d.). Componente 16 — Empresas 4.0. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R18] European Commission. (s.d.). European Digital Innovation Hubs. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R19] NIST. (2023). Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0). NIST AI 100-1. [Ligação oficial](#)

[R20] European Commission. (s.d.). Advanced manufacturing. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R21] Digital Twin Consortium. (s.d.). The Definition of a Digital Twin. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R22] ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 42001:2023 — Information technology — Artificial intelligence — Management system. [Ligação oficial](#)

[R23] ISO/IEC. (2023). ISO/IEC 23894:2023 — Information technology — Artificial intelligence — Guidance on risk management. [Ligação oficial](#)

[R24] União Europeia. (2024). Regulamento (UE) 2024/1689 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de junho de 2024, que cria regras harmonizadas em matéria de inteligência artificial (Regulamento da Inteligência Artificial). JO L, 2024/1689, 12.7.2024. Versão consolidada em vigor consultada em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R25] NIST. (2024). Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile. NIST AI 600-1. [Ligação oficial](#)

[R26] ISO. (2021). ISO 23247-1:2021 — Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1. [Ligação oficial](#)

[R27] Lu, Y., Liu, C., Wang, K. I.-K., Huang, H., & Xu, X. (2020). Digital Twin-driven smart manufacturing. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 61, 101837. [Ligação oficial](#)

[R28] ISO/IEC. (2024). ISO/IEC 30141:2024 — Internet of Things (IoT) — Reference architecture. [Ligação oficial](#)

[R29] NIST. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. SP 800-145. [Ligação oficial](#)

[R30] ISO/ASTM. (2021). ISO/ASTM 52900:2021 — Additive manufacturing — General principles — Fundamentals and vocabulary. [Ligação oficial](#)

[R31] Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Krüger, A., & ten Hompel, M. (2020). Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies — Update 2020. acatech STUDY. [Ligação oficial](#)

[R32] IMPULS / VDMA. (2015). Industrie 4.0 Readiness. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R33] Barros, C., Costa, B. F., & Ramos, D. (2023). Roadmap para a transição digital do setor da metalomecânica. Coordenação: Teixeira, L., & Guimarães, C. UA Editora. [Ligação oficial](#)

[R34] U.S. Government Accountability Office. (2020). Cost Estimating and Assessment Guide. GAO-20-195G. [Ligação oficial](#)

[R35] CITEVE. (s.d.). Transição Digital. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R36] CTCP. (s.d.). STEP2Digital — Transformação Digital do Cluster do Calçado. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R37] União Europeia. (2002). Regulamento (CE) n.º 178/2002, de 28 de janeiro de 2002. [Ligação oficial](#)

[R38] European Commission, Directorate-General for Digital Services. (2023). The PM² Project Management Methodology Guide 3.1. [Ligação oficial](#)

[R39] NIST. (2012). Guide for Conducting Risk Assessments. SP 800-30 Rev. 1. [Ligação oficial](#)

[R40] gov.pt. (s.d.). Fazer o registo no Balcão dos Fundos. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R41] COMPETE 2030. (s.d.). Programa Inovação e Transição Digital. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R42] Direção-Geral das Atividades Económicas. (s.d.). Rede Nacional de 30 Test Beds. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R43] CATIM. (s.d.). Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R44] CENTIMFE. (s.d.). I&D CENTIMFE / Engineering & Tooling. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R45] AIMMP. (s.d.). Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R46] Colab4Food. (s.d.). Laboratório Colaborativo para Inovação da Indústria Agroalimentar. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R47] TWINS4TS. (s.d.). Digital Twins & AI for Tâmega e Sousa's Industry. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R48] CETS. (s.d.). TAMS'TechValley — Incubadora tecnológica do Tâmega e Sousa. Consultado em junho de 2026. [Ligação oficial](#)

[R49] ISO/IEC. (2022). ISO/IEC 22989:2022 — Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology. [Ligação oficial](#)

[R50] IEC. (2013). IEC 62264-1:2013 — Enterprise-control system integration — Part 1: Models and terminology. [Ligação oficial](#)

[R51] ISO. (2025). ISO 10218-1:2025 — Robotics — Safety requirements — Part 1: Industrial robots. [Ligação oficial](#)

[R52] ISO. (2025). ISO 10218-2:2025 — Robotics — Safety requirements — Part 2: Industrial robot applications and robot cells. [Ligação oficial](#)

[R53] ISO. (2016). ISO/TS 15066:2016 — Robots and robotic devices — Collaborative robots. [Ligação oficial](#)

[R54] Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). Blockchain Technology Overview. NIST IR 8202. [Ligação oficial](#)

[R55] ISO. (2018). ISO 31000:2018 — Risk management — Guidelines. [Ligação oficial](#)

[R56] ISO/IEC. (2017). ISO/IEC 19941:2017 — Information technology — Cloud computing — Interoperability and portability. [Ligação oficial](#)

[R57] SHIFT2Future. (2022). Manual de Tendências de Implementação da Indústria 4.0 — Setor Calçado. Projeto SHIFT2Future. [Ligação oficial](#)

[R58] ISO. (2021). ISO 23247-2:2021 — Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 2: Reference architecture. [Ligação oficial](#)



Anexos

Anexo A - Ferramentas práticas para a transformação digital

Este anexo reúne ferramentas práticas para apoiar a aplicação do guia. As ferramentas não substituem a análise da empresa, mas ajudam a estruturar decisões, reuniões internas, pedidos de apoio, pilotos e avaliações.

As ferramentas devem ser usadas de forma simples: preencher apenas o necessário, rever com a equipa e atualizar à medida que a PME aprende com o diagnóstico, os pilotos e os resultados.

A.1 Canvas de oportunidade digital

Objetivo: estruturar uma oportunidade digital antes de avançar para decisão ou piloto.

Campo	Pergunta prática	Resposta da PME
Problema	Que dor operacional queremos resolver?	
Processo afetado	Onde acontece o problema?	
Decisão a melhorar	Que decisão será melhorada?	
Dados existentes	Que dados já existem?	
Dados em falta	Que dados precisam de ser recolhidos ou normalizados?	
Tecnologia possível	Que solução digital pode ajudar?	
Valor esperado	Que benefício se espera em custo, prazo, qualidade, energia ou risco?	
KPI	Como será medido o sucesso?	
Utilizadores	Quem vai usar ou validar a solução?	
Risco principal	O que pode correr mal?	
Próximo passo	Testar, preparar, rever, adiar ou abandonar?	

A.2 Matriz de priorização de iniciativas

Objetivo: comparar iniciativas digitais e escolher uma sequência realista.

Iniciativa	Valor esperado	Urgência	Esforço	Dependência	Risco	Prioridade
	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	
	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	
	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo	

A.3 Business case simplificado e TCO

Objetivo: avaliar se uma iniciativa tem problema claro, valor esperado, custos compreendidos e condições de manutenção.

Elemento	Pergunta prática	Resposta
Problema	Que problema concreto será resolvido?	
Benefício esperado	Que impacto se espera em prazo, custo, qualidade, energia ou risco?	
Custo inicial	Que investimento é necessário?	
Custo recorrente	Existem licenças, suporte, manutenção ou <i>cloud</i> ?	
Tempo interno	Que tempo será exigido à equipa?	
Formação	Que formação será necessária?	
Integrações	A solução terá de comunicar com outros sistemas?	
Cibersegurança	Que requisitos de segurança devem ser assegurados?	
Manutenção	Quem mantém a solução após implementação?	
Critério de sucesso	Que KPI confirma o valor?	
Critério de saída	Como sair se não funcionar?	

A.4 Checklist de seleção de parceiro ou fornecedor

Objetivo: apoiar a escolha de parceiros externos sem criar dependência excessiva.

Critério	Pergunta prática	Sim/Não	Observação
Experiência industrial	Conhece PME industriais e chão de fábrica?		
Especialização setorial	Tem experiência no nosso setor?		
Diagnóstico prévio	Compreendeu o problema antes de propor tecnologia?		
Transferência de conhecimento	Vai formar a equipa interna?		
Interoperabilidade	A solução comunica com sistemas existentes?		
Dados	A PME mantém acesso, controlo e portabilidade dos dados?		
Segurança	Existem regras de acessos, cópias de segurança e confidencialidade?		
Suporte	Há manutenção, SLA ou resposta a incidentes?		
Custo total	O TCO está claro?		
Saída	Existe plano de saída ou migração?		
Documentação	A solução fica documentada de forma compreensível?		

A.5 Verificação inicial de cibersegurança

- Existe inventário atualizado dos sistemas, equipamentos e ligações abrangidos?
- Estão definidos responsáveis, perfis de acesso e autenticação adequada?
- Existem cópias de segurança testadas e um procedimento de recuperação?
- Foram avaliados os riscos da nova ligação e as atualizações necessárias?
- Existe procedimento para registar, comunicar e responder a incidentes?

Esta verificação é apenas uma triagem. A avaliação completa deve seguir o Guia 2 - Segurança Primeiro: Cibersegurança essencial para PME industriais.

A.6 Verificação inicial de dados e interoperabilidade

- Os dados necessários estão identificados e têm responsável?
- As definições, formatos, unidades e regras de qualidade estão documentados?
- Os sistemas permitem exportação em formatos utilizáveis e documentados?
- Estão definidos acessos, conservação, proteção e regras de partilha?
- Existe um plano para corrigir dados incompletos, duplicados ou inconsistentes?

Esta verificação é apenas uma triagem. A avaliação completa deve seguir o Guia 10 - Gestão de Dados Industriais.

A.7 Checklist de sustentabilidade e resiliência

Objetivo: avaliar se uma iniciativa digital contribui para eficiência, redução de desperdício, resiliência e melhores condições operacionais.

Pergunta	Sim/Não	Observação
A iniciativa reduz desperdício, retrabalho ou perdas?		
A iniciativa permite medir ou reduzir consumo energético?		
A solução melhora a capacidade de resposta a falhas?		
Existem procedimentos alternativos em caso de indisponibilidade?		
A iniciativa reduz vulnerabilidades operacionais?		
O impacto sobre a carga de trabalho foi avaliado?		
Os utilizadores foram envolvidos na avaliação da solução?		
A solução contribui para decisões mais sustentáveis?		
Existem indicadores ambientais ou operacionais associados?		
A solução pode ser mantida pela empresa ao longo do tempo?		

A.8 Verificação inicial para utilização de Inteligência Artificial

- Existe uma decisão ou tarefa concreta a melhorar?
- Os dados são suficientes, lícitos, representativos e protegidos?
- Está definido quem valida os resultados e pode interromper a utilização?
- Existe uma situação de referência e um indicador para medir valor e erro?
- Foram avaliados impacto, segurança, privacidade, enviesamento, fornecedor e utilização indevida?

Esta verificação é apenas uma triagem. A avaliação completa deve seguir o Guia 3 - Fundamentos de IA para PME Industriais.

A.9 Ficha de projeto-piloto

Objetivo: estruturar um piloto digital antes da implementação em contexto real.

Campo	Conteúdo a definir
Nome do piloto	
Problema a resolver	
Área ou processo piloto	
Objetivo SMART	
KPI principal	
<i>Baseline</i>	
Meta	
Duração do piloto	
Responsável	
Utilizadores-chave	
Dados necessários	
Tecnologia ou solução	
Parceiros envolvidos	
Riscos principais	
Mitigações	
Critério de sucesso	
Critério de saída	
Decisão final	Avançar / Rever / Adiar / Encerrar

A.10 Gate de decisão: avançar, rever, adiar ou encerrar

Objetivo: apoiar decisões antes, durante ou depois de pilotos e iniciativas digitais.

Critério	Pergunta de avaliação	Decisão / observação
Problema	O problema está claramente definido?	
Valor	O KPI melhorou face à <i>baseline</i> ?	
Dados	Os dados mínimos existem e são fiáveis?	
Utilização	Os utilizadores usam e confiam na solução?	
Risco	Os riscos estão controlados?	
Cibersegurança	A solução respeita requisitos mínimos de segurança?	
Custo	O TCO é compatível com o valor criado?	
Manutenção	A PME consegue manter a solução?	
Documentação	A solução está documentada?	
Escala	Existem condições para ampliar?	

Decisão: avançar / rever / adiar / encerrar.

A.11 *Checklist* final de prontidão para implementação

Objetivo: verificar se a PME tem condições mínimas para avançar com uma iniciativa digital.

Pergunta de validação	Sim/Não	Observação
O problema prioritário está definido?		
O processo afetado está mapeado?		
Existe responsável interno?		
Os utilizadores-chave foram envolvidos?		
Existe <i>baseline</i> ?		
O KPI está definido?		
Os dados mínimos existem ou podem ser recolhidos?		
Os riscos principais foram identificados?		
As medidas de cibersegurança foram avaliadas?		
O fornecedor ou parceiro foi avaliado?		
O TCO foi estimado?		
Existe critério de sucesso?		
Existe critério de saída?		
A solução reforça competências internas?		
A decisão de avançar foi registada?		

A.12 Modelo de pedido de apoio externo

Objetivo: preparar um pedido claro para associações, centros tecnológicos, EDIH, universidades, consultores ou fornecedores.

Campo	Conteúdo a preparar
Problema	O que queremos resolver?
Processo afetado	Onde acontece o problema?
Situação atual	Como funciona hoje?
Dados disponíveis	Que dados existem, onde estão e com que qualidade?
Resultado esperado	Que KPI queremos melhorar?
Restrições	Prazo, orçamento, equipa, sistemas existentes e limitações técnicas
Apoio pretendido	Diagnóstico, piloto, formação, tecnologia, financiamento ou integração
Critério de sucesso	Como será avaliado o apoio?
Critério de decisão	O que nos fará avançar, rever ou adiar?
Condições mínimas	Que documentação, segurança e transferência de conhecimento são exigidas?

A.13 Registo simples de riscos

Objetivo: acompanhar riscos de forma simples durante diagnóstico, piloto ou implementação.

Risco	Probabilidade	Impacto	Mitigação	Responsável	Estado
	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo			
	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo			
	Alta / Média / Baixa	Alto / Médio / Baixo			

A.14 Autoavaliação de maturidade digital

Objetivo: avaliar o ponto de partida da PME nas oito dimensões da maturidade digital.

Dimensão	Pergunta de avaliação	Pontuação 0-5	Evidência
Estratégia e governação	A empresa tem prioridades digitais claras, responsáveis definidos, KPIs e critérios de decisão?		
Pessoas e competências	As equipas têm competências digitais adequadas, recebem formação e participam nos projetos?		
Processos e operações	Os processos críticos estão mapeados, documentados, monitorizados e revistos?		
Dados e interoperabilidade	Existem dados fiáveis, fontes oficiais, responsáveis pelos dados e integração entre sistemas?		
Tecnologia e infraestrutura digital	As ferramentas, sistemas, equipamentos, <i>cloud</i> , sensores e redes são adequados, documentados e escaláveis?		
Cibersegurança e continuidade operacional	A empresa gere acessos, cópias de segurança, fornecedores, resposta a incidentes e continuidade operacional?		
Sustentabilidade e resiliência	Os projetos digitais ajudam a medir ou reduzir energia, desperdício, retrabalho, impacto ambiental ou vulnerabilidades operacionais?		
Gestão do conhecimento e parcerias	A empresa documenta aprendizagens, partilha conhecimento e usa apoio externo sem perder autonomia interna?		

Interpretação sugerida: 0 - Sem competências; 1 - Iniciado; 2 - Intermédio; 3 - Experiente; 4 - Especialista; 5 - Top.



Ficha Técnica

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 - junho de 2026