



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE ENGENHARIA

MESTRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Transformação digital na indústria de manufatura:

Modelos de transformação digital numa visão holística e integradora.

Dissertação de Mestrado apresentada a provas públicas para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial,
orientada por Prof. Doutor Miguel J. Vieira e Prof. Doutor Pedro A.
Marques

Autor: Flávio Francisco Da Silva – A22211405

2024

www.ulusofona.pt

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA
FACULDADE DE ENGENHARIA

MESTRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Transformação digital na indústria de manufatura:

Modelos de transformação digital numa visão holística e
integradora.

VERSÃO FINAL

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro
Universitário de Lisboa no dia 12/12/2024, perante o júri, nomeado pelo Despacho
de Nomeação n.º: 1136/2024, de dezembro de 2024, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutor Francisco Maria Ribeiro da Costa Silva Pinto
Vogais: Arguente Prof. Doutor André Mendes de Carvalho (Departamento de
Engenharia Mecânica e Industrial, Universidade Nova de Lisboa);
Orientador: Prof. Doutor Miguel Jorge Vieira.

Este trabalho também foi orientado por: Prof. Doutor Pedro A. Marques

Autor: Flávio Francisco Da Silva – A22211405

2024

“Our plans miscarry because they have no aim. When a man does not know what harbor he is making for, no wind is the right wind.”

Lucius Annaeus Seneca

Dedicado à Zeneide e ao Gabriel.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família pelo seu apoio incondicional durante a jornada de concretização dos meus sonhos.

Aos meu orientadores Prof. Dr. Miguel Vieira e Prof. Dr. Pedro A. Marques por todo o conhecimento partilhado.

A Universidade Lusófona pela oportunidade em continuar a realização da minha formação neste mestrado.

Resumo

Nas últimas décadas de intensa globalização, as grandes mudanças nos modelos de negócio, a concorrência e o crescente desenvolvimento tecnológico têm exigido que as empresas adaptem seus modelos de produção tradicionais para que sejam capazes de atender às necessidades de todas as partes interessadas relevantes.

A adoção de tecnologias digitais nos processos organizacionais e de negócio é hoje amplamente aceita como uma das principais estratégias de transformação na indústria para alcançar melhorias substanciais na cadeia de valor. A transformação digital procura atender a estas mudanças de forma a modificar as formas de trabalhar, de mentalidade e modelo de negócio, promovendo processos mais modernos.

Contudo, a implementação da arquitetura tecnológica necessária reveste-se normalmente de elevada complexidade. Para além de resultar num alto custo associado, verifica-se em muitos casos insucesso na implementação da transformação digital nas organizações. Por esta razão, os gestores e organizações necessitam de um *roadmap* capaz de auxiliá-los na definição de uma estratégia de transformação digital e abrir caminho para a sua implementação.

O trabalho proposto e realizado nesta dissertação buscou identificar na literatura científica os modelos atuais para a definição desta estratégia de transformação digital e os passos para sua implementação, assim como analisá-los quanto à sua capacidade de guiar os gestores e organizações. Como resultado da investigação, identificou-se a falta de um *roadmap* que compreenda toda a extensão do desenvolvimento da estratégia e a sua implementação. Esta dissertação propõe assim um *roadmap* que procura acompanhar os gestores e organizações no processo de conceção, desenvolvimento e execução da respetiva transformação digital. Como resultado, foi desenvolvido um estudo de caso para verificar a utilização prática do *roadmap* que se demonstrou eficaz para os objetivos propostos.

Palavras-chave: Integração, modelos, *roadmap*, sistemas ciberfísicos, transformação digital.

Abstract

In recent decades of intense globalization, major changes in business models, competition and increasing technological development have required companies to adapt their traditional production models so that they are able to meet the needs of all relevant stakeholders.

The adoption of digital technologies in organizational and business processes is now widely accepted as one of the main transformation strategies in the industry to achieve substantial improvements in the value chain. Digital transformation seeks to address these changes in order to modify ways of working, mentality and business model, promoting more modern processes.

However, implementing the necessary technological architecture is usually highly complex. As well as resulting in a high associated cost, in many cases the implementation of digital transformation in organizations fails. For this reason, managers and organizations need a roadmap that can help them define a digital transformation strategy and pave the way for its implementation.

The work proposed and carried out in this dissertation sought to identify in the scientific literature the current models for defining this digital transformation strategy and the steps for its implementation, as well as analyzing them in terms of their ability to guide managers and organizations. As a result of the research, we identified the lack of a roadmap that encompasses the full extent of the strategy's development and implementation. This dissertation therefore proposes a roadmap that seeks to accompany managers and organizations in the process of designing, developing and implementing their digital transformation. As a result, a case study was developed to verify the practical use of the roadmap, which proved to be effective for the proposed goals.

Keywords: *Cyber-physical systems, digital transformation, Integration, models, roadmap.*

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

AI	<i>Artificial Intelligence</i>
APP	<i>Application</i>
BM	<i>Business Model</i>
BMI	<i>Business Model Innovation</i>
BPM	<i>Business Process Modeling</i>
CDO	<i>Chief Digital Officer</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CEP	Controlo Estatístico de Processos
CIO	<i>Chief Information Officer</i>
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
CPS	Sistemas Ciberfísicos
CPS-ComNet	CPS de rede e comunicação
CPSoS	Sistemas de Sistemas Ciberfísicos
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
CRP	<i>Capacity Requirements Planning</i>
CTP	<i>Critical To the Process</i>
DBS	<i>Digital Business Strategy</i>
DFSS	<i>Design For Six Sigma</i>
DMADV	<i>Define – Measure – Analyze – Design - Verify</i>
DOI	<i>Digital Object Identifier</i>
DTS	<i>Digital Transformation Strategy</i>
EN	Estratégia do Negócio
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ETD	Estratégia de Transformação Digital
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GRL	<i>Goal-oriented Requirement Language</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IIAF	<i>Industrial Internet Architecture Framework</i>
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i>
IIRA	<i>Industrial Internet Reference Architecture</i>
IMSA	<i>Intelligent Manufacturing System Architecture</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISA-95	<i>Instrumentation, Systems and Automation Society</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT	<i>Informations Technology</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
MP	Manutenção Preventiva
MPR	Modelos, Procedimentos ou Roadmaps
MSA	<i>Measurement System Analysis</i>
N/A	Não Aplicável
N/D	Não Definido

NFC	<i>Near Field Communication</i>
NFR	<i>Non-Functional Requirements</i>
Nºman	Número de Manutenções Executadas
Nºreg	Número de Registos de Manutenção
NºSI	Número de <i>Softwares</i> Integrados
NºST	Número de <i>Softwares</i> Total
OT	<i>Operations Technology</i>
OT	Ordem de Trabalho
PDCA	<i>Plan – Do – Check - Act</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controllers</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
PV	Proposta de Valor
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
QR Code	<i>Quick Response Code</i>
RACI	Responsável – Aprovador – Consultado – Informado
RAMI 4.0	<i>Reference Architecture Model Industry 4.0</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
RQ	<i>Research Question</i>
S&AT	Suporte e Assistência Técnica
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SIPOC	<i>Supplier – Input – Process – Output – Customer</i>
SMART	<i>Specific – Measurable – Achievable – Relevant – Timed</i>
SWOT	<i>Strentghts – Weaknesses – Opportunities – Theats</i>
TC	<i>Total Citations</i>
TCY	<i>Total Citations per Year</i>
TD	Transformação Digital
TI	Tecnologias da Informação
Vs.	<i>Versus</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WBS	<i>Work Breakdown Structure</i>
WMS	<i>Warehouse Management System</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE TABELAS	14
INTRODUÇÃO	15
A Transformação digital e a indústria de manufatura	15
Estrutura	18
1 METODOLOGIA.....	19
1.1 Fase 0 - Análise bibliométrica sobre transformação digital na indústria de manufatura	19
1.2 Fase 1 - Identificação de artigos relacionados com modelos para definição de estratégia de transformação digital e sua implementação.....	21
1.3 Fase 2 - Identificação de modelos de integração de tecnologias digitais na indústria de manufatura	22
1.4 Fase 3 - Análise dos documentos de forma a identificar a resposta para a pergunta de investigação.....	23
1.5 Fase 4 - Proposta de <i>roadmap</i> capaz de guiar as organizações na definição da estratégia de transformação digital e os passos para sua implementação	24
1.6 Conclusões.....	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 Fase 0 - Referencial da transformação digital	25
2.1.1. Desenvolvendo uma definição unificada de transformação digital	25
2.1.2. Transformação digital: revisão sistemática da literatura	27
2.2 Fase 1 - Principais modelos conceituais da transformação digital	28
2.2.1 Modelo conceptual e opiniões de especialistas	28
2.2.2 Transformação digital pela perspectiva da indústria.....	30
2.2.3. Aplicação da fase de posicionamento do modelo de transformação digital na prática para pequenas e médias empresas	33
2.2.4. Apoiando a transformação digital em pequenas e médias empresas	36
2.2.5. Como se beneficiar através da digitalização na prática.....	37
2.2.6 Estratégias de transformação digital	39
2.3 Fase 2 - Principais modelos de integração de tecnologias digitais na indústria.....	40
2.3.1. Referencial de Integração Vertical - ISA 95	42
2.3.2. Modelo Referencial de Arquitetura Indústria 4.0 – RAMI 4.0.....	44
2.3.3. Arquitetura de Referência da Internet Industrial - IIRA	45
2.3.4. Arquitetura do Sistema de Manufatura Inteligente - IMSA.....	46
2.4 Fase 3 – Análise e discussão.....	47
2.4.1. Análise e discussão dos modelos de transformação digital apresentados	47
2.4.2. Análise e discussão dos modelos de integração apresentados	56
2.5 Conclusão.....	57
3. FASE 4 – PROPOSTA DO ROADMAP PARA A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL.....	59
3.1 Metodologia de Design For Six Sigma para desenvolvimento de processos	59

3.1.1	Fase <i>Define</i>	61
3.1.2	Fase <i>Measure</i>	61
3.1.3	Fase <i>Analyze</i>	62
3.1.4	Fase <i>Design</i>	62
3.1.5	Fase <i>Verify</i>	62
3.2	Fase Posicionamento da Estratégia.....	64
	Porquê	64
	i. Justificação do projeto e proposta de valor	64
	ii. Objetivos do projeto	65
	iii. Benefícios esperados.....	66
	O quê	66
	iv. Foco do projeto	66
	v. Requisitos do projeto	67
	Quem	67
	vi. Definição da equipa e partes interessadas.....	67
	Como	69
	vii. Pressupostos.....	69
	viii. Entregáveis.....	69
	ix. Barreiras.....	69
	Quando	70
	x. Calendarização do projeto	70
	Quanto custa	70
	xi. Riscos	70
	xii. Avaliação dos aspetos financeiros.....	70
3.3	Fase Estado Atual	71
3.3.1	Definição do sistema de medição e medição do estado atual	71
	i. Definição dos indicadores de desempenho	71
	ii. Definição do sistema de medição	72
	iii. Revisão do estado atual.....	72
3.3.2	Análise e levantamento de informações para desenvolvimento dos conceitos.....	72
	i. Apresentar alternativas conceptuais de solução	73
	ii. Confirmar se é executável	73
	iii. Verificar se atende aos pontos críticos para o processo	73
	iv. Selecionar a melhor alternativa	73
3.4	Fase Estado Futuro	74
3.4.1	Desenvolver a melhor solução digital.....	74
	i. Definir o fornecedor da tecnologia escolhida	74
	ii. Verificar o atendimento dos requisitos críticos para o processo	74
	iii. Determinar os custos de implementação.....	75
	iv. Detalhar o processo de implementação	75

v. Priorização de projetos e tarefas	75
3.5 Fase Validação	76
i. Verificar resultados	76
ii. Validar e avaliar viabilidade de expansão	76
3.6 Roadmap proposto para a definição e implementação da estratégia de transformação digital	76
4. ESTUDO DE CASO	78
4.1 A empresa	78
4.2 Fase Posicionamento da estratégia	78
i. Justificação do projeto – Proposta de valor	78
ii. Objetivos do projeto	79
iii. Benefícios esperados	80
iv. Foco do projeto	80
v. Requisitos do projeto	81
vi. Definição da equipa de projeto e partes interessadas	84
vii. Pressupostos	84
viii. Entregáveis	84
ix. Barreiras	85
x. Calendarização do projeto	86
xi. Riscos	86
xii. Avaliação dos aspetos financeiros	86
4.3 Fase Estado atual	88
i. Definição dos indicadores de desempenho e sistema de medição	88
ii. Revisão do estado atual	89
iii. Apresentar alternativas conceituais de solução	90
iv. Confirmar se é exequível	90
v. Verificar se atende aos pontos críticos para o processo	91
vi. Selecionar a melhor alternativa	91
4.4 Fase Estado Futuro	92
i. Definir o fornecedor da tecnologia escolhida	92
ii. Verificar o atendimento dos requisitos críticos para o processo	93
iii. Determinar os custos de implementação	94
vi. Detalhar o processo de implementação	94
v. Priorização de projetos e tarefas	95
4.5 Fase Validar	96
i. Verificar resultados	96
ii. Validar e avaliar viabilidade de expansão	96
CONCLUSÃO	97
Conclusões sobre os objetivos propostos e contribuições da dissertação	97
Limitações	98

Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
APÊNDICES.....	I
ANEXOS.....	V

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Workflow</i> do processo de coleta de dados	20
Figura 2 <i>Workflow</i> para identificação dos artigos relacionados com modelos para a transformação digital e sua implementação	22
Figura 3 <i>Workflow</i> para identificação dos artigos relacionados com modelos de integração de tecnologias digitais	23
Figura 4 Diagrama conceitual da transformação digital.....	26
Figura 5 Estrutura de pesquisa de transformação digital.....	27
Figura 6 Objetivos estratégias identificadas na TD representados em forma de decomposição do NFR	29
Figura 7 Modelo conceitual da transformação digital pela perspectiva dos líderes entrevistados	31
Figura 8 <i>Roadmap</i> para a implementação da transformação digital.....	32
Figura 9 Modelo para implementação da transformação digital	33
Figura 10 Impacto da digitalização.....	34
Figura 11 Modelo para enfrentar a transformação digital	38
Figura 12 Relação entre a estratégia corporativa e a estratégia de transformação digital ...	39
Figura 13 Estrutura de transformação digital: equilibrando quatro dimensões transformacionais	40
Figura 14 Tipos de tecnologias ciberfísicas.....	41
Figura 15 Níveis do modelo funcional	42
Figura 16 Elementos de integração e referência do modelo ISA-95.....	43
Figura 17 Modelo proposto da ISA-95 expandida	43
Figura 18 Modelo atual e Modelo ISA-95 expandido proposto	44
Figura 19 Modelo tridimensional RAMI 4.0.....	45
Figura 20 Relações entre cada ponto de vista - IIRA	46
Figura 21 Arquitetura do sistema de manufatura inteligente.....	47
Figura 22 Relação entre o Fluxo Six Sigma (DMAIC) e DFSS (DMADV)	60
Figura 23 Mapas do DFSS.....	61
Figura 24 Principais objetivos e técnicas utilizadas em cada fase do mapa DMADV	63
Figura 25 Formação da equipa digital	68
Figura 26 Atributos da análise do sistema de medição	72
Figura 27 <i>Roadmap</i> proposto para definição e implementação da estratégia de transformação digital	77
Figura 28 Matriz X - Objetivos do projeto	79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Critérios de pesquisa da análise bibliométrica	20
Tabela 2 Critérios de pesquisa para estratégias de transformação digital	21
Tabela 3 Critérios de pesquisa para arquitetura de integração de sistemas ciberfísicos	23
Tabela 4 Publicações mais citadas.....	25
Tabela 5 Tipo de abordagem.....	48
Tabela 6 Dimensão - Natureza da transformação digital	49
Tabela 7 Dimensão - Âmbito da transformação digital.....	50
Tabela 8 Dimensão - Entidade alvo da transformação digital	50
Tabela 9 Dimensão - Meios para atingir a transformação digital	51
Tabela 10 Dimensão - Objetivos da transformação digital	52
Tabela 11 Dimensão - Impacto da transformação digital	53
Tabela 12 Dimensão - Estrutura-ecossistema para a transformação digital	54
Tabela 13 Dimensão – Equipa digital para a transformação digital.....	54
Tabela 14 Dimensão - Desafios da transformação digital	55
Tabela 15 Metodologia de suporte ao desenvolvimento do modelo/procedimento	56
Tabela 16 Elementos do Canvas Project Model a definir no projeto	64
Tabela 17 Definição dos objetivos	66
Tabela 18 SIPOC - objetivo 1	81
Tabela 19 SIPOC - objetivo 2	82
Tabela 20 Níveis de utilização dos softwares	83
Tabela 21 Análise de riscos - FMEA.....	87
Tabela 22 Definição do sistema de medição taxa de registos	88
Tabela 23 Definição do sistema de medição da taxa de softwares integrados	88
Tabela 24 Revisão do estado atual – objetivo 1	89
Tabela 25 Revisão do estado atual – objetivo 2	89
Tabela 26 Lista de alternativas objetivo 1.....	90
Tabela 27 Enquadramento dos elementos para integração.....	90
Tabela 28 Classificação do melhor conceito segundo a Matriz de Pugh.....	92
Tabela 29 Comparação das alternativas de softwares de gestão da manutenção - CMMS.	93
Tabela 30 Análise dos custos de aquisição e implementação	94
Tabela 31 Calendarização da implementação do CMMS e do plano de manutenção.....	95
Tabela 32 Priorização de projetos e tarefas	95
Tabela 33 Verificação dos resultados do objetivo 1	96

INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados a contextualização ao tema da transformação digital na indústria de manufatura, a justificativa do trabalho, seus objetivos e estrutura.

A Transformação digital e a indústria de manufatura

Nas últimas décadas de grande globalização, para que as empresas consigam atender as necessidades de todos os *stakeholders*, precisam de realizar mudanças nos seus modelos de produção tradicionais devido às grandes mudanças nos modelos de negócios e competição de mercado (Khan e Turowski 2016; Tian et al. 2023). Cada vez mais torna-se necessário maior flexibilidade dos meios produtivos para atender de forma rápida ao cliente com necessidades cada vez mais individualizadas, e mantendo a sustentabilidade do negócio (Kilimis et al. 2019; Tian et al. 2023).

A digitalização é hoje amplamente aceita como uma das principais estratégias tecnológicas de transformação na indústria para alcançar melhorias substanciais na cadeia de valor. Esta transformação procura promover a melhoria da eficácia e eficiência dos processos, aumentando a qualidade dos produtos e consequentemente reduzindo custos de operação (Brodny e Tutak 2022), sendo indiscutível a crescente necessidade da adoção de tecnologias modernas nos processos produtivos (Adamczak et al. 2023; Jones, Hutcheson, e Camba 2021; Kilimis et al. 2019).

No entanto, existe ainda uma grande disparidade entre o desenvolvimento tecnológico e os sistemas atualmente implementados no setor da manufatura (Khan e Turowski 2016). Com a crescente tendência das ideias da indústria 4.0, para garantirem a competitividade dos seus processos, as empresas devem fazer uso o mais rápido possível da digitalização (Brodny e Tutak 2022; Doyle e Cosgrove 2019). Contudo, apesar do seu uso nas indústrias de manufatura ser considerada facilitadora de vantagens competitivas (Buer et al. 2020; Lee et al. 2021; Oztemel e Gursev 2020; Rossini et al. 2021), a implementação da digitalização é uma questão complexa (Adamczak et al. 2023). A complexidade de implementação da arquitetura tecnológica pode resultar num alto custo associado (Brodny e Tutak 2022; Tian et al. 2023), e longo tempo de implementação. Tal pode levar a rutura financeira destas organizações, gerando um fracasso parcial ou total do retorno esperado, ou o abandono do projeto onde já houve investimentos, o que (Tian et al. 2023) intitula como o paradoxo da TD. Por isso, em muitos casos, as empresas não tiveram sucesso na implementação da sua estratégia de digitalização. Este insucesso está ligado à falta de preparação na mudança da

mentalidade e dos processos de forma a transformar a cultura da organização para absorver as mudanças (Parviainen et al. 2017).

Também a diferença de tamanho das empresas tem um impacto significativo na forma da implementação da transformação digital (Buer et al. 2020), sendo que em empresas de grande dimensão apresentam um estado mais avançado atualmente devido ao seu maior potencial e recursos (Brodny e Tutak 2022; Buer et al. 2020). Para as pequenas e médias empresas (PME's), esta transformação é ainda lenta, para além do custo para a sua implementação, a lacuna entre a posição atual e a digitalização podem apresentar-se como barreiras importantes (Doyle e Cosgrove 2019), sem contar com as dúvidas da organização sobre a complexidade da transformação digital (TD) nos processos (Kilimis et al. 2019). Além disso, apesar de alguns autores tentarem avaliar o nível de maturidade digital de uma organização, até ao presente momento, ainda não há uma metodologia unificada para definição do nível ou estágio digital de uma organização, assim como as capacidades digitais requeridas em cada estágio (Zhu, Ge, e Wang 2021). Todavia, a TD não precisa ser adotada de forma abrupta e totalmente disruptiva, podendo ser um progresso de adaptações e implementações tecnológicas planeadas de melhorias nos processos (Doyle e Cosgrove 2019; Kääriäinen et al. 2020; Rossini et al. 2021)

Por isso, torna-se crucial a importância de definir uma estrutura, para estabelecer os caminhos a serem seguidos para guiar as empresas do setor da manufatura na sua busca pela transformação digital.

O termo '*digital transformation*' ou 'transformação digital' pode ser definido como "a forma ou processo pelo qual as organizações respondem as transformações do ambiente de negócios utilizando de tecnologias digitais" (Zhu et al. 2021). No mesmo sentido (Parviainen et al. 2017) baseado em outras obras, define a transformação digital como "mudanças nas formas de trabalhar, papéis e oferta de negócios causada pela adoção de tecnologias digitais em uma organização, ou no ambiente de operação da organização". Estas ferramentas tais como *Internet of things* (IoT), Inteligência Artificial (AI), computação na nuvem, computação móvel, *big data*, 5G, *analytics*, *cloud*, entre outras (Battistoni et al. 2023; Boffa e Maffei 2023; Heavin e Power 2018; Oztemel e Gursev 2020), tornam possível alcançar resultados e atender necessidades latentes no mercado através de novas perspetivas. Porém é (Gong & Ribiere, 2021) que melhor definem o termo transformação digital como sendo "Um processo de mudança fundamental, possibilitado pelo uso inovador de tecnologias digitais acompanhadas pela alavancagem estratégica das principais áreas de desenvolvimento sustentável, fontes e capacidades, visando melhorar radicalmente uma organização, rede de negócios, indústria ou sociedade, e redefinir sua proposta de valor para seus *stakeholders*".

É de grande importância a correta definição do termo '*digital transformation*' e a eliminação de uma certa confusão com os termos '*digitalization*' e '*digitization*', que têm sido usados como sinónimos e, apesar de estarem ligados ao processo de TD, não apresentam o mesmo significado.

O termo '*digitization*' ou 'digitalização' é empregue para o processo de transformar as informações analógicas em dados codificados em linguagem de computação como zeros e uns para que os computadores possam armazenar, processar e transmitir tais informações. Já o termo '*digitalization*' ou 'digitalização' é o processo de utilizar-se de múltiplas tecnologias digitais ao serviço da mudança dos modelos de negócio criando valor (Gong e Ribiere 2021).

A implementação da TD é uma questão complexa, sendo necessário que os gestores tenham definida uma estratégia de transformação digital (ETD) de forma a abrir caminho para a sua implementação. As sequências de tarefas a serem desenvolvidas dependem de vários fatores e conhecimentos de múltiplas áreas, para além dos riscos e barreiras associados. A partir de uma análise preliminar a trabalhos realizados no âmbito da TD na indústria, parece existir uma lacuna na literatura na falta de um *roadmap* que sirva de guia para as organizações interessadas em desenvolver uma ETD e sua posterior implementação. No contexto desta dissertação pode assim ser levantada a seguinte questão de investigação (RQ):

- RQ: Que modelos, procedimentos ou *roadmaps* (MPR) existem para a definição da estratégia de transformação digital e sua implementação, capaz de conduzir as organizações de forma eficaz na sua transformação digital?

O trabalho proposto nesta dissertação pretende apresentar o resultado de uma extensa revisão da literatura relacionada com os modelos propostos na área da transformação digital, por forma a estabelecer um *roadmap* que conduza as organizações na formulação da sua ETD e sua posterior implementação. O resultado deste trabalho pretende servir como um guia para os gestores que pretendam implementar a TD nas suas organizações, e contribuir para o desenvolvimento da área científica voltada para o tema da TD, em especial em PME's do setor industrial.

Objetivos gerais

De acordo com o contexto exposto, o estudo apresentado nesta dissertação procura responder aos seguintes objetivos:

- 1) Identificar quais os modelos atuais que podem ser consultados na ótica do desenvolvimento da estratégia de transformação digital e sua posterior implementação.

- 2) Identificar quais os modelos atuais que podem ser consultados na ótica da integração de tecnologias voltados para a digitalização de processos na indústria de manufatura.
- 3) Apresentar uma proposta de *roadmap* capaz de guiar os gestores de empresas de manufatura no desenvolvimento e implementação de sua estratégia de transformação digital.

Estrutura

A presente dissertação é formada pela seguinte estrutura:

Introdução – Introduz o tema da transformação digital, definição do problema sobre a falta de um MPR para a definição da ETD e sua implementação, seguido da definição dos objetivos da dissertação.

Capítulo 1 – Detalha a metodologia utilizada para o desenvolvimento da dissertação, assim como os pressupostos do tema abordado.

Capítulo 2 – Introduz o referencial teórico que está dividido em:

- Contexto da transformação digital.
- Identificação dos principais modelos conceituais de transformação digital na indústria.
- Identificação dos principais modelos de integração de tecnologias digitais na indústria.
- Análise e conclusão sobre os modelos.

Capítulo 3 – Desenvolve a proposta de um *roadmap* para a definição da estratégia da transformação digital e sua implementação, apoiado pela ferramenta para desenvolvimento de produtos e processos *Design For Six Sigma* (DFSS).

Capítulo 4 – Desenvolve um estudo de caso com a aplicação do *roadmap* proposto no capítulo anterior.

Conclusão – Expõe as conclusões relativas a esta dissertação de forma sintética. Primeiramente são apresentadas as conclusões sobre os objetivos gerais propostos, em seguida sobre o *roadmap* proposto e do estudo de caso, logo, são citadas as limitações encontradas para o desenvolvimento da dissertação. Em seguida as conclusões gerais sobre a contribuição deste trabalho de investigação e por fim uma sugestão para trabalhos futuros neste âmbito.

1 METODOLOGIA

Metodologia

O desenvolvimento desta dissertação teve início em estudos preliminares de revisão da literatura no âmbito da TD intitulada Fase 0, onde foi identificada como lacuna a falta de um MPR de apoio à definição da ETD e sua posterior implementação nas organizações, especialmente no âmbito industrial. Este trabalho conta com a identificação de artigos que serviram de ponto de partida para sustentar a questão de investigação, com a metodologia empregue no desenvolvimento desta dissertação identificada pelas seguintes fases:

- Fase 0) Estudo preliminar e análise bibliométrica em bases de dados científicas sobre a transformação digital na indústria de manufatura.
- Fase 1) Investigação e análise nas bases de dados científicas a fim de identificar modelos para definição de ETD e sua implementação.
- Fase 2) Investigação e análise nas bases de dados científicas a fim de identificar modelos de integração de tecnologias digitais na indústria de manufatura.
- Fase 3) Análise e síntese das informações de forma a identificar a resposta para a pergunta de investigação.
- Fase 4) Proposta de um *roadmap* capaz de guiar as organizações na definição da ETD e os passos para sua implementação.

1.1 Fase 0 - Análise bibliométrica sobre transformação digital na indústria de manufatura

Para o desenvolvimento desta análise bibliométrica inicialmente foram recolhidos e compilados dados sobre o tema na base de dados bibliométricos da *Web of Science* (WoS) através da aplicação de filtros, com o objetivo de obter estudos publicados com o tema referente à TD no setor da manufatura industrial. A base de dados e os critérios utilizados para a pesquisa são apresentados na Tabela 1, onde foram identificados um total final de 258 publicações a serem consideradas.

Para realização da pesquisa foi conduzida uma busca na base de dados com os temas "*digital transformation*" or "*digitalization*" and "*manufactur* industr**" no campo "Título" e "Abstract" das publicações, onde foram levantadas 2702 publicações, logo, seguiu-se o *work-flow* da metodologia PRISMA (Moher et al. 2010) apresentados na **Figura 1**.

Tabela 1 Critérios de pesquisa da análise bibliométrica

Base de dados	Texto de pesquisa	Total
Web of Science	<i>"digital transformation" or "digitalization" and "manufactur* industr*" (Title) and "digital transformation" or "digitalization" and "manufactur* industr*" (Abstract)</i>	258
Refinado por: <i>Publication Years: 2023 or 2022 or 2021 or 2020 or 2019 or 2018. And Document Types: Article or Review Article. and Languages: English. and Research Areas: Engineering or Operations Research Management Science or Automation Control Systems or Metallurgy Metallurgical Engineering</i>		

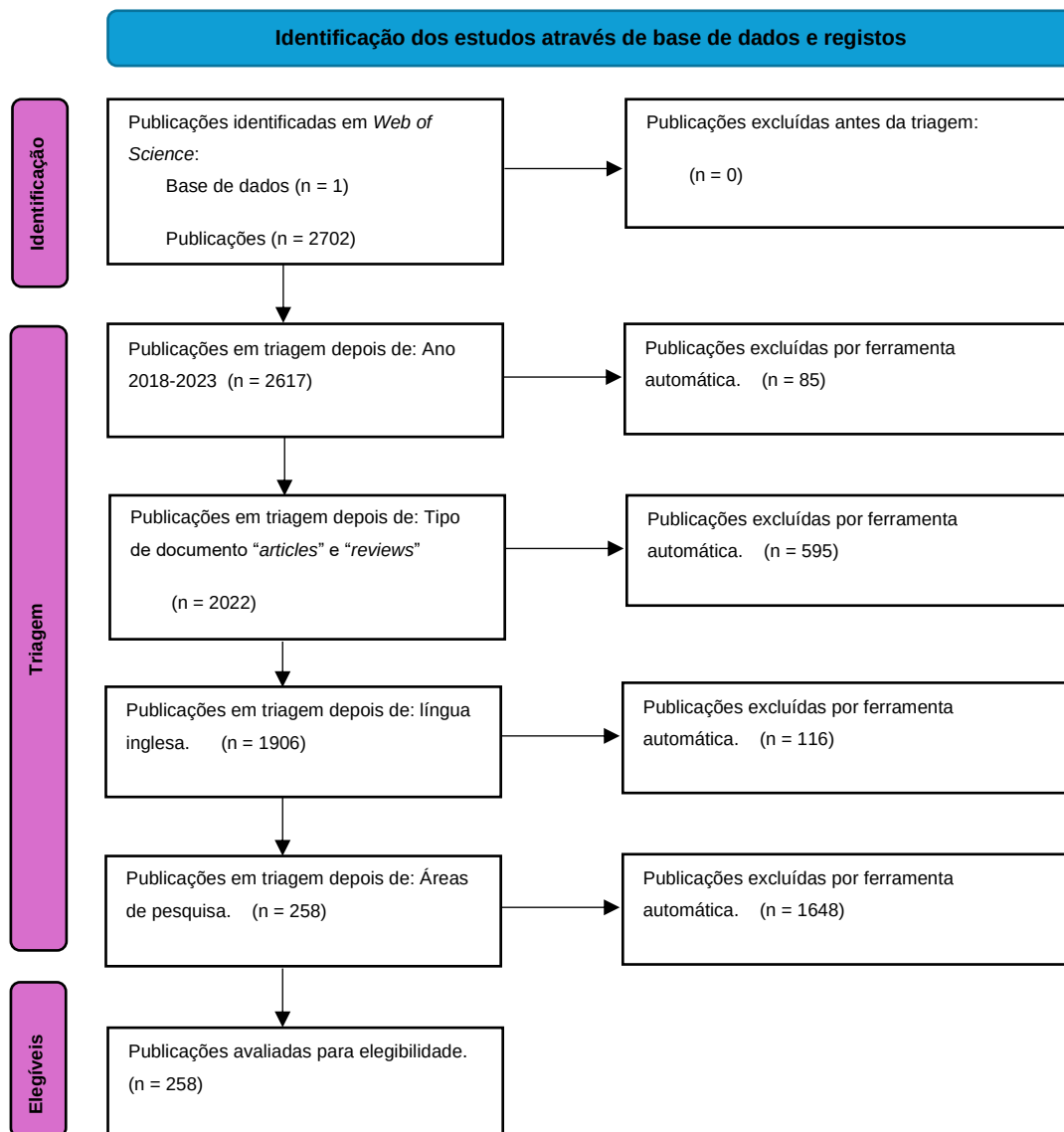


Figura 1 Workflow do processo de coleta de dados adaptado de (Moher et al. 2010)

No diagrama apresentado é possível verificar que foram aplicadas quatro restrições através da ferramenta automática da base de dados; (1) pelo ano de publicação, para levantar as publicações mais recentes compreendidas entre '2018–2023', dado que neste ponto da triagem, 2018 foi o ano em que as publicações nesta área iniciaram um crescimento expressivo comparado aos anos anteriores; (2) foram considerados somente as publicações que fossem 'Artigos' ou 'Revisões bibliográficas' no sentido de apurar as publicações de maior qualidade entre pesquisadores; (3) apenas as publicações em 'língua inglesa'; (4) tendo sido refinadas segundo as áreas de pesquisa de '*Engineering or Operations Research Management Science or Automation Control Systems or Metallurgy Metallurgical Engineering*' no intuito de restringir a pesquisa o mais próximo possível às áreas de interesse voltadas a indústria de manufatura. Foram escolhidas estas áreas por serem as que continham publicações dentro da base de dados WoS segundo a **Tabela 1**.

1.2 Fase 1 - Identificação de artigos relacionados com modelos para definição de estratégia de transformação digital e sua implementação

Para a identificação dos artigos, inicialmente foram recolhidos dados sobre o tema na base de dados bibliométricos da *Web of Science* (WoS) e *Scopus*, através da aplicação de filtros, com o objetivo de obter estudos publicados com o tema referente aos modelos de transformação digital e sua implementação. A base de dados e os critérios utilizados para a pesquisa são apresentados na **Tabela 2**. Foram identificados um total de 38 documentos, divididos entre 25 documentos na base de dados da WoS e 13 na *Scopus*.

Tabela 2 Critérios de pesquisa para estratégias de transformação digital

Base de dados	Texto de pesquisa	Total
<i>Web of Science</i>	"digital transformation" and "conceptual model" (Title) and "digital transformation" and "conceptual model" (Abstract) or "digital transformation model" (Abstract) or "digital transformation model" (Autor Keywords)	25
<i>Scopus</i>	"digital transformation" and "conceptual model" (Title) and "digital transformation" and "conceptual model" (Abstract) or "digital transformation model" (Abstract) or "digital transformation model" (Autor Keywords)	13

Complementando a listagem de artigos, foram considerados outros 4 artigos identificados no estudo da Fase 0 , e 1 artigo identificado a partir de citações. Os passos aplicados para a identificação dos 13 artigos mais relevantes utilizados na dissertação são

apresentados no *work-flow* da **Figura 2**, segundo a metodologia PRISMA utilizada em (Gong e Ribiere 2021; Moher et al. 2010).

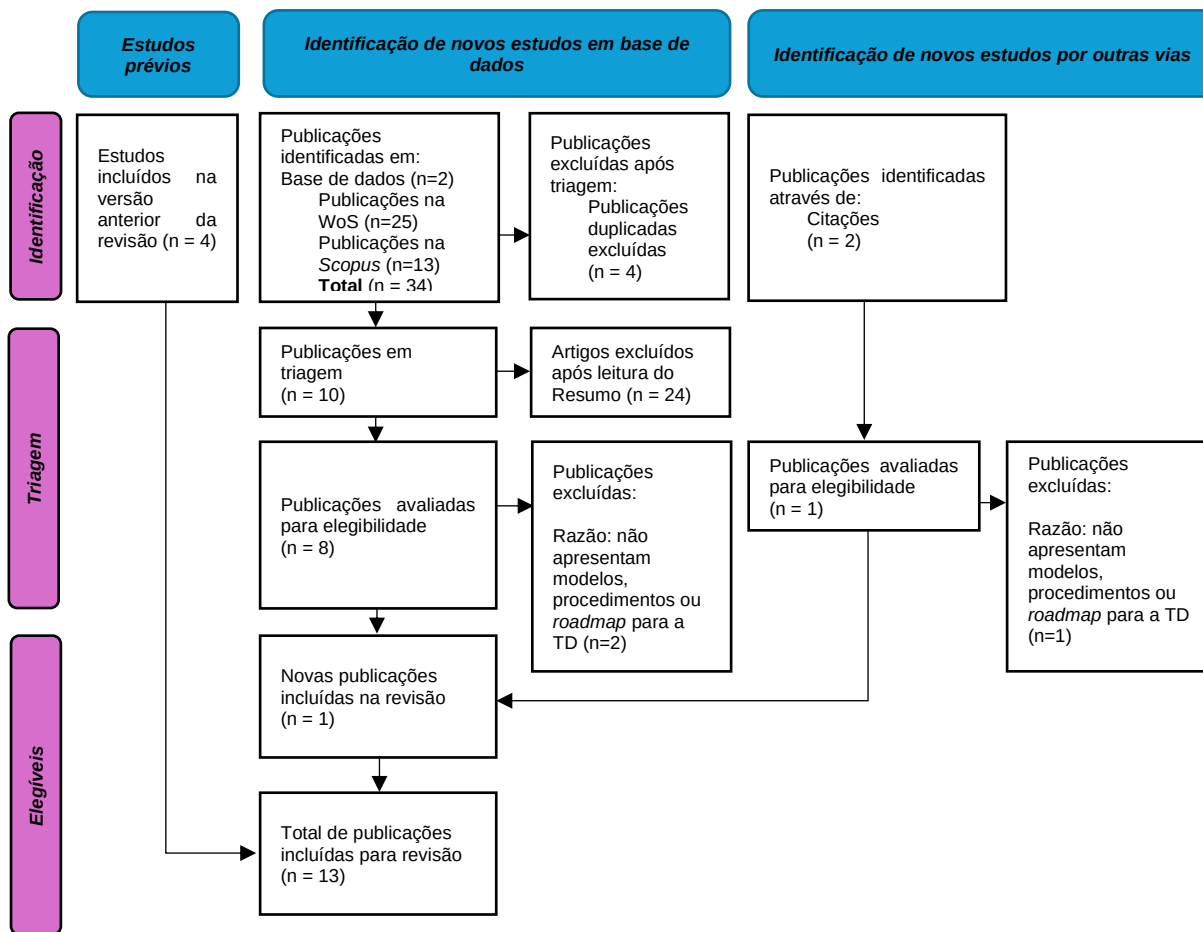


Figura 2 Workflow para identificação dos artigos relacionados com modelos para a transformação digital e sua implementação
adaptado de (Moher et al. 2010)

1.3 Fase 2 - Identificação de modelos de integração de tecnologias digitais na indústria de manufatura

Para a identificação de modelos que possam ser aplicados na integração de tecnologias digitais na manufatura, inicialmente foram recolhidos dados sobre o tema na base de dados bibliométricos da WoS, através da aplicação de filtros. Os melhores resultados foram conseguidos considerando que a pesquisa deveria buscar modelos referenciais de arquitetura para sistemas ciberfísicos na indústria. Os critérios de pesquisa utilizados são apresentados na **Tabela 3**, dos quais foram identificados um total de 11 artigos. Foram utilizados outros documentos complementares identificados no decorrer da análise dos artigos identificados, assim como documentos identificados na Fase 0 da pesquisa, apresentado no diagrama da **Figura 3**.

Tabela 3 Critérios de pesquisa para arquitetura de integração de sistemas ciberfísicos

Base de dados	Texto de pesquisa	Total
Web of Science	"reference architecture model*" and "cyber-physic* system*" and "indust*" (Title) OR "reference architecture model*" and "cyber-physic* system*" and "indust*" (Abstract) and Open Access.	11

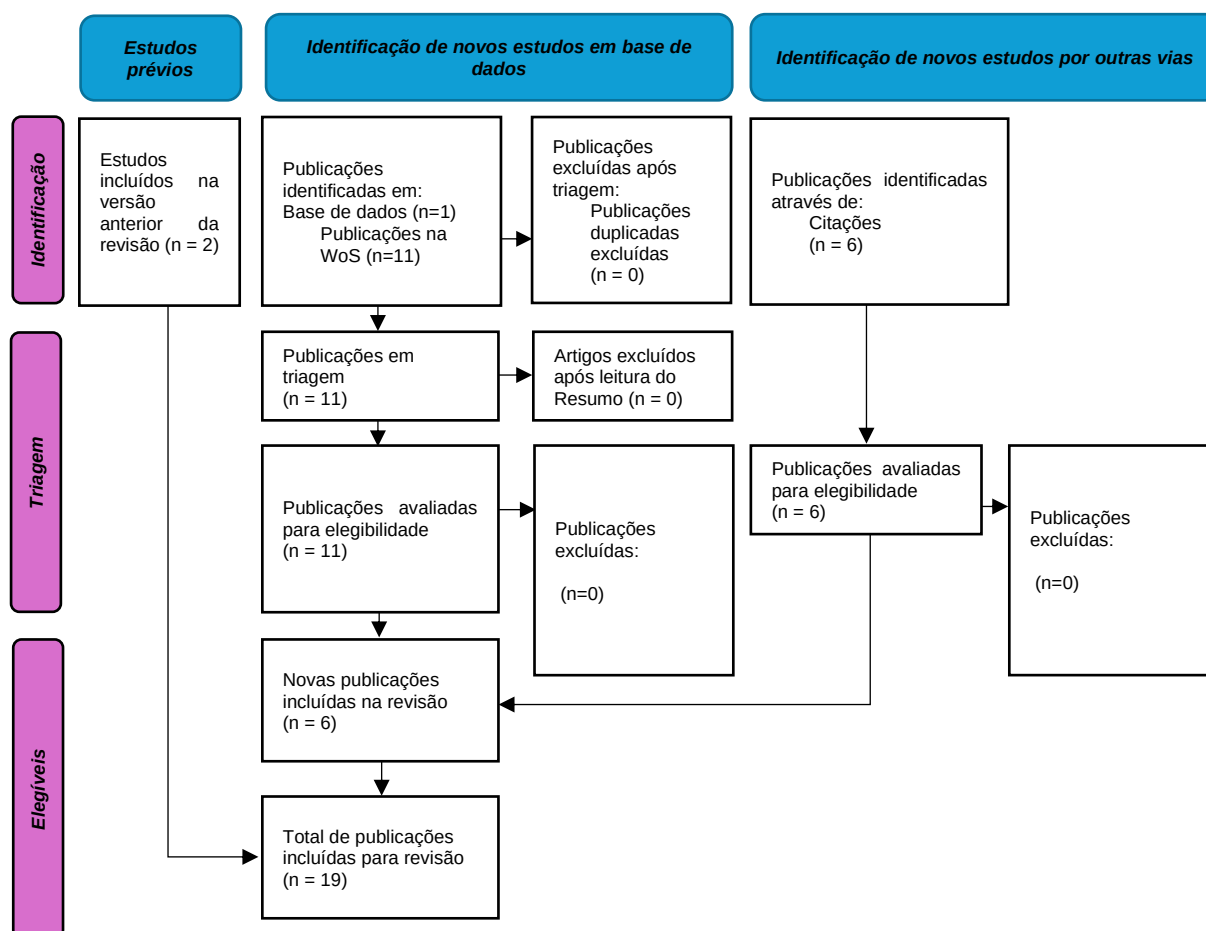


Figura 3 Workflow para identificação dos artigos relacionados com modelos de integração de tecnologias digitais adaptado de (Moher et al. 2010)

1.4 Fase 3 - Análise dos documentos de forma a identificar a resposta para a pergunta de investigação

Nesta fase, foi realizada uma análise de todos os artigos identificados nas fases anteriores através da sua leitura e confrontação dos conceitos apresentados. A análise buscou identificar os conceitos básicos ou primários caracterizadores da TD.

Durante esta análise, foi construída a tabela apresentada no **Apêndice 1**, que reflete a contribuição, segundo cada autor, para a identificação das características principais dos elementos-chave 'dimensões' requeridos para o desenvolvimento de um modelo de TD.

1.5 Fase 4 - Proposta de *roadmap* capaz de guiar as organizações na definição da estratégia de transformação digital e os passos para sua implementação

Nesta fase, foi desenvolvida uma proposta de *roadmap* para a definição e implementação da transformação digital. O procedimento utilizado para o desenvolvimento deste *roadmap* está assente na metodologia do *Design For Six Sigma* (DFSS) desenvolvido durante a década de 1980 a partir de métodos anteriores apresentados pelo Dr. Genichi Taguchi. Esta metodologia é utilizada para desenvolver produtos e processos de forma sistematizada e otimizada, e garantir que estes atendam as necessidades dos clientes em níveis de qualidade *Six Sigma*.

1.6 Conclusões

Este trabalho considera as definições do termo '*digital transformation*' já abordadas por vários autores como suficiente e consensual. No entanto, devido ao tema da TD ser muito abrangente e interagir em vários níveis das organizações, torna-se necessário serem delimitadas as áreas de abrangência desta dissertação.

No decurso desta dissertação, mesmo sendo citadas as dificuldades, barreiras e riscos associados aos modelos, estratégias e/ou ferramentas de transformação digital, não existirá foco nos extensos detalhes do seu desenvolvimento. Por forma a conter os objetivos definidos, esta dissertação busca identificar e desenvolver um MPR que guie os interessados no desenvolvimento da sua ETD, e congreguem num *roadmap* os passos a serem seguidos para uma implementação de forma estruturada. Para tal, e dando sequência à metodologia apresentada, as primeiras fases consideram a necessidade de investigação e análise da literatura que servirá de referencial teórico para o consequente desenvolvimento e apresentação o MPR.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FASE 0 - REFERENCIAL DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Tendo por base a Fase 0 da Metodologia, centrada numa exaustiva análise bibliométrica, foram destacados como principais artigos de referencial teórico sobre a TD o artigo intitulado “*Developing a unified definition of digital transformation*” de (Gong e Ribiere 2021), por apresentar-se como o artigo mais citado sobre o tema da definição do fenómeno da TD, assim como o artigo intitulado “*Digital transformation: A systematic review*” por (Zhu et al. 2021) por se diferenciar de outros autores ao apresentar uma visão da TD distribuída por níveis dentro da organização. Considera-se que estes dois documentos se complementam apresentando uma visão integrada da definição do tema transformação digital e sua aplicação por níveis dentro das organizações, que a seguir se detalha.

2.1.1. Desenvolvendo uma definição unificada de transformação digital

Este artigo apresentado por (Gong e Ribiere 2021) é o principal documento utilizado como referencial teórico sobre a TD, é de suma importância a apresentação deste artigo resultado da análise bibliométrica realizada sobre o tema. Este artigo, publicado na revista *Technovation*, é a publicação com maior número de citações com 142 citações e uma média anual de 35,5 citações entre 2018 e 2023 como apresentado na **Tabela 4**.

Tabela 4 Publicações mais citadas

Documento	Fonte	DOI	TC	TCY
(Gong e Ribiere 2021)	<i>Technovation</i>	10.1016/j.technovation.2020.102217	142	35,50
(Heavin e Power 2018)	<i>J decis syst</i>	10.1080/12460125.2018.1468697	89	12,71
(Lanzolla, Pesce, e Tucci 2021)	<i>J prod innov manage</i>	10.1111/jpim.12546	89	22,25
(Castro Benavides et al. 2020)	<i>Sensors</i>	10.3390/s20113291	81	16,20
(Massaro 2023)	<i>Technovation</i>	10.1016/j.technovation.2021.102386	70	35,00
(Ghobakhloo e Iranmanesh 2021)	<i>J manuf technol manag</i>	10.1108/JMTM-11-2020-0455	68	17,00
(Jones et al. 2021)	<i>J manuf syst</i>	10.1016/j.jmsy.2021.03.006	66	16,50
(Ghosh et al. 2022)	<i>Technovation</i>	10.1016/j.technovation.2021.102414	65	21,67
(Ceipek et al. 2021)	<i>J prod innov manage</i>	10.1111/jpim.12551	63	15,75
(Sanchis et al. 2020)	<i>appl sci-basel</i>	10.3390/app10010012	57	11,40

Nota. TC: Total Citations, TCY: Total Citations per Year, DOI: Digital Object Identifier.

O artigo referido tem como propósito, assim como o próprio título apresenta, a criação de uma definição unificada para o termo ‘*Digital transformation*’, devido a sua ampla utilização. Procura-se assim como definir quais são os principais e essenciais atributos para a definição do termo TD, estabelecendo a diferenciar a definição de outros termos relacionados como por exemplo ‘*Digitalization*’ ou ‘*Digitization*’.

Na busca pela definição unificada de transformação digital, os seus autores tiveram a necessidade de identificar o que intitularam por ‘primitivas’, ou seja; os termos primários que representam as principais características gerais da TD, o que apresentam em seis categorias; (1) *Nature* ou Natureza, definida como a realidade da TD, sendo a natureza transformadora ou uma mudança fundamental; (2) *Scope* ou Âmbito, é definido como a extensão das mudanças ocorridas dentro da entidade alvo em termos de natureza, resultado e impacto; (3) *Target-entity* ou Entidade alvo, é definida como a entidade que é a principal afetada pela TD; (4) *Means* ou Meios, são os métodos ou recursos envolvidos na criação da mudança dentro da entidade de destino que podem ser divididos em dois grupos Inovação e Estratégia; (5) *Expected outcome* ou Resultado esperado, é a consequência esperada da TD que se relaciona com os processos, ofertas, mudanças de processos e qualidade do relacionamento da entidade conviver com outros como competitividade, vantagens, eficiência, por último o (6) *Impact*, ou Impacto, são os efeitos não quantificáveis de longo prazo que a mudança pode causar, por exemplo, a criação de valor.

Estes seis conceitos ‘primários’ agregam aquilo que os autores acreditam ser os elementos caracterizados da TD, e apresentam um diagrama conceptual na **Figura 4**, que ilustra as seis dimensões envolvidas no processo de transformação digital de uma organização.

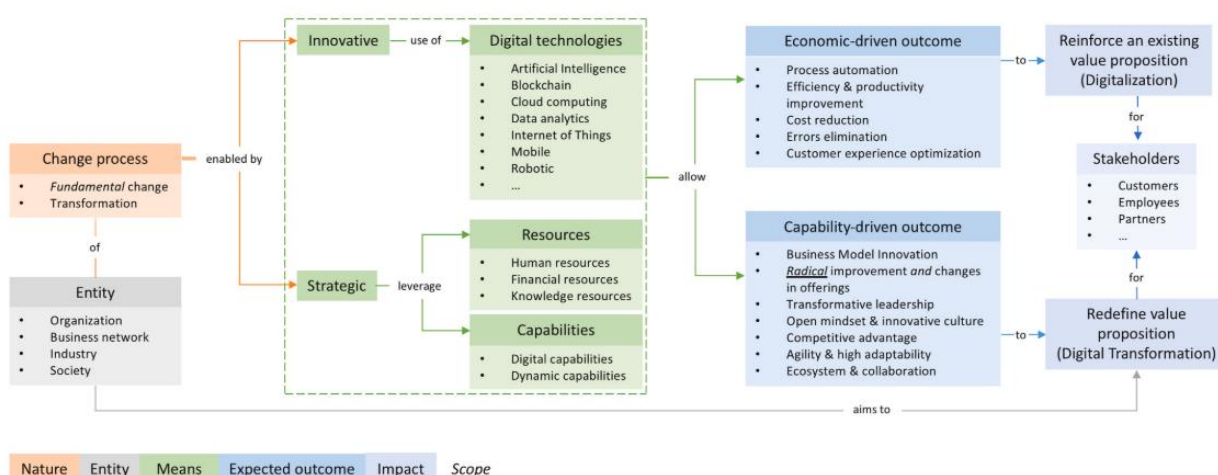


Figura 4 Diagrama conceptual da transformação digital adaptado de (Gong e Ribiere 2021:12)

2.1.2. Transformação digital: revisão sistemática da literatura

Neste artigo, os autores (Zhu et al. 2021), salientam que os esforços combinados através da integração das tecnologias digitais podem ser direcionados de modo a atender às necessidades dos clientes de forma flexível, modificar e criar modelos de negócio, melhorar e simplificar operações.

Segundo os autores, as primeiras abordagens em transformação digital foram numa perspetiva que resumiu os efeitos da transformação digital nas capacidades digitais, modelos de negócios, operações e atendimento ao cliente, no entanto, estes autores identificaram sete áreas de foco de investigação em transformação digital: (1) Estratégia de negócios digitais; (2) Campo de ação estratégica; (3) Tecnologia digital; (4) Transformação digital ágil; (5) Arquitetura corporativa digital; (6) Transformação digital na manufatura (Indústria 4.0) e (7) Transformação digital no serviço de consultoria.

Estas sete áreas foram estruturadas em torno de três níveis verticais da transformação digital: (I) Nível da estratégia; (II) Nível de operações, e (III) Nível industrial, apresentado na **Figura 5**.

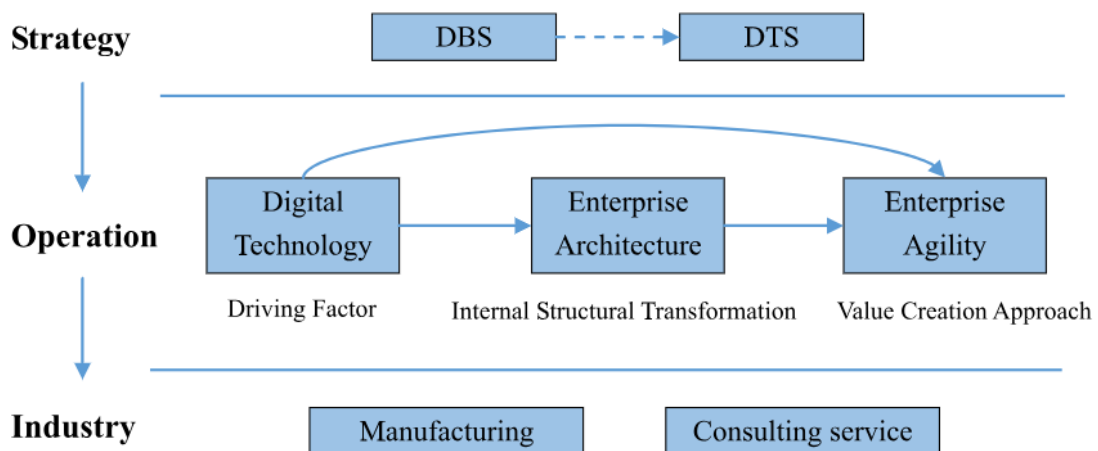


Figura 5 Estrutura de pesquisa de transformação digital adaptado de (Zhu et al. 2021:11)

(I) Nível estratégico - a estratégica é tomada como foco principal, indicando a direção que deve ser tomada pela organização, onde o *Digital Business Strategy* (DBS) e o *Digital Transformation Strategy* (DTS) são os responsáveis por definir certas características da estratégia. Estas duas áreas de estudo têm a função de levantar questões quanto a forma como a organização pretende/deve direcionar o desenvolvimento da sua estratégia para a transformação digital do seu negócio, no DBS são consideradas questões como a velocidade, âmbito, escala e a forma como capturar valor para o negócio. Já no DTS são consideradas

questões mais práticas como o uso da tecnologia, tais como: mudanças na criação de valor, mudanças estruturais e aspetos financeiros.

(II) Nível de operações - *Digital Technology*, as tecnologias digitais são a força motora da TD, sendo cada vez mais integradas novas tecnologias emergentes, em seguida e com particular importância vem o tema da *Enterprise Agility*, onde cada vez mais a forma de criar valor através da agilidade e flexibilidade de processos se torna essencial, tirando partido das inovações tecnológicas que podem trazer novas formas de aumentar a produtividade e os níveis de eficiência na criação de valor. Na mesma direção, as mudanças na forma de criação de valor acabam por direcionar à/ou necessitar de uma nova estrutura de funcionamento, onde a arquitetura empresarial interna ou *Enterprise Architecture*, necessita ser revista, à adaptabilidade, orientação do serviço e a análise de apoio à decisão são fatores que fazem parte a considerar, assim como a estrutura funcional e relacional entre equipas e líderes, e sua forma de comunicação e aceitação da transformação digital.

(III) Nível da Indústria - neste nível, a transformação digital traz inovações a nível de gestão da cadeia de suprimentos (*supply chain management*), manufatura industrial, e é fortemente pautada pelo *lean manufacturing*, Indústria 4.0, *big data* e *smart communications*, além da economia circular, *business intelligence* e realidade virtual assim como de outras tecnologias digitais.

2.2 FASE 1 - PRINCIPAIS MODELOS CONCEITUAIS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

As organizações têm hoje a necessidade de inovar para transpor a barreira dos modelos de transformação, operação e gestão tradicionais para a era digital. No entanto, ainda não estão cientes dos requisitos, capacidades, papéis a desempenhar e objetivos a alcançar com a TD. Nesta secção são apresentados os seis principais modelos conceituais ou estratégias para a transformação digital identificados na Fase 1. Estes modelos foram aqui apresentados por serem representativos dos que melhor abordaram o tema sobre estratégias, procedimentos ou *roadmap* para auxiliar as organizações na definição de sua ETD e sua implementação.

2.2.1 Modelo conceptual e opiniões de especialistas

Este modelo conceptual segundo (Aghakhani et al. 2024), foi desenvolvido utilizando como base um conjunto de objetivos estratégicos interrelacionados que devem ser atingidos no decorrer da TD. No que diz respeito ao desenvolvimento da ETD, é apresentado o uso da Arquitetura Empresarial como metodologia para criar o alinhamento entre a visão estratégica

da organização e os objetivos que pretendem definidos e o *Non-Functional Requirements* (NFR) como técnica para o desdobramento dos objetivos.

A Arquitetura Empresarial pode auxiliar na definição da ETD através do (1) Alinhamento de mecanismos, mapeamento estruturado do negócio para identificar iniciativas alinhadas com os objetivos; (2) Planeamento estratégico, criação de um *roadmap* que auxilia na avaliação do impacto e viabilidade das iniciativas e sua priorização; (3) Avaliação e seleção de tecnologia, considerando fatores importantes como escalabilidade, recursos de segurança e integração, avaliação do cenário existente e identificação de lacunas na estrutura de tecnologias da informação (TI); (4) Otimização de processos, análise do processo existente para identificar ineficiências e gargalos para propor mudanças de forma a melhorar agilidade e melhoria da experiência do cliente; (5) Gestão de risco e governança - fase voltada para a gestão do risco, no sentido de identificar e estabelecer procedimentos para garantir a segurança relativamente a questões de privacidade, cibersegurança e gestão de dados, além de garantir o alinhamento com requisitos regulatórios.

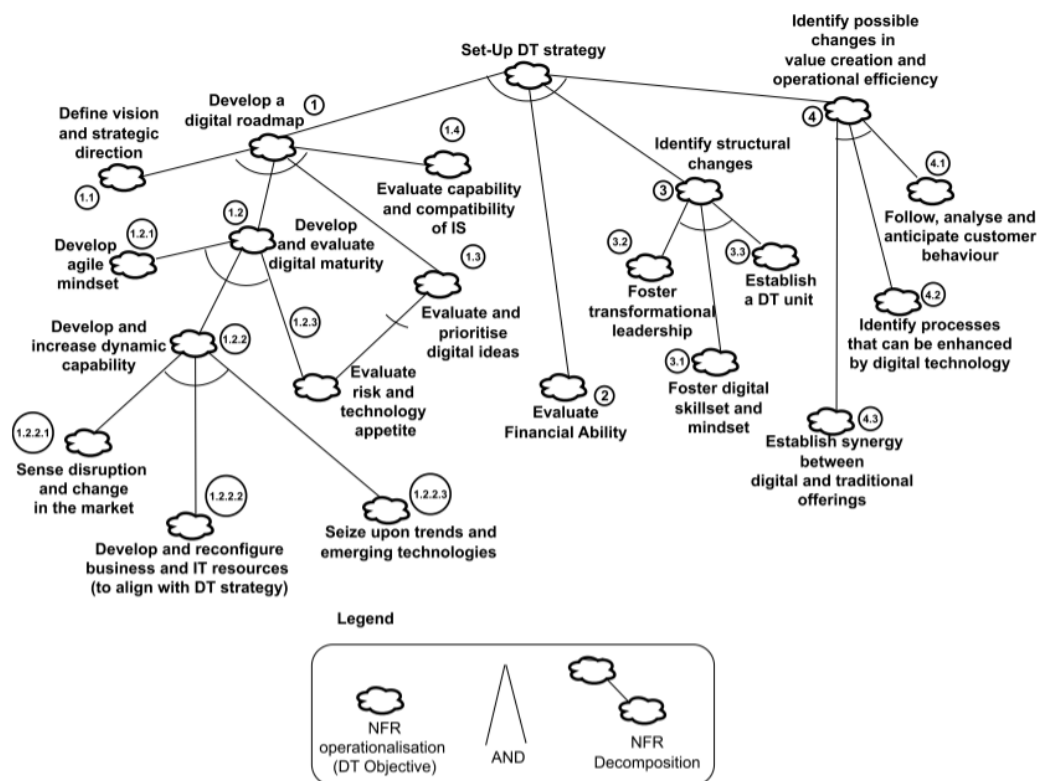


Figura 6 Objetivos estratégicos identificados na TD representados em forma de decomposição do NFR adaptado de (Aghakhani et al. 2024:349)

A metodologia de estrutura dos NFR's é utilizada neste modelo para o desdobramento dos objetivos, sendo um método qualitativo que procura modelar os requisitos não funcionais no desenvolvimento de softwares e seus métodos de implementação correspondentes que

auxiliem na tomada da decisão. Em resumo, a estrutura do NFR tem a capacidade de dissociar os conceitos de funcionalidade de outros atributos qualitativos, não se centrando nas funções detalhadas e sim utilizando-se de um nível mais abstrato na visão do desenvolvimento de engenharia de *software* (Chung e do Prado Leite 2009; Glinz 2007).

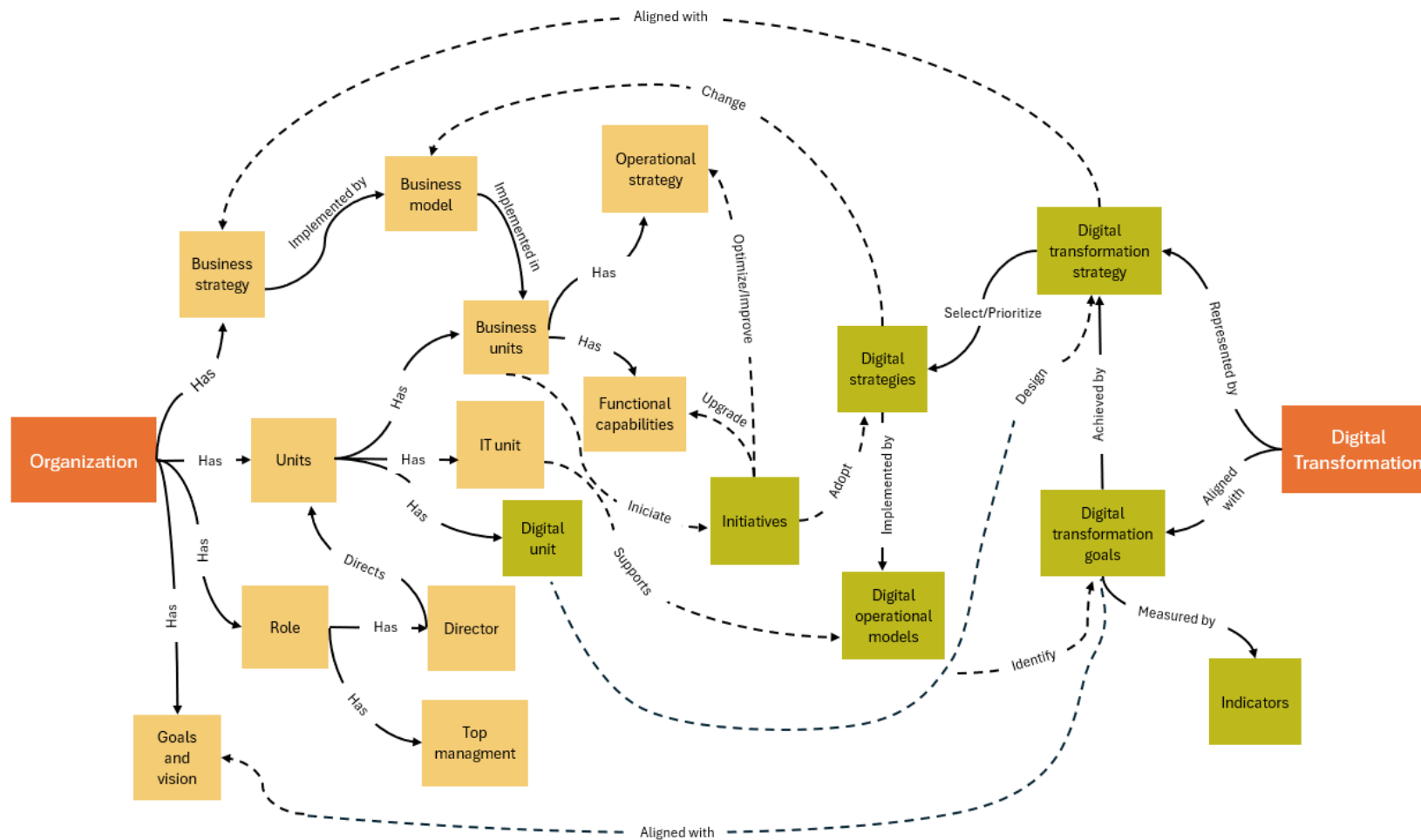
Para auxiliar no desenvolvimento da ETD, os autores guiaram-se por uma revisão sistemática da literatura, onde identificaram um grupo de quatro principais objetivos estratégicos da TD. Estes objetivos incluem: (1) Desenvolver um *roadmap*; (2) Identificar mudanças estruturais; (3) Avaliar condições financeiras; (4) Identificar possíveis mudanças na criação de valor. Estes objetivos e seus subobjectos são apresentados na **Figura 6**, através da estrutura do NFR, onde as nuvens a negrito representam os objetivos de operacionalização e as linhas de conexão representam suas interdependências.

2.2.2 Transformação digital pela perspectiva da indústria

Este trabalho, apresentado por (Baslyman 2022) está relacionado com a busca por atingir a transformação digital numa perspectiva voltada para a indústria, através de entrevistas direcionadas a nove líderes sénior na área da TD que atuam em empresas do setor industrial. Foram recolhidas de maneira empírica respostas sobre os objetivos das organizações com a TD, motivações, conceitos e relações, e sua implementação. Por fim, na **Figura 7** o autor apresenta um modelo conceptual da transformação digital pela perspectiva dos líderes entrevistados, e na **Figura 8** apresenta um *roadmap* do processo de implementação da transformação digital nas organizações.

O autor verifica que a definição da estratégia digital está dividida em duas vertentes: (1) Resolução de problemas de desempenho, ou seja, a organização possui problemas de desempenho de processos ou financeiros e irá buscar apoio nas ferramentas digitais que possam atender as estas necessidades; (2) Criar inovação no mercado, ou seja, a empresa busca explorar oportunidades no mercado e melhorar a experiência do cliente.

Os resultados apontam que, na opinião dos participantes, os objetivos da TD podem ser classificados em torno de objetivos de longo e curto-prazo. Os objetivos de longo prazo estão mais ligados com a visão da organização no que diz respeito ao mercado, ou seja, as oportunidades externas, já os objetivos a curto-prazo estão muito ligados a desempenho interna da organização.



Nota. Quadrados amarelos indicam as entidades da organização, quadrados verdes representam os elementos introduzidos pela DT, linhas tracejadas são as relações entre as entidades da organização e os elementos DT.

Figura 7 Modelo conceptual da transformação digital pela perspectiva dos líderes entrevistados adaptado de (Baslyman 2022:42966)

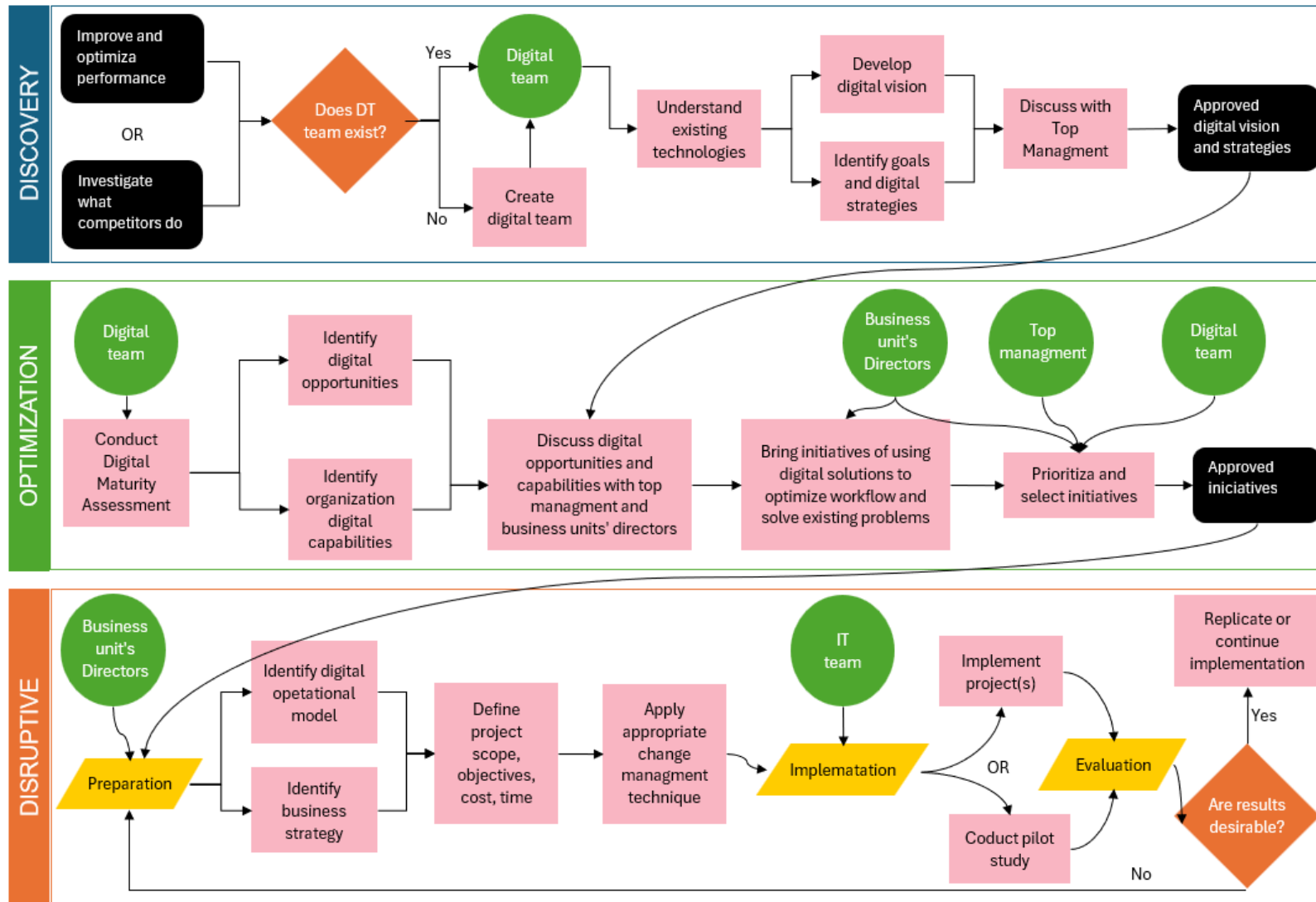


Figura 8 Roadmap para a implementação da transformação digital
adaptado de (Baslyman 2022:42967)

2.2.3. Aplicação da fase de posicionamento do modelo de transformação digital na prática para pequenas e médias empresas

A digitalização de uma organização é um processo em que, para a sua implementação, há fatores que devem ser analisados antes de qualquer alteração nos processos da organização. A digitalização significa realizar pequenos avanços de forma sistemática até alcançar a transformação total desejada, sendo aconselhável que a implementação seja feita por fases, dividindo as ideias e visão em partes menores.

Para a implementação deste modelo de digitalização, os autores (Kääriäinen et al. 2020) definem seu modelo em quatro fases, apresentadas na **Figura 9**.

(1) Fase 1 - Posicionamento

É examinado o estado atual da digitalização como um todo na organização, nomeadamente em que ponto está a organização no que concerne à digitalização e quais são as ideias ou visões da administração quanto a digitalização.

Nesta fase podem ser utilizadas ferramentas de análise desenhadas para ajudar as organizações a identificar o seu nível de maturidade quanto a digitalização, as ameaças e oportunidades, além de permitir analisar ideias de visões sobre a digitalização da organização a curto e longo prazo.

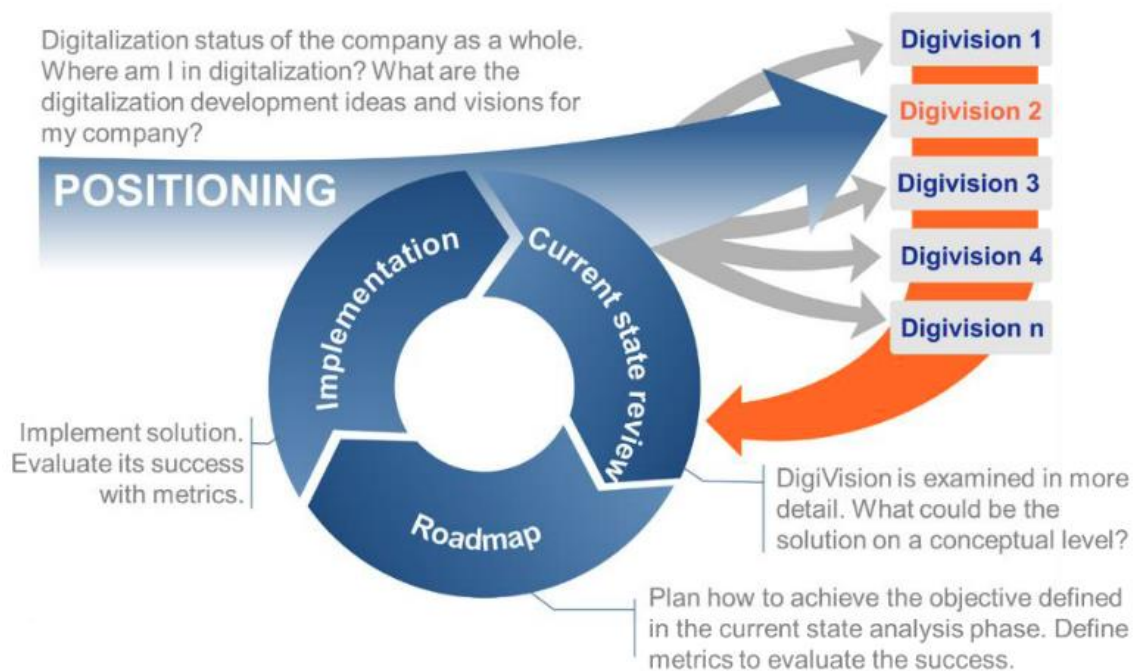


Figura 9 Modelo para implementação da transformação digital adaptado de (Kääriäinen et al. 2020:29)

Para o desenvolvimento desta fase e dentro do modelo proposto, podem ser utilizadas as ferramentas seguidamente indicadas:

- *DigiMaturity*

Para análise do nível de maturidade da empresa, esta ferramenta *DigiMaturity tool* (Apuadigiin 2024), apresenta um grupo de perguntas presentes nos **Anexo 2-8**, e classificadas em seis dimensões (estratégia, modelo de negócio, interface com o cliente, organização e processos, pessoas e cultura, e tecnologias de informação), permitindo analisar a que nível a organização toma partido das tecnologias digitais e como estão implementadas e são absorvidas pela estratégia da empresa, modelo de negócio, interação com o cliente, pessoas e cultura da empresa.

- *DigiSWOT*

Com a ferramenta de análise SWOT, a organização deve considerar descrever seus pontos fortes, suas fraquezas, ameaças e oportunidades externas relacionadas com a digitalização. Desta forma procura encontrar soluções que auxiliem a empresa a utilizar estas informações de forma a potencializar seus pontos fortes e tirar partido dos mesmos, fortalecer os seus pontos fracos, mitigar ameaças e aproveitar as oportunidades.

- *DigiTriangle*

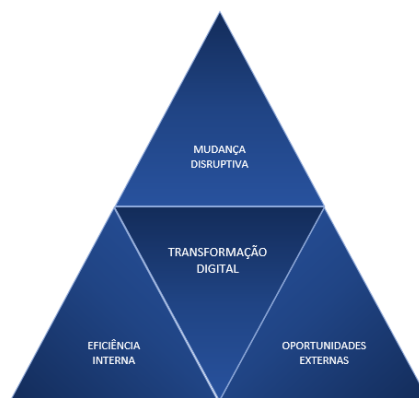


Figura 10 Impacto da digitalização
adaptado de (Apuadigiin 2024)

O *Digitriangle* apresentado na **Figura 10**, pretende auxiliar a organização a estruturar as áreas de foco segundo as visões digitais da organização dividindo-as em três vertentes diferentes:

- Eficiência interna

De acordo com esta vertente a organização deve reunir ideias digitais que permitam melhorar o desempenho de seus processos internos em termos de novas soluções de tecnologias de informação (TI) para agilizar processos internos, integração de sistemas ou até mesmo um *roadmap* de implementação de TI.

- Oportunidades externas

De acordo com esta vertente, a organização deve reunir ideias digitais focadas em buscar soluções para a interação com o ambiente externo com clientes e parceiros. Exemplos: incluem novas ideias de serviços para clientes, oferecer serviços existentes em formato digital, *marketing* eletrônico ou soluções em TI para troca de informações com parceiros.

- Mudança disruptiva

A vertente de mudança disruptiva é voltada para uma mudança radical que possa transformar o negócio da empresa, nomeadamente novas ideias que possam agregar algo que não existe no negócio atual, explorar áreas onde não se atua atualmente, soluções que permitam criar uma área de negócio totalmente novo. A servitização e criar parcerias com outras organizações são exemplos deste tipo de mudança.

(2) Fase 2 - Revisão do estado atual

A visão de digitalização é examinada com mais atenção, identificando as funções que serão afetadas pela mudança. Assim como analisar os processos e ferramentas que estão em uso atualmente na organização. É desenhado o conceito de solução para a visão de digitalização selecionada, ou seja, responder à questão de qual poderia ser a solução num nível conceptual. O ponto de partida para a revisão do estado atual são os dados levantados na fase de posicionamento. A organização pode focar-se numa ou mais vertentes definidas na fase de posicionamento desenvolvida no *DigiTriangle*. É importante nesta fase que a organização opte pela via que esteja mais alinhada segundo o nível de importância da visão de digitalização.

Segundo o tipo de vertente escolhido, Eficiência interna, Oportunidades externas ou Mudança disruptiva, a organização deve fazer o levantamento da condição atual em que se encontra. Deve então listar no projeto informações sobre as ferramentas em uso, níveis que seriam afetados pelas mudanças, departamentos, ferramentas digitais atuais e o seu papel hoje e no futuro. Aqui a organização faz um cruzamento entre tudo que tem atualmente em funcionamento para desenhar qual o caminho a seguir para atingir o objetivo proposto segundo a visão da vertente escolhida.

(3) Fase 3 - *Roadmap*

Centra-se em como atingir os objetivos propostos nas fases anteriores, nomeadamente em descrever as possíveis alternativas de implementação, caminho, recursos necessários e métricas para avaliar o sucesso da implementação. A partir da divisão dos passos é possível definir onde cada passo é implementado e medir seu resultado.

(4) Fase 4 - Implementação

Está centrada em seguir o *roadmap* definido e acompanhar as métricas definidas para ver o estado atual da implementação, assim como analisar os resultados realizando ajustes conforme necessário.

2.2.4. Apoiando a transformação digital em pequenas e médias empresas

Neste modelo apresentado por (Barann et al. 2019), são apresentados procedimentos para a implementação da transformação digital. Os seus autores consideram que, apesar das dificuldades que a TD apresenta para as PME's, este tipo de organizações pode obter vantagens com uma abordagem menos voltada ao ambiente abstrato e de experimentação em inovação, e mais direcionada a explorar um ambiente mais prático, explorando as capacidades de adaptação, velocidade e flexibilidade característicos destas empresas.

O desenvolvimento do modelo baseia-se principalmente em onze requisitos necessários para que a organização consiga atingir os objetivos propostos na TD: (1) Integração de apoio externo; (2) Fornecer orientação prática; (3) Criação de um ambiente de apoio a TD; (4) Definição de objetivos tangíveis; (5) Estabelecimento de um *roadmap* individual; (6) Prossecução de uma implementação escalonada; (7) Identificação de oportunidades; (8) Reflexão e medição; (9) Balanceamento entre estratégia e operação; (10) Apoio em todos os níveis de inovação digital e orientada por dados; (11) Consideração de inovação aberta «comunidades de apoio».

A partir destes requisitos foi desenvolvido o procedimento que conta com as duas fases seguintes:

Fase I - Orientação

- 1) Posicionamento da organização
 - Estabelecer uma equipa de planeamento.
 - Entender o modelo de negócio.
 - Analisar a situação atual.
 - Rever os tópicos de digitalização.

- Analisar a maturidade digital.
- 2) Criação de um *roadmap* de digitalização
 - Gerar ideias.
 - Alinhar as ideias com os objetivos estratégicos.
 - Avaliar as ideias.
 - Desenvolver o *roadmap*.

Fase II - Transformação iterativa

- 1) Criar um ambiente de apoio à TD
 - Criar consciência sobre o tema.
 - Envolver os colaboradores.
 - Criar uma cultura voltada à digitalização.
- 2) Preparar um projeto de digitalização
 - Selecionar os objetivos de digitalização.
 - Identificar oportunidades.
 - Selecionar as oportunidades.
 - Realizar o planejamento do projeto e recursos.
 - Construir expertise.
- 3) Implementar a solução.
 - Desenhar a solução.
 - Refinar a solução.
 - Realizar a solução.
 - Monitorar a solução.

2.2.5. Como se beneficiar através da digitalização na prática

Neste artigo os autores (Parviainen et al. 2017) apresentam o modelo de TD proposto na **Figura 11**, o qual busca auxiliar a organização no direcionamento da sua TD: é apresentado um *roadmap* organizado em torno de quatro etapas: (1) Posicionamento, no qual a empresa deve levantar questões quanto ao impacto potencial que a digitalização pode causar na organização e que mudanças ou necessidades a organização deseja; (2) Revisão do estado atual, realizar um levantamento do estado atual no que respeita a digitalização e a lacuna entre o estado atual e o estado futuro desejado; (3) Caminho, definição do tipo de abordagem e ações práticas que deverão ser implementadas para atingir a TD; e (4) Implementação, com a definição de passos para implementação e monitorização para validar o andamento e iniciar o processo no primeiro passo se for necessário. Este *roadmap* funciona

como um modelo circular do tipo PDCA «Plan-Do-Check-Act» desenvolvido por Deming. Neste caso é utilizado como ferramenta da qualidade para desenvolvimento da melhoria contínua em processos (Dudin et al. 2014), estando alinhado com o modelo apresentado por (Kääriäinen et al. 2020) por apresentarem participação em investigações neste campo.

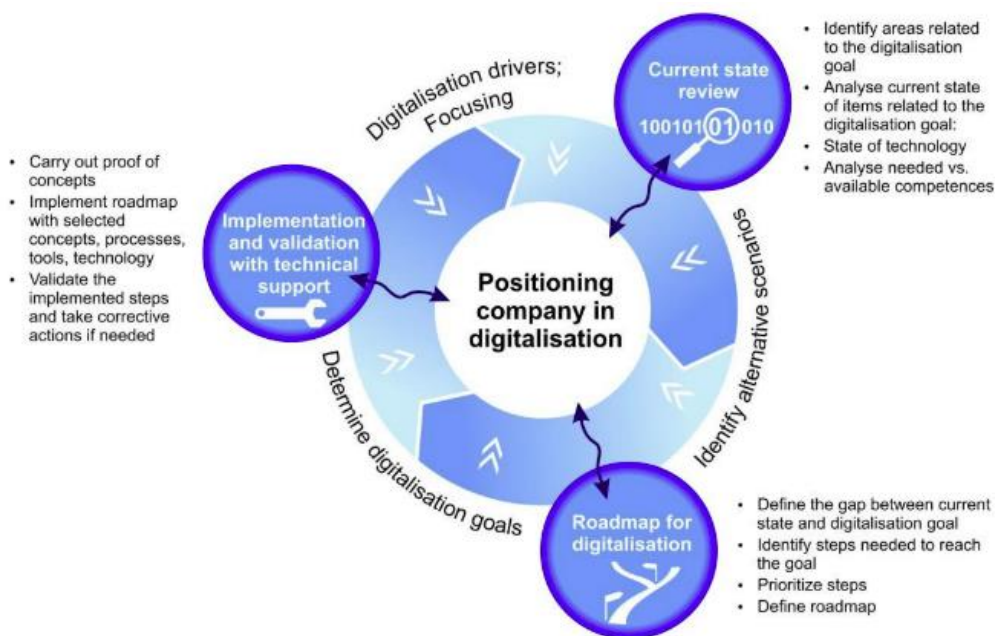


Figura 11 Modelo para enfrentar a transformação digital adaptado de (Parviainen et al. 2017:71)

Os autores classificam em três as vertentes da TD, (I) Eficiência interna, voltada para a melhoria dos processos internos habilitando-os através de meios digitais; (II) Oportunidades externas, utilizando-se da oferta de novos serviços ou clientes dentro do domínio atual do negócio; (III) Mudança disruptiva, onde a organização toma partido da digitalização de modo a atingir uma mudança completa na forma de trabalhar e oferecer seu produto/serviço.

O modelo divide a fase (1) Posicionamento da organização no processo de digitalização em quatro etapas: (i) Impactos da digitalização, de forma a identificar e analisar as tendências atuais e futuras da digitalização no negócio da organização e verificar o estado atual da organização nestas tendências; (ii) Direcionamento da digitalização, obtidos através da análise anterior, onde a organização pode então definir sua visão futura segundo as tendências; (iii) Cenários da digitalização, segundo a análise da etapa de direcionamento, em que a organização deve identificar a vertente que melhor atende sua visão; (iv) Objetivos da digitalização, onde após definido o cenário, tendências e impactos, a organização deve definir os objetivos a atingir com a TD dentro da vertente escolhida. Também é citada a importância da definição de indicadores para medir a progressão dos resultados das ações.

Na fase (2) Revisão do estado atual, são identificadas as áreas de impacto, a vertente de digitalização, e os objetivos, em que a organização deve segundo os autores, buscar responder as questões que são apresentadas no **Anexo 1**. Como resultado, as respostas irão munir a organização de uma descrição mais detalhada da situação atual com respeito aos objetivos traçados.

A fase (3) Caminho, é dividida em quatro etapas: (i) Identificação da lacuna entre o estado atual e o objetivo definido; (ii) Planear ações para sanar as lacunas; (iii) Analisar a capacidade de implementação e priorização da ações; e (iv) Criar um *roadmap* para a implementação das ações.

Por último, na fase (4) Implementação, devem ser realizadas as ações e a verificação da dos resultados alcançados. Após análise devem ser tomadas ações corretivas se necessário.

2.2.6 Estratégias de transformação digital

Neste artigo é tratada de forma bastante clara a questão de como a estratégia da empresa e a estratégia da transformação digital devem estar alinhadas. Os autores (Matt, Hess, e Benlian 2015) chamam a atenção para o fato da TD ser um processo que atravessa não só os processos internos mas toda a estratégia de negócio da empresa, assim como a sua relação com o seu exterior, clientes, fornecedores, entre outros. Devem ser consideradas todas as estratégias da organização e seu alinhamento com a utilização das tecnologias de transformação numa perspetiva holística como apresentado na **Figura 12**.

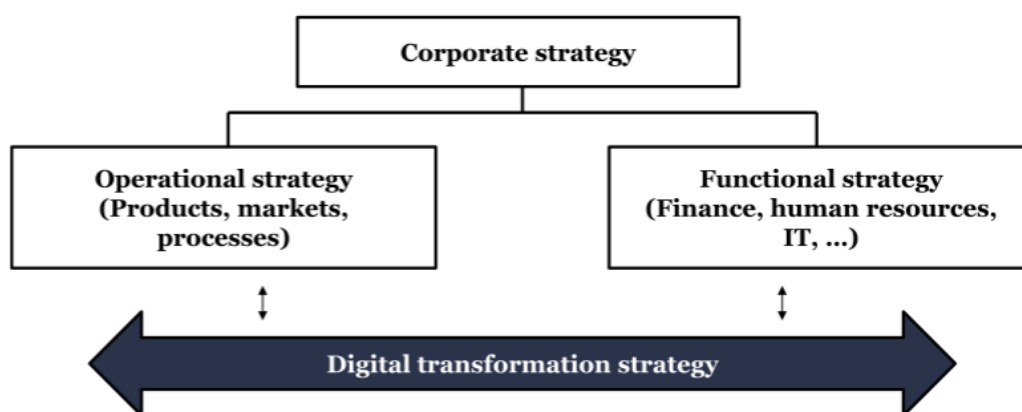


Figura 12 Relação entre a estratégia corporativa e a estratégia de transformação digital adaptado de (Matt et al. 2015:341)

Tendo em conta a estratégia de negócio, estratégia das tecnologias da informação (TI) e estratégias organizacionais e funcionais. O autor considera quatro dimensões na estratégia da TD como transversais a qualquer tipo de organização ilustrado na **Figura 13**: (1) Uso de

tecnologias, onde a empresa define que tipos de tecnologias irá se adequar a suas necessidades; (2) Mudanças na criação de valor, em que o uso das tecnologias na organização acaba por modificar a sua forma de criação de valor e que muitas vezes pode partir de um modelo tradicional totalmente analógico; (3) Mudanças na estrutura da empresa, pois a organização necessita mudar sua estrutura organizacional de forma a alinhar seu funcionamento a sua nova forma de criação de valor; e (4) Aspectos financeiros, onde todas as mudanças realizadas, aquisição de tecnologia e adaptações em processos ou estrutura organizacional é dependente de um esforço financeiro que a organização deve estar preparada. Assim como afirma os autores, os “aspectos financeiros são simultaneamente um condutor e uma força delimitadora para a transformação”.

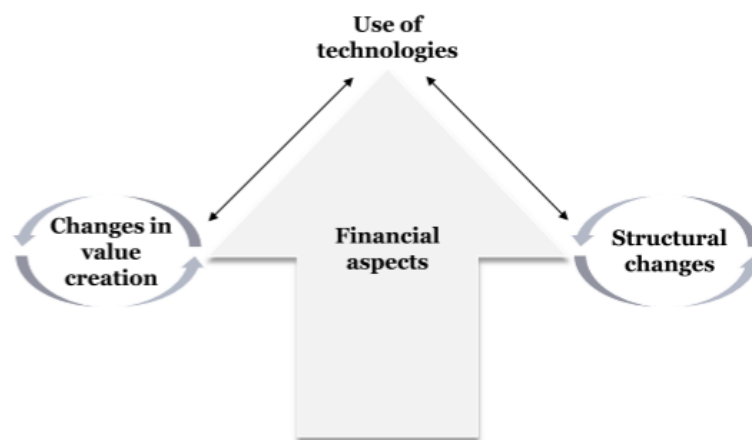


Figura 13 Estrutura de transformação digital: equilibrando quatro dimensões transformacionais adaptado de (Matt et al. 2015:341)

2.3 FASE 2 - PRINCIPAIS MODELOS DE INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA INDÚSTRIA

No âmbito da TD, são vários os autores que abordam a necessidade de integração entre tecnologias digitais. A integração digital é um tema intrínseco a própria TD. A conexão entre sistemas/tecnologias é um recurso técnico na digitalização de processos, e representa um universo de possibilidades e também de respostas às necessidades das organizações dentro da sua ETD.

A adoção de diferentes sistemas/tecnologias que interagem entre si depende da conexão existente entre o mundo físico ‘real’ e o mundo virtual ‘digital’. A comunicação entre estes dois mundos é realizada através de recursos diversos, com diferentes linguagens e sinais. Devido a grande complexidade existente em lidar com o vasto número de diferentes tecnologias, é essencial que exista um referencial de arquitetura para a integração de sistemas (Binder, Neureiter, e Lüder 2021; da Rocha et al. 2022).

Para a identificação dos modelos de integração de tecnologias, antes de tudo é importante compreender dois conceitos principais:

- (1) Sistemas ciberfísicos – responsáveis pela ligação entre o mundo virtual e o mundo físico, “os Sistemas Ciberfísicos (CPS) constituem parte das estruturas fundamentais para o desenvolvimento de tecnologias inteligentes, tecnologias de Sistemas de Sistemas Ciberfísicos (CPSoS) e CPS de rede e comunicação (CPS-ComNet)” (Contreras, Garcia, e Díaz Pastrana 2017; Habib e Chimsom I 2022).
- (2) Interoperabilidade – para que seja possível alcançar a integração de sistemas, a interoperabilidade global deve ser alcançada. O Instituto de Elétrica e Engenheiros Eletrônicos (IEEE) define interoperabilidade como "a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e usar as informações que foram trocadas" (Burns, Cosgrove, e Doyle 2019).

A partir da compreensão destes conceitos, foram definidos os critérios de pesquisa utilizados na Fase 2 para identificar quais os referenciais existentes para integração de tecnologias, pois são os CPS que compõem em grande parte todo do sistema de tecnologias desde os componentes físicos até os sistemas informáticos de controlo de uma organização, como ilustrado na **Figura 14**.

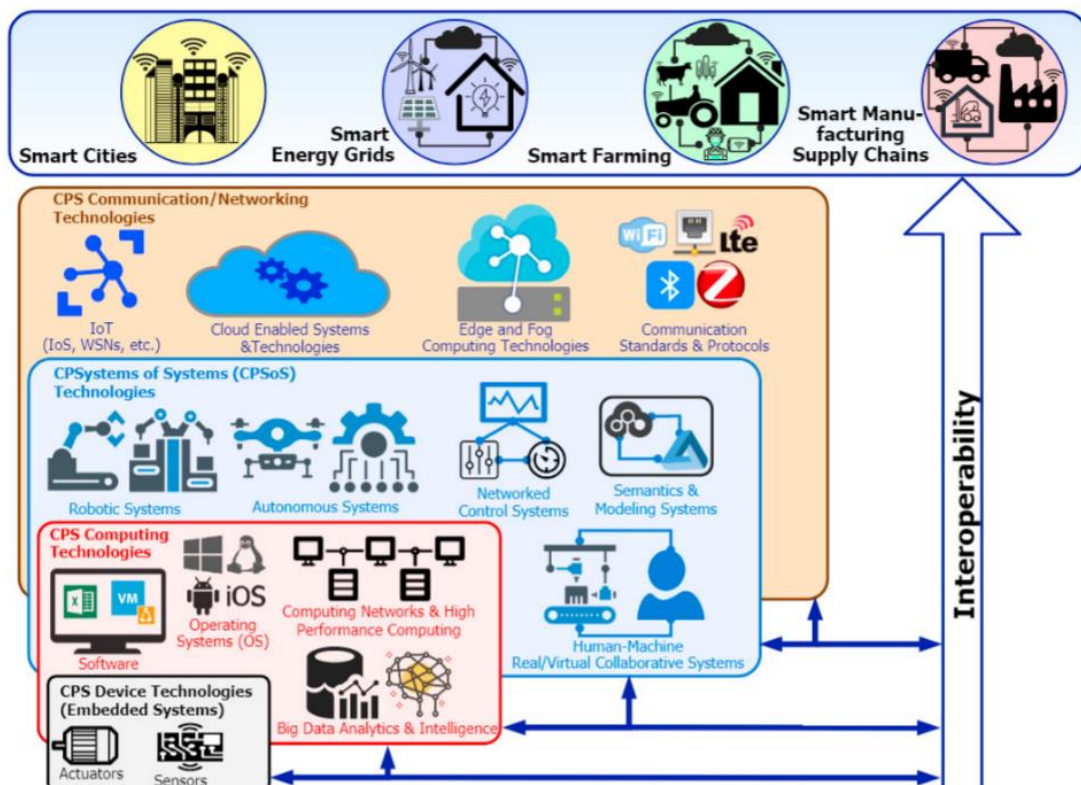


Figura 14 Tipos de tecnologias ciberfísicas adaptado de (Habib e Chimsom I 2022:1351)

Como resultado da análise dos artigos identificados sobre o tema do referencial de arquitetura de integração de sistemas ciberfísicos, foram identificados os seguintes quatro referenciais apresentados nos seguintes subtópicos (1) ISA-95; (2) RAMI 4.0; (3) IIRA e (4) IMSA.

2.3.1. Referencial de Integração vertical - ISA 95

O ISA-95 - *Instrumentation, Systems and Automation society* é um modelo que pode ser mais bem definido como “*Enterprise-control System Integration*” (Scholten 2007) . Assim como descrito pelo autor (Johnsson 2004), o próprio nome indica sua função, sendo um referencial que traz diretrizes de como uma organização pode integrar seu sistema de gestão dos processos de transformação e está apoiado na norma internacional IEC 62264:2013 publicada pelo (International Electrotechnical Commission 2013). Este referencial classifica os níveis de controlo do sistema da organização, a fim de caracterizar seus elementos e níveis de controlo como apresentado na **Figura 15**.

No nível 4 falamos do planeamento operacional do negócio e da logística onde acontece a calendarização, sequenciamento da produção e gestão de operações da organização. No nível 3 a informação é mais detalhada, e corresponde ao controlo das operações e do desempenho dos processos. O nível 2 corresponde aos sistemas de controlo das tarefas específicas do processo, ao passo que o nível 1 incide nos elementos físicos como sensores e atuadores e o nível 0 é o nível do processo, onde a transformação acontece.

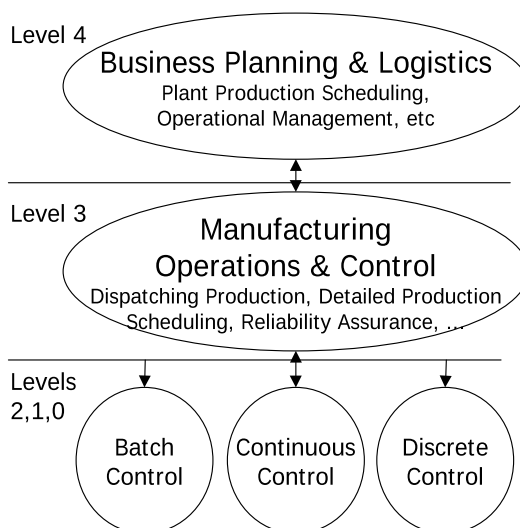


Figura 15 Níveis do modelo funcional adaptado de (Johnsson 2004:2)

De notar que, os níveis 4 e 3 são considerados como inalterados em diferentes organizações, já os níveis abaixo destes podem variar conforme o tipo de atividade da organização.

Level	Elements	Enterprise level
5	Enterprise network, routing, access point for cloud services	Enterprise integration
4	PLM, ERP, CRM, HRM, PDES, QMS (time frame: days, shifts, hours, minutes, seconds)	Site business planning and logistics
3	MOM/MES, WMS, LIMS/(QMS), CMMS (time frame: days, shifts, hours, minutes, seconds)	Site manufacturing operations and control
2	DCS server and client (SCADA, HMI), OPC server (time frame: hours, minutes, seconds, subseconds)	Area supervisory control
1	Batch control, discrete control, drive control, continuous process control, safety control, PLC, CNC (time frame: minutes, seconds, milliseconds)	Basic control
0	Sensors, drives, actuators, robots (time frame, minutes, seconds, milliseconds)	Process

Firewall

Figura 16 Elementos de integração e referência do modelo ISA-95 adaptado de (Zippel 2018)

O referencial ISA-95 foi apresentado nos anos 90 como afirma (Scholten 2007), no entanto, assim como outros modelos e referenciais, vem sendo alvo de aprimoramentos. O autor (Apilioğulları 2022) apresenta seu trabalho na **Figura 17** e **Figura 18**, marcado pela aplicabilidade da *Industrial Internet of Things* (IIoT) como um *gateway* de conectividade dentro do modelo ISA-95. Sendo o IIoT responsável pela capacidade de realizar a ligação entre as *Informations Technology* (IT) e *Operations Technology* (OT), complementando a interface no *Cyber-physical system* (CPS). Segundo o autor, o referencial ISA 95 apresenta uma deficiência quanto a questão da conectividade entre as camadas de integração das OT com as IT, estabelecendo a conexão entre as camadas mais baixas do ISA-95 (0,1,2) compostas por elementos físicos como sensores, *Programmable Logic Controllers* (PLC's) e *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) e as camadas superiores do modelo. Como os vários elementos das camadas (0,1,2) apresentam protocolos diferentes, a sua dificuldade de conectividade dentro do modelo ISA-95 apresenta-se como uma barreira de comunicação na estrutura desenhada para atingir a meta da Indústria 4.0 nas organizações, e a *Internet of Things* (IoT) apresenta-se como um pré-requisito para esta comunicação eficiente.

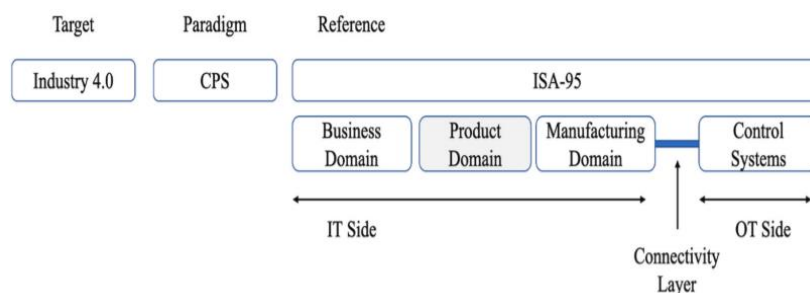


Figura 17 Modelo proposto da ISA-95 expandida adaptado de (Apilioğulları 2022:3)

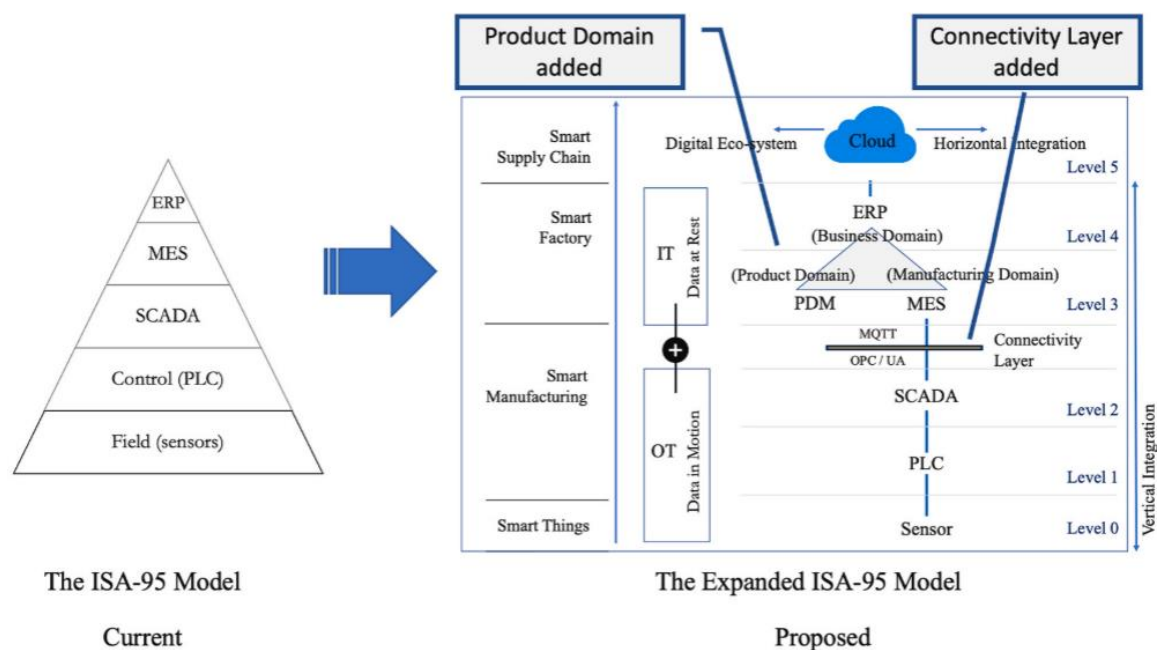


Figura 18 Modelo atual e Modelo ISA-95 expandido proposto adaptado de (Apilioğulları 2022:6)

2.3.2. Modelo referencial de arquitetura indústria 4.0 – RAMI 4.0

O RAMI 4.0 «*Reference Architecture Model Industry 4.0*» é um modelo referencial de arquitetura para implementação de ferramentas integradas relacionadas ao conceito de indústria 4.0. A **Figura 19** apresenta o modelo tridimensional do RAMI 4.0, onde o primeiro dos eixos horizontais representa o ciclo de vida e fluxo de valor de um ativo. Este eixo está apoiado pela norma internacional IEC 62890:2020 publicada pelo (International Electrotechnical Commission 2020), que estabelece os princípios básicos da gestão da vida de sistemas e componentes utilizados na indústria.

O segundo eixo horizontal está apoiado nas normas internacionais IEC 62264:2013 e IEC 61512:1997. A norma internacional IEC 62264:2013, ou também conhecida como modelo ISA-95, já apresentada na secção 2.3.1, é um conjunto de padrões que fornece uma estrutura de integração vertical de sistemas corporativos e de controlo que são cruciais para a automação e otimização de processos. A norma internacional IEC 61512:1997 publicado pelo (International Electrotechnical Commission 1997), é uma norma que define modelos de referência para controle de lotes usados nas indústrias de processos, e apresenta também as terminologias para explicar as relações entre modelos e termos utilizados na área de automação de processos. Estas normas representam os níveis hierárquicos de automação e controlo dentro de uma organização, também conhecidos e representados pela pirâmide da automação (Binder et al. 2021; Binder, Neureiter, e Lüder 2022; Hankel e Rexroth 2015).

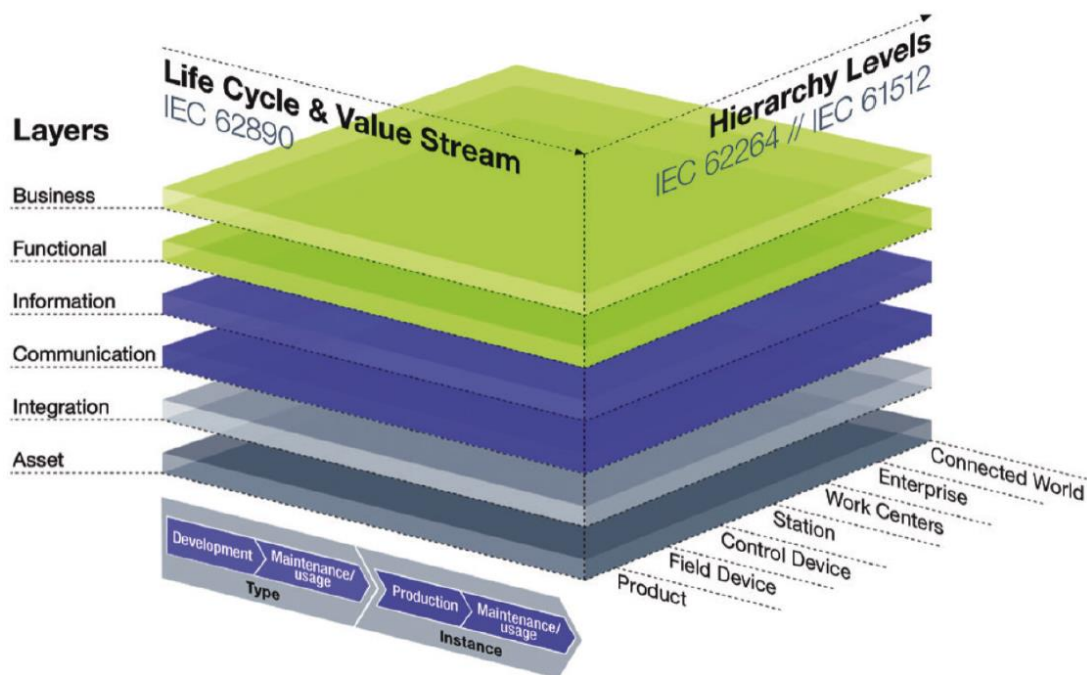


Figura 19 Modelo tridimensional RAMI 4.0 adaptado de (Hankel e Rexroth 2015:1)

O eixo vertical, apresenta seis camadas que representam a decomposição de uma máquina/equipamento nas suas propriedades (Hankel e Rexroth 2015), onde “as camadas são usadas para representar a perspectiva complexa de tecnologias da informação (TI) como uma composição de partes gerenciáveis menores” (Contreras et al. 2017).

2.3.3. Arquitetura de referência da Internet industrial - IIRA

O IIRA «*Industrial Internet Reference Architecture*» é apresentado como um modelo de arquitetura e metodologia que oferece diretrizes para que a engenharia de sistemas possa projetar os seus próprios sistemas industriais com base em uma estrutura comum. A estrutura arquitetônica na qual o IIRA se baseia é o *Industrial Internet Architecture Framework* (IIAF).

A **Figura 20** em forma tridimensional apresenta três eixos, estes eixos que representam a implementação dos conceitos da norma ISO/IEC/IEEE 42010:2022 que “especifica os requisitos para a estrutura e/ou expressão de uma descrição de arquitetura para várias entidades, incluindo *software*, sistemas, empresas, sistemas de sistemas, famílias de sistemas, produtos (bens ou serviços), linhas de produtos, linhas de serviço, tecnologias e domínios de negócios”, conforme descrito por (International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, e Institute of Electrical and Electronic Engineers 2022). O primeiro eixo horizontal chamado de ciclo dos processos tem como preocupação tópicos de interesse no sistema. O segundo eixo horizontal considera as partes interessadas,

ou seja, entidades com interesse no sistema. Já o eixo vertical dividido em quatro planos, demonstra os pontos de vista conforme a descrição e análise de preocupações específicas do sistema (Burns et al. 2019).

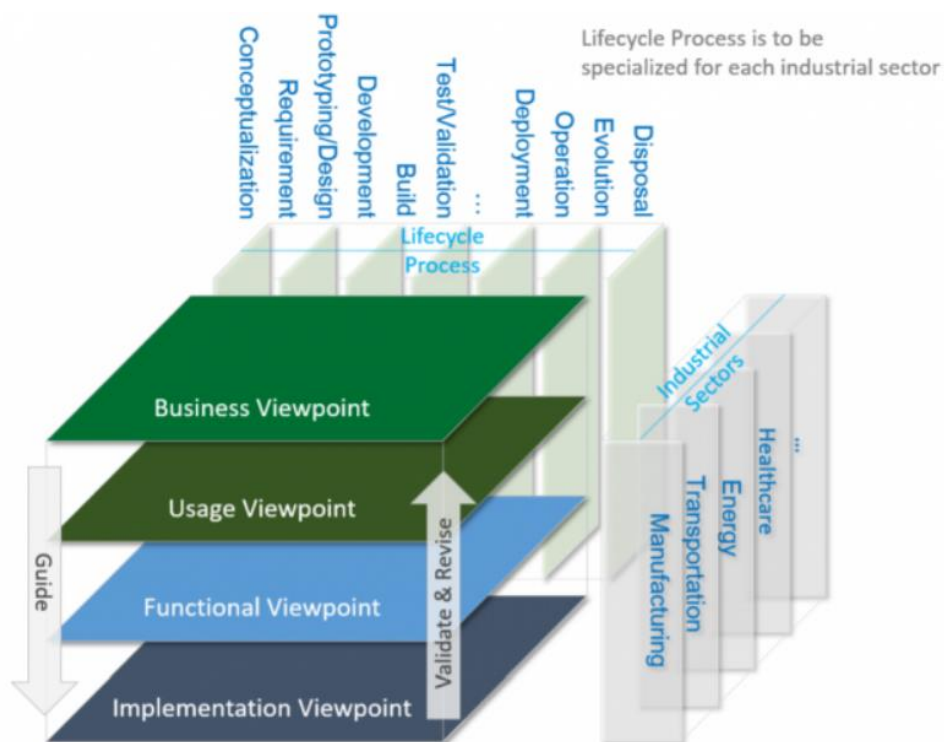


Figura 20 Relações entre cada ponto de vista - IIRA adaptado de (Burns et al. 2019:648)

2.3.4. Arquitetura do sistema de manufatura inteligente - IMSA

O IMSA «*Intelligent Manufacturing System Architecture*» é um modelo referencial que tem como suporte a norma internacional IEC 62264:2013, o modelo ISA-95 já apresentado na secção 2.3.1. O modelo referencial está proposto em identificar as atividades e as funções baseadas em TI para transformar tanto o processo de produção como também o produto mais inteligentes.

Na **Figura 21** é apresentada uma relação tridimensional, onde no primeiro eixo horizontal é apresentada a dimensão 'ciclo de vida do produto', tendo em conta toda a cadeia de criação de valor desde o design do produto até os serviços pós venda e até mesmo a reciclagem do produto em fim de vida. No segundo eixo horizontal é apresentada a dimensão 'hierarquia do sistema', são definidos os níveis de hierarquia propostos na IEC 62264:2013, e adicionada a dimensão 'cooperação' no intuito de salientar que deve haver cooperação entre as cadeias de valor. Por fim, no eixo vertical são apresentadas cinco camadas de funções

inteligentes, onde cada camada tem uma função específica de trabalho com os dados, pois os dados são o elemento central da inteligência na manufatura (Burns et al. 2019).

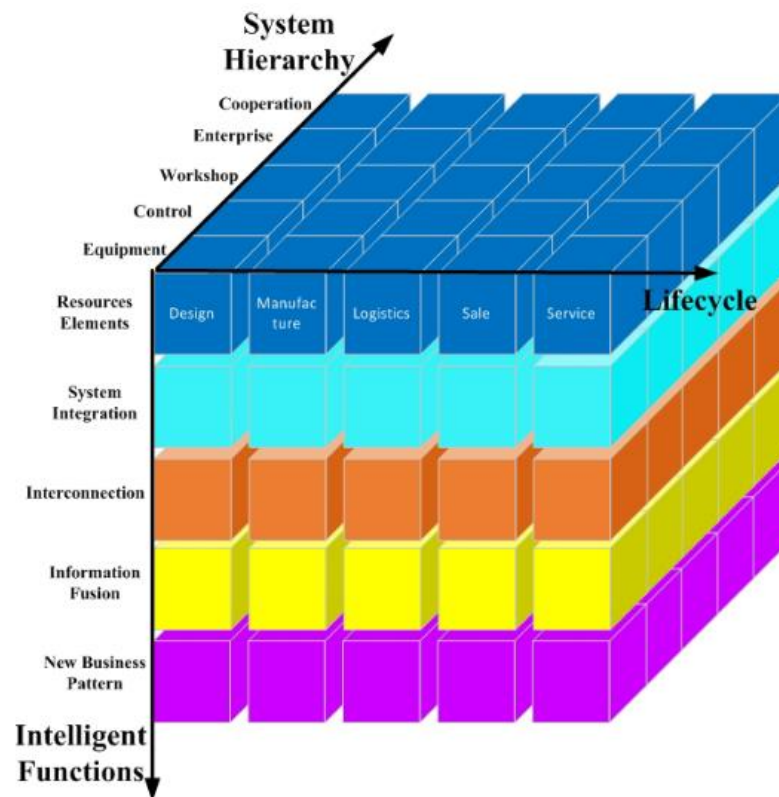


Figura 21 Arquitetura do sistema de manufatura inteligente adaptado de (Sha Wei et al. 2017:1007)

2.4 FASE 3 – ANÁLISE E DISCUSSÃO

2.4.1. Análise e discussão dos modelos de transformação digital apresentados

No decurso da análise da literatura sobre o processo de transformação digital é essencial a identificação dos conceitos básicos ou primários caracterizadores da TD. Alguns autores referem-se ao termo ‘dimensões’ da transformação digital, mas também são empregues termos como ‘elementos’ ou ‘primitivas’ (Gong e Ribiere 2021). Estes conceitos procuram identificar as necessidades explícitas para que uma organização possa desenvolver e implementar a sua ETD. Com respeito à abordagem de construção de um modelo conceptual da TD, foram analisados os modelos de transformação digital dos 13 artigos identificados na secção 1.2 Fase 1 e apresentados na **Tabela 5**.

Durante a análise foi construída a tabela apresentada no **Apêndice 1**, que reflete a contribuição, segundo cada autor, para a identificação das características principais dos elementos-chave ‘dimensões’ requeridos para o desenvolvimento de um modelo de TD.

Tabela 5 Tipo de abordagem

	Referência	Fontes de pesquisa	Abordagem
1	(Aghakhani et al. 2024)	Revisão sistemática da literatura	Acadêmica
2	(Baslyman 2022)	Literatura e entrevistas direcionadas a nove líderes sênior na área da TD	Acadêmica e prática
3	(Chernbumroong, Sureephong, e Janchai 2021)	Literatura e projetos entre empresas e fornecedores de soluções em tecnologias digitais	Acadêmica e prática
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Revisão da literatura e inquérito digital	Acadêmica e prática
5	(Gong e Ribiere 2021)	Revisão sistemática da literatura e inquérito com especialistas internacionais em TD	Acadêmica e prática
6	(González-Varona et al. 2021)	Literatura e inquérito a 3 acadêmicos e a 3 profissionais da área	Acadêmica e prática
7	(Zhu et al. 2021)	Revisão sistemática da literatura	Acadêmica
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Literatura e inquérito direcionado a CEO's e colaboradores	Acadêmica e prática
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Literatura e projetos em PME's e o VTT- <i>Technological research centre of Finland</i>	Acadêmica e prática
10	(W.J. Rautenbach, Imke de Kock, e J.L. Jooste 2019)	Revisão da literatura e inquéritos a especialistas da área	Acadêmica e prática
11	(Barann et al. 2019)	Revisão da Literatura e interação com o <i>Mittelstand 4.0 competence center</i>	Acadêmica e prática
12	(Parviainen et al. 2017)	Literatura e estudos de caso	Acadêmica e prática
13	(Matt et al. 2015)	Literatura	Acadêmica

A construção dessa tabela iniciou-se com as dimensões (1) Natureza; (2) Âmbito; (3) Entidade; (4) Meios; (5) Resultado esperado; e (6) Impacto, definidos por (Gong e Ribiere 2021) e já apresentados na Fase 0. Esta tabela foi enriquecida durante este processo de análise, tendo em conta as informações levantadas dentro da análise de cada documento. A partir desta análise foram adicionadas as novas dimensões, (7) Estrutura-ecossistema; (8) Equipa digital e a dimensão (9) Desafios, por apresentarem-se como temas de grande relevância a serem consideradas no processo de desenvolvimento da ETD.

Com base na tabela exibida no **Apêndice 1**, são apresentadas e analisadas de seguida cada uma das dimensões, no intuito de verificar o alinhamento das ideias de todos os autores em conjunto e enriquecer o estudo sobre o tema.

Analisando a **Tabela 6**, quanto a dimensão Natureza da transformação, 12 dos artigos (92%) apresentaram alguma observação, sendo que há um certo consenso no que diz respeito ao fator transformador tanto interno quanto externo da organização. É importante destacar o alinhamento entre a estratégia e a natureza da transformação. As respostas podem ser refinadas em três tipos de transformação: (1) Eficiência interna, voltada para a melhoria dos processos, o que pode envolver desde automações no plano de transformação operacional dos produtos, quanto melhor a gestão da informação e fluxo de dados; (2) Oportunidades externas, voltadas a verificar o contexto da organização e seus concorrentes

mas também as oportunidades de interagir com fornecedores e clientes, agindo em toda a cadeia de valor, tendo em conta o *supply chain* e as integrações possíveis que possam gerar maior eficiência para a organização e *stakeholders*; (3) Disruptiva e radical, com uma mudança total do modelo de negócio da organização.

Tabela 6 Dimensão - Natureza da transformação digital

	Referência	Natureza
1	(Aghakhani et al. 2024)	Transformação dos aspetos organizacionais e estruturais chave.
2	(Baslyman 2022)	Melhoria de desempenho, Inovação no mercado Oportunidades externas.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Justificação do problema para a transformação.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Disrupção digital através dos dados digitais.
5	(Gong e Ribiere 2021)	Mudança Fundamental, Transformação .
6	(González-Varona et al. 2021)	Transformação a partir da organização de competências para a TD.
7	(Zhu et al. 2021)	Transformação pela estratégia, DBS – <i>Digital Business Strategy</i> , DTS – <i>Digital Transformation Strategy</i> .
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Transformação da cadeia de suprimentos como meio de prover vantagem competitiva.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Eficiência interna, Oportunidades externas, Mudança radical.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Melhoria da eficácia e eficiência das operações, Otimizar o sistema de negócio.
11	(Barann et al. 2019)	Inovação digital incremental ou radical, Otimização de processos, Uso das tecnologias para adaptar, melhorar e estender o BM atual, Mudança disruptiva, <i>Business Model</i> completamente novo. <i>Business Model Sophistication</i> , Introdução individualizada de um produto ou serviço ou sua combinação.
12	(Parviainen et al. 2017)	Eficiência interna, Oportunidades externas, Mudança radical.
13	(Matt et al. 2015)	Não aplicável

Analisando quanto a dimensão Âmbito, são apresentados na **Tabela 7** os 13 artigos que apresentaram características do âmbito (100%). Na sua definição os principais temas levantados foram quanto a disrupção digital e a melhoria incremental dos processos, tendo em conta a velocidade e escala de implementação. Ou seja, chama a atenção quanto a importância do tempo de implementação das soluções e também a sua abrangência dentro da organização, sendo frequente a consideração de implementações por fases de forma incremental. Também são levantadas questões como a busca por soluções segundo a perspetiva interna da organização e o contexto externo. Outra questão importante é o tipo de abordagem, com (Barann et al. 2019) a frisar a importância de ver o processo tanto *top-down* quanto *bottom-up*.

Tabela 7 Dimensão - Âmbito da transformação digital

	Referência	Âmbito
1	(Aghakhani et al. 2024)	Definição da melhor sequência e <i>timing</i> para implementação dos projetos de TD.
2	(Baslyman 2022)	Mudanças disruptivas
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Definição dos resultados esperados, Tempo de execução, Orçamento.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Disrupção digital.
5	(Gong e Ribiere 2021)	Melhoria incremental ou disruptiva.
6	(González-Varona et al. 2021)	Perspetiva interna, Contexto externo, Competitividade.
7	(Zhu et al. 2021)	Velocidade de implementação, Escala de implementação, Métodos e processos específicos para alcançar os objetivos.
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Soluções que melhorem a eficiência da arquitetura da organização, Soluções para automação do processo da cadeia de suprimentos, Preparação para mudança da cadeia de suprimentos atual para o modelo digital, Plataforma de integração de todas as atividades ligadas a cadeia de suprimentos.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Melhoria incremental ou disruptiva.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Necessidade da definição do nível de disrupção pretendido
11	(Barann et al. 2019)	Passos incrementais, Implementação por fases e objetivos, Ciclos de implementações, Abordagens <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> .
12	(Parviainen et al. 2017)	Melhoria incremental ou disruptiva.
13	(Matt et al. 2015)	Atenção com as mudanças disruptivas. Decidir em ser o líder de mercado no uso de tecnologias e a definição dos seus padrões, ou ser somente um usuário da tecnologia com padrões já estabelecidos.

Analisando quanto a dimensão Entidade que deve ser alvo da TD, na **Tabela 8**, os 13 artigos apresentaram alguma indicação, sendo que 12 artigos afirmam que o alvo da TD se compreende ao nível da organização, 4 artigos consideram que a TD pode afetar também o domínio ou rede do negócio, como os parceiros, fornecedores e/ou todos aqueles que interagem com o negócio podem ser alvo da TD.

Tabela 8 Dimensão - Entidade alvo da transformação digital

	Referência	Entidade
1	(Aghakhani et al. 2024)	Toda a organização, modelo de negócio.
2	(Baslyman 2022)	Toda a organização.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Toda a organização.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Todo o ecossistema da organização.
5	(Gong e Ribiere 2021)	Organização, Rede de negócios, Indústrias, Sociedade.
6	(González-Varona et al. 2021)	Toda a organização.
7	(Zhu et al. 2021)	Escala de implementação.
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Organização, Parceiros de negócios.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Toda a organização.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Toda a organização.
11	(Barann et al. 2019)	Toda a organização.
12	(Parviainen et al. 2017)	Nível da organização, Nível do processo, Domínio do negócio, Nível da sociedade.
13	(Matt et al. 2015)	Toda a organização e além das suas fronteiras.

Ainda quanto a dimensão Entidade, 2 artigos afirmam que a um nível mais amplo, toda a sociedade pode ser alvo ou é afetada pela TD. Por fim, 1 artigo entende que a TD pode também ser limitada somente ao nível do processo.

Analisando a **Tabela 9**, quanto a dimensão Meios utilizados para alcançar a transformação digital, todos os artigos apresentaram diversas conclusões. Tendo em conta que o tema da TD é uma área tão vasta e que abrange toda organização, tanto de forma horizontal como transversal, é de se esperar que também os meios ou recursos para a alcançar sejam múltiplos.

Tabela 9 Dimensão - Meios para atingir a transformação digital

	Referência	Meios
1	(Aghakhani et al. 2024)	Tecnologias digitais, Combinação de aspetos sociais e dispositivos tecnológicos, Capacidades digitais, <i>Roadmap</i> digital.
2	(Baslyman 2022)	Tecnologias disruptivas, Uso de dados.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Tecnologias digitais, Automação, CRM, Marketing digital, Conteúdo digital, <i>E-commerce</i> , <i>Fintech</i> , Gestão de recursos humanos, <i>Enterprise Resource Planning</i> , IoT.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Recursos tecnológicos, Gestão de dados como principal meio de alavancagem da estratégia (<i>Data is gold</i>), Capacidades digitais do negócio e pessoas, Capital humano, Inovação digital, Recursos financeiros.
5	(Gong e Ribiere 2021)	Tecnologias digitais, Recursos humanos, Recursos financeiros, Fontes de conhecimento, Capacidades digitais, Capacidades dinâmicas.
6	(González-Varona et al. 2021)	Capacidades dinâmicas, Uso de tecnologias, Cultura, Aprendizado organizacional, Informação, Ética, Requisitos de cada situação, Aquisição e desenvolvimento, Desenvolvimento de talentos no local de trabalho.
7	(Zhu et al. 2021)	Tecnologias digitais.
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Melhorar a arquitetura digital atual, Velocidade de dados e informação, Automação de processos, ERP, CRM, CRP, WMS, RFID, CNC, Tecnologia 3D, <i>Coud Computing</i> , <i>Internet of things</i> , <i>Blockchain</i> , <i>Advanced data analysis</i> , Integração de toda a cadeia produtiva e <i>supply chain</i> .
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Tecnologias de informação, Tecnologias digitais.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Estratégia e liderança, Pessoas e cultura, Tecnologia, Integração, Oferta de produtos e serviços, Capacidades.
11	(Barann et al. 2019)	<i>Data-driven innovation</i> , dados como recurso chave, dados para melhoria do <i>Business Model</i> atual. Integração de apoio externo, Orientação prática, Criação de um ambiente de apoio a TD, Objetivos tangíveis, <i>Roadmap</i> individual, Habilitar uma implementação escalonada, Identificar oportunidades, Reflexão e medição, Balanceamento entre estratégia e operação, Apoio em todos os níveis de inovação digital e orientada por dados, Considerar inovação aberta «comunidades de apoio».
12	(Parviainen et al. 2017)	Ferramentas digitais, Capacidades digitais, Automação.
13	(Matt et al. 2015)	Tecnologias digitais.

É possível verificar na análise que os meios a utilizar podem ser classificados em específicos e gerais. Portanto, há que considerar no desenvolvimento da ETD os meios ligados diretamente a cada organização em (1) Específicos, conectados às necessidades da organização e objetivos a alcançar com a TD. Por outro lado, existem meios (2) Gerais, tendo a organização de agir com a consciência de que para alcançar a TD estão envolvidos meios mais abrangentes e independentes da organização, como o uso de tecnologias digitais, recursos humanos, recursos financeiros e capacidades voltadas para a mudança como capacidades humanas e digitais, capacidades dinâmicas, que têm implicações na cultura da organização.

Tabela 10 Dimensão - Objetivos da transformação digital

	Referência	Objetivos da transformação digital
1	(Aghakhani et al. 2024)	Melhoria de processos, Antecipar e atender expectativas do cliente, Sinergia entre oferta digital e tradicional, Integração, <i>Agile mindset</i> , Maturidade digital, Eficiência operacional.
2	(Baslyman 2022)	Solução de problemas de desempenho ou financeiros, Inovação no mercado externo, Otimização, Crescimento, Competitividade, Valor para o cliente, Produtos mais baratos e maior qualidade.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Melhoria de processos e atividades operacionais, Modelo de negócio.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Mudança de <i>mindset</i> , Orientação do negócio através de modelos de dados digitais, <i>Benckmark</i> -Identificar ativos importantes que formam o <i>core business</i> , Forte relação com o cliente.
5	(Gong e Ribiere 2021)	Automação de processos, Eficiência, Melhoria da produtividade, Redução de custos, Eliminação de falhas, Otimização da experiência do cliente, Melhorias radicais e mudanças na oferta, Liderança de transformação, <i>Open mindset</i> e cultura de inovação, Vantagem competitiva, <i>Agility</i> e alta adaptabilidade, Ecossistema e colaboração.
6	(González-Varona et al. 2021)	Visão, Liderança estratégica, Ambidestrezza, <i>Agility</i> ,, Mudança e inovação cultural.
7	(Zhu et al. 2021)	Inovação em: Liderança, Proposta de valor, Modelo de negócio, Plataformas empresariais.
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Mudança de cultura, Prover a organização de vantagem competitiva, Melhoria da cadeia de suprimentos.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Interface com o cliente, Organização, Processos.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Superar expectativas do cliente, Melhorar produtividade dos ativos por meio do <i>big data</i> , Aumentar a importância de novas formas de colaboração, Transformar modelos operacionais em digitais, Melhorar a experiência do cliente.
11	(Barann et al. 2019)	Adaptar, melhorar e estender o negócio atual. Otimizar processos e desenvolver inovação, Aproveitar oportunidades, Impacto nas operações e experiência do cliente.
12	(Parviainen et al. 2017)	Redução de trabalhos manuais, Oferta de novos serviços, Redução de custos, Crescimento económico, Colaboração, Interação intensiva.
13	(Matt et al. 2015)	Não aplicável

Analisando a **Tabela 10**, os artigos apresentaram o que cada autor considera sobre a dimensão Objetivos da transformação digital. Como já abordado anteriormente, o tema da TD é amplo, assim como seus objetivos. De forma geral, é observado que os objetivos da TD estão alinhados com a necessidade de criar soluções que tragam melhorias para as organizações e devem estar diretamente ligados com sua estratégias de negócio.

Analisando a **Tabela 11** sobre a dimensão Impacto da TD, todos os autores caracterizaram o tipo de impacto que a organização está sujeita com a sua TD. Onde 10 dos 13 artigos citam diretamente o termo ‘criação de valor’ ou termos similares. Ou seja, o maior impacto da TD nas organizações é a criação de valor para todos aqueles que estão ligados a organização, independente da vertente da TD, do tipo de organização, dos meios utilizados, sendo o conceito chave na transformação digital das organizações.

Tabela 11 Dimensão - Impacto da transformação digital

	Referência	Impacto
1	(Aghakhani et al. 2024)	Criação de valor, Antecipar e atender expectativas do cliente.
2	(Baslyman 2022)	Criação de valor para os <i>stakeholders</i> , Melhoria da Satisfação do cliente, Aumento da lealdade.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Modelo de negócio.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Criar valor para o cliente.
5	(Gong e Ribiere 2021)	Reforçar a proposta de valor existente, Redefinir a proposta de valor.
6	(González-Varona et al. 2021)	Mudança na criação de valor.
7	(Zhu et al. 2021)	Modelo de negócio, Criação de valor, <i>Interprise agility</i> .
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Inovação de valores.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Modelo de negócios.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Criação de valor, Experiência do cliente.
11	(Barann et al. 2019)	Criação de uma rede de valor digital e experiência digital do cliente, Impacto em todo o modelo de negócio.
12	(Parviainen et al. 2017)	Influência na tomada de decisão na sociedade.
13	(Matt et al. 2015)	Mudança na criação de valor.

Analisando a **Tabela 12**, dimensão Estrutura-ecossistema, é visto a temática do impacto da transformação digital no contexto da estrutura e ecossistema da organização, tendo em conta que todas as mudanças impactam a estrutura existente.

Nesta dimensão, foram 10 os artigos que trataram desta temática (77%), os quais apontam duas classes como principais elementos impactados: (1) mudanças estruturais, que impactam a própria arquitetura empresarial, como sistemas físicos e ciberfísicos; e (2) a mudança do ecossistema onde se faz a adaptação organizacional de colaboradores e liderança que devem ser preparados para a nova visão digital, ou seja, mudanças nos papéis desempenhados.

Tabela 12 Dimensão - Estrutura-ecossistema para a transformação digital

	Referência	Estrutura - Ecossistema
1	(Aghakhani et al. 2024)	Mudanças estruturais, Mudanças em processos, Liderança de transformação. Habilidades e mentalidade digitais.
2	(Baslyman 2022)	Não aplicável
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Estrutura organizacional, Organização cultural.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	<i>Cloud, Smart ecosystems, Super society.</i>
5	(Gong e Ribiere 2021)	Não aplicável
6	(González-Varona et al. 2021)	Alinhamento organizacional, Governança, Mudanças estruturais.
7	(Zhu et al. 2021)	Estrutura organizacional, Arquitetura empresarial, (<i>cyber-physical systems architecture</i>), Agilidade empresarial, Adaptação, Impacto social e organizacional, Mudança nos papéis desempenhados, Mudança no ecossistema da organização.
8	(Szopa e Cyplik 2020)	<i>Supply chain</i> da organização.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Pessoas e cultura.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Organização digital integrada, Melhorar cadeia de valor.
11	(Barann et al. 2019)	Não aplicável
12	(Parviainen et al. 2017)	Mudanças na cadeia de valor do ecossistema, Mudanças nos papéis desempenhados, Mudança organizacional.
13	(Matt et al. 2015)	Mudanças estruturais.

Na **Tabela 13**, a dimensão intitulada Equipa digital, é levantada a questão de quem deve ser o responsável pela TD de uma organização. Este tema não tem recebido grande atenção, com os 8 artigos (61%) apresentados a abordar de forma superficial quem deve estar incluído no processo de TD. Em muitos casos é somente dado o CEO «*Chief Executive Officer*», CIO «*Chief Information Officer*» ou CDO «*Chief Digital Officer*» como figuras responsáveis pela TD. Foram poucos os autores que trouxeram um maior atenção ao citar a necessidade de um grupo de trabalho com capacidades multifuncionais.

Tabela 13 Dimensão – Equipa digital para a transformação digital

	Referência	Equipa Digital
1	(Aghakhani et al. 2024)	Unidade de TD.
2	(Baslyman 2022)	Digital team.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Gestores transformadores, Provedores do serviço digital, Técnicos de trabalho digital (TI).
4	(Gaffley e Pelser 2021)	CEO, CIO, Analistas de dados, Equipe multifuncional.
5	(Gong e Ribiere 2021)	CEO, CIO, CDO.
6	(González-Varona et al. 2021)	Não aplicável
7	(Zhu et al. 2021)	CDO.
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Não aplicável
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Não aplicável
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Não aplicável
11	(Barann et al. 2019)	CEO e equipa de apoio.
12	(Parviainen et al. 2017)	Não aplicável
13	(Matt et al. 2015)	CEO, CIO, CDO.

Por último, são apresentados na **Tabela 14** uma compilação dos desafios que as organizações que querem abraçar a TD podem encontrar, sendo que, todos os autores apresentam diversos exemplos. Na dimensão Desafios da TD, é importante trazer à tona as várias dificuldades que devem estar presentes na consciência das organizações no momento da definição de sua ETD.

Tabela 14 Dimensão - Desafios da transformação digital

	Referência	Desafios
1	(Aghakhani et al. 2024)	Restrições financeiras, Risco financeiro, Gestão do risco, Cibersegurança, Requisitos legais.
2	(Baslyman 2022)	Foco na tecnologia e não na melhor solução, Falta do conhecimento sobre os conceitos, Gestão da mudança que afeta a organização, Falta de clareza de visão e definição dos objetivos, Conflito de opiniões na definição da ETD, Falta de conhecimento da diretoria sobre o tema da TD e a importância do fluxo de dados.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Tempo de execução do projeto.
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Habilidades tecnológicas necessárias não compreendidas pela liderança, Limitações humanas.
5	(Gong e Ribiere 2021)	Não aplicável
6	(González-Varona et al. 2021)	Aspectos financeiros, Risco, Cultura, Aceitação da mudança.
7	(Zhu et al. 2021)	Resistência a implementação, Impacto na teoria de gestão estratégica, Variedade de tecnologias digitais para integração, Maturidade digital, Cultura organizacional, Liderança.
8	(Szopa e Cyplik 2020)	Despesas financeiras substanciais.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Falta de capacidades para desenvolver e manter um <i>e-business</i> , Limitada informação e capacidades em IT, Mentalidade de curto prazo.
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Falta de entendimento do processo de TD, Papel dos colaboradores, Cultura organizacional e implicações financeiras, Incerteza quanto a tecnologia a utilizar, Falta de capacidades do dep. de IT na condução e uso de uma organização digital integrada, Falta de acesso a tecnologia requerida, Desafios externos quanto a disrupção de mercado pela competição, Falta de apoio político e regulatório, Ameaças cibernéticas.
11	(Barann et al. 2019)	Recursos limitados, Fundos limitados, Risco de falha, Capacidades e habilidades das pessoas, Dificuldades das PME's em identificar valor somente na integração de tecnologias, Indisponibilidade de certas ferramentas individuais e dedicadas para PME's, Alto custo pago por apoio de instituições externas.
12	(Parviainen et al. 2017)	Disputas pela gestão sobre a natureza da TD, Impactos socio culturais nas pessoas, Mudança organizacional, Desafios técnicos.
13	(Matt et al. 2015)	Aspectos financeiros, Risco financeiro.

Como alguns dos temas mais destacados, devem ser citados o risco financeiro devido ao alto custo que uma implementação pode acarretar e o longo tempo de retorno, caracterizando o intitulado “paradoxo da transformação digital”. Capaz de levar a organização

ao esgotamento financeiro antes de colher os resultados esperados com a TD. Também é de se destacar as mudanças organizacionais e seu impacto nas pessoas, devido suas próprias limitações humanas, o que pode gerar falta de aceitação e resistência por sua parte.

O aspeto cultural está muito abordado nos trabalhos, e é crucial que as organizações preparem seus colaboradores para a nova visão. Como último exemplo, há também a falta de informação e conhecimento sobre o tema da TD. É importante que a alta administração e lideranças entendam os conceitos e tudo o que envolve a TD antes de se lançarem ao desafio, sendo o apoio de concelheiros e/ou entidades crucial para o bom desenvolvimento do processo de TD.

A **Tabela 15** apresenta, segundo cada artigo, o tipo de metodologia utilizada como suporte para o desenvolvimento destes modelos. Ao analisar cada artigos, verificou-se que cada autor apresenta seu modelo e/ou estratégia dentro do âmbito em que desenvolve a sua investigação, o que é por norma um alinhamento entre os conhecimentos adquiridos através de sua formação acadêmica e profissional. Saber quais as metodologias empregadas para o desenvolvimento de cada modelo é importante para que se verifique o quão alinhadas estão com o âmbito desta dissertação, que tem como foco a indústria de manufatura.

Tabela 15 Metodologia de suporte ao desenvolvimento do modelo/procedimento

	Referência	Metodologia de suporte
1	(Aghakhani et al. 2024)	Arquitetura empresarial, <i>Non-Functional Requirements</i> .
2	(Baslyman 2022)	<i>Goal-oriented requirement language</i> (GRL) e a ferramenta de suporte jUCMNav.
3	(Chernbumroong et al. 2021)	Não aplicável
4	(Gaffley e Pelser 2021)	Modelo de estratégia digital básica e <i>balanced scorecard</i> .
5	(Gong e Ribiere 2021)	Não aplicável
6	(González-Varona et al. 2021)	<i>Javidan's hierarchy of competencies model</i> .
7	(Zhu et al. 2021)	Não aplicável
8	(Szopa e Cyplik 2020)	<i>Digitalization Index</i> e ferramentas da qualidade, análise SWOT, diagrama de Ishikawa.
9	(Kääriäinen et al. 2020)	Análise SWOT, <i>Proof-of-Concept</i> (pequena escala de implementação).
10	(W.J. Rautenbach et al. 2019)	Potencial de criação de valor <i>versus</i> Maturidade digital.
11	(Barann et al. 2019)	<i>Business model innovation</i> (BMI).
12	(Parviainen et al. 2017)	<i>Roadmap</i> - modelo circular do tipo <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA)
13	(Matt et al. 2015)	Não aplicável

2.4.2. Análise e discussão dos modelos de integração apresentados

Com relação aos referenciais de arquitetura de integração de sistemas ciberfísicos, é facto que estes estão bem suportados através de normas estabelecidas por instituições

internacionais, e que em certos pontos se complementam ou utilizam normas comuns. Como pode ser constatado, os referenciais RAMI 4.0 e ISMA apresentam referências ao ISA-95. Portanto, os referenciais atuais não se contradizem, pelo contrário, estão alinhados no seu desenvolvimento.

2.5 Conclusão

Os modelos apresentados na literatura atual procuram contribuir com métodos para a definição da estratégia e, em alguns casos, os passos a seguir para a implementação das ações visando alcançar a TD.

O documento de (Gong e Ribiere 2021) juntamente com (Zhu et al. 2021) apresentam um material de grande relevância no que diz respeito à conceptualização das dimensões, suas características e os níveis de implementação da TD, o que pode auxiliar as organizações com uma visão holística sobre a TD e as suas necessidades. Contudo, não são modelos para a definição da ETD.

O modelo conceptual apresentado por (Baslyman 2022) defende que a estratégia pode ser desenvolvida a partir de duas vertentes, a resolução de problemas ou a melhoria da oferta de mercado considerando a concorrência. O modelo apresenta um *roadmap* com uma visão global do caminho a seguir para a definição da ETD, mas não é um passo-a-passo completo. Também (Chernbumroong et al. 2021) apresenta um modelo conceptual com cinco passos. Tomando por início a justificação do problema da organização como elemento para a definição da ETD a partir do tipo de tecnologia a implementar, seguido do âmbito, implementação e avaliação dos resultados. Em resumo, a estratégia depende do problema a solucionar. Mas, apesar da grande contribuição sobre o papel principal das pessoas envolvidas na TD de uma organização, não apresenta um *roadmap* completo para sua implementação. Também (Gaffley e Pelser 2021) apresentam como resultado do seu trabalho sete passos como procedimento para a ETD. No entanto, este procedimento apresenta escassez por sua falta de profundidade em detalhes. Os autores (González-Varona et al. 2021) apresentam um modelo voltado a organização das competências necessárias para a TD, não apresentando assim um procedimento para a definição da ETD ou sua implementação. O trabalho de (W.J. Rautenbach et al. 2019) apresenta um modelo conceptual dividido em duas fases, que consideram o nível de maturidade digital e o potencial de criação de valor como *input* para a definição da estratégia. Também apresenta uma lista de especificações como requisitos para o desenvolvimento do modelo. No entanto, o próprio autor salienta que o seu modelo está focado na definição da estratégia e não apresenta um *roadmap* para a implementação. Os autores (Szopa e Cyplik 2020) apoiam-se numa matriz de indexação para avaliar o nível de

digitalização de uma organização, e assim definir a estratégia a seguir. Todavia, os autores explicam que, para levar a cabo esta análise, é necessário que seja realizado um estudo com um grupo de empresas. A avaliação por este método a uma empresa singular não é possível, pois os valores são apresentados em percentagem dos critérios e empresas envolvidas, sendo proposto um *roadmap* resumido com os estágios de implementação. Este método não é um procedimento desenhado para que uma empresa isolada consiga desenvolver a sua ETD, e não consegue servir de guia para uma organização. O modelo apresentado por (Matt et al. 2015), foca-se no equilíbrio entre as quatro dimensões tratadas, com grande ênfase nos aspetos financeiros; no entanto, o modelo não apresenta um *roadmap* e ferramentas capazes de guiar a organização na prossecução dos seus objetivos de TD.

Os modelos apresentados por (Aghakhani et al. 2024) (Kääriäinen et al. 2020), (Barann et al. 2019) e (Parviainen et al. 2017), são aqueles que melhor apresentam um procedimento para a definição da ETD, principalmente na fase de avaliação do estado atual da organização, apresentando passos detalhados, e em alguns casos, ferramentas que auxiliam na tomada da decisão. Entretanto, não apresentam um *roadmap* completo capaz de guiar a organização desde a definição da ETD até sua implementação.

Em suma, retomando a questão central de investigação, é possível concluir que a análise aqui apresentada verifica, que os diversos autores procuraram de forma particular atribuir passos ou fases que auxiliem na identificação da estratégia a seguir e posterior criação de um *roadmap* para a implementação das ações necessárias para atingir a TD. Há todavia, uma escassez de informações nos *roadmaps* apresentados, talvez por se tratar de modelos conceptuais. Desta forma é passível confirmar a lacuna de que os modelos atuais apresentados não conseguem guiar os gestores e organizações na definição da ETD e implementação das ações no processo de transformação digital. Da mesma forma, os modelos referenciais de integração de sistemas ciberfísicos são robustos, padronizados através de normas internacionais e tem estado em constante revisão. São fonte de informação segura para consulta, mas que dependem de especialistas na área para sua implementação por se tratar de conhecimentos aprofundados e de alta complexidade, o que causa dificuldades para as organizações para sua implementação.

3. FASE 4 – PROPOSTA DO ROADMAP PARA A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Este capítulo visa delinear a proposta do *roadmap* para a definição da ETD através da metodologia do *Design For Six Sigma* (DFSS), que é apresentada na secção 3.1. Nas secções seguintes é desenvolvido o *roadmap* que deverá atender as nove dimensões características da TD «Natureza, Âmbito, Entidade, Meios, Resultado esperado, Impacto, Estrutura-ecossistema, Equipa digital e Desafios», já exploradas na tabela apresentada no **Apêndice 1** e analisadas na Fase 3 da secção 2.4, assim como identificar ferramentas de apoio para a execução das respetivas tarefas.

Este *roadmap* proposto está concebido em 4 fases, (1) Posicionamento da estratégia; (2) Estado atual; (3) Estado Futuro e (4) Validação.

3.1 Metodologia de *Design For Six Sigma* para desenvolvimento de processos

O primeiro passo para desenvolver um modelo, procedimento ou *roadmap* (MPR) destinado a auxiliar na identificação da estratégia de transformação digital e sua posterior implementação, é definir qual a abordagem científica a seguir. Assim como os MPR's já apresentados na **Tabela 15** estão suportados na sua maioria por alguma metodologia científica, torna-se importante a definição de uma metodologia para o desenvolvimento do MPR proposto, por forma a seguir uma linha científica sistematizada.

Na revisão literatura, para a definição do termo 'transformação digital' é utilizado o termo 'processo' como o meio pelo qual é realizada a transformação das organizações através das tecnologias digitais. Segundo a ISO 9001:2015, um processo é “um conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que usam *inputs* para entregar os resultados pretendidos”, e possui como característica a repetição destas atividades. Em contraste ao processo apresenta-se o termo 'projeto', que segundo (Winanto 2024) pode ser definido como “um esforço temporário empreendido para criar um produto ou serviço único”, sendo uma característica do projeto a sua finalização, destinado a terminar numa data definida ou objetivo alcançado.

Assente nestes conceitos, a TD deve ser tratada como um processo, caracterizando-se pela continuidade de suas atividades, apesar da sua implementação contar com fases que compreendem projetos internos necessários. Entretanto, a construção do MPR proposto deve ser tratado como um projeto, pois, como afirma (Fleischmann et al. 2020), quando um processo de mudança é extenso e complexo, e se caracteriza por grandes grupos de atividades, este deve ser tratado como um projeto para sua elaboração e implementação.

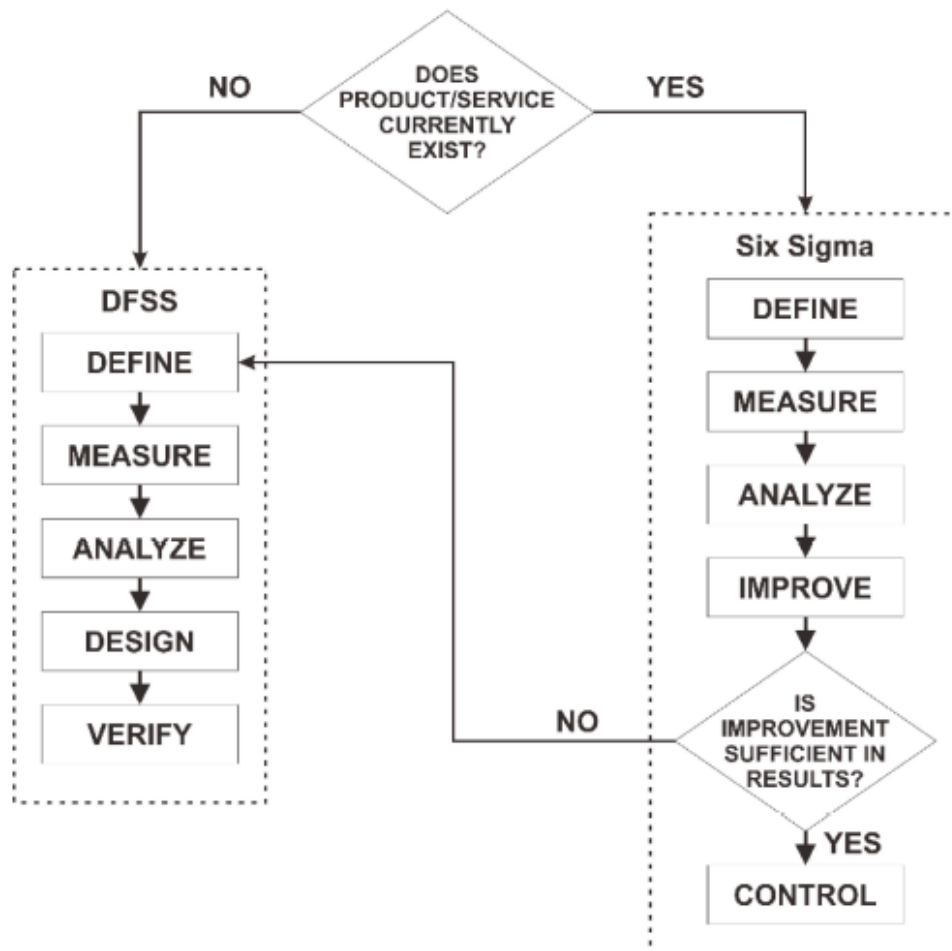


Figura 22 Relação entre o Fluxo Six Sigma (DMAIC) e DFSS (DMADV)
adaptado de (Yang et al. 2022:3)

O *Design For Six Sigma* (DFSS) é uma metodologia utilizada para desenvolver produtos e processos de forma sistematizada e otimizada, e garantir que estes atendam as necessidades dos clientes em níveis de qualidade *Six Sigma*. A utilização do DFSS como ferramenta para construção de novos produtos e processos, se faz através do método estruturado DMADV, como apresentado na **Figura 22**, e visa atender altos níveis de desempenho já nas fases iniciais de criação, em lugar de resolver os problemas depois de já implementados os processos (Yang et al. 2022). O *Six Sigma* pode ser interpretado como uma unidade de medida que mede a capacidade de um processo em produzir com altos níveis de eficiência, de forma que, um processo de nível *Six Sigma* tem a capacidade de produzir produtos e serviços com apenas 3,4 defeitos por milhão.

A metodologia do DFSS foi desenvolvida durante a década de 1980, a partir de métodos anteriores desenvolvidos pelo Dr. Genichi Taguchi, e tem sido readaptada, e conta com algumas variações do mapa tradicional DMADV, como apresentado na **Figura 23**. Este procura identificar as necessidades dos clientes e a sua tradução em especificações para o

desenvolvimento de produtos/serviços e processos de alto nível de desempenho (Alwerfalli, Lash, and Linton 2012; Marques 2013; Patil, Andhale, and Paul 2013).

DFSS-Cycle	Hits of Google*	Phases					
DMADV	59.000	Define	Measure	Analyse	Design		Verify
IDOV	13.400		Identify		Design	Optimize	Verify
DMADOV	3.060	Define	Measure	Analyse	Design	Optimize	Verify
DMEDI	2.680	Define	Measure	Explore	Develop	Implement	
CDOV	1.730			Concept	Design	Optimize	Verify
DCCDI	1.350	Define	Customer	Concept	Design	Implement	
DCOV	1.350	Define		Characterize		Optimize	Verify
DIDOV	473	Define	Identify		Design	Optimize	Verify
DMADIC	76	Define	Measure	Analyse	Design	Implement	Control
DMCDOV	38	Define	Measure	Characterize	Design	Optimize	Verify

Figura 23 Mapas do DFSS
adaptado de (Patil et al. 2013:370)

São apresentadas a seguir os estágios ou fases da metodologia DFSS - *Define, Measure, Analyse, Design* e *Verify*, resumidas no acrónimo DMADV.

3.1.1 Fase *Define*

A fase *Define* «Definir» é dedicada a realizar o planeamento do programa que irá estabelecer qual o conceito do produto/processo, a equipa envolvida, cliente interno e externo, o tipo de técnicas, métodos e tecnologias envolvidas para a definição do projeto a ser desenvolvido. Esta fase busca um *overview* sobre o tema do projeto de forma a detalhar a situação inicial. Tem como objetivos definir o âmbito do projeto, identificar os principais clientes e outras partes relevantes, analisar cenários envolventes e avaliar as capacidades competitivas da organização ou os requisitos do negócio.

3.1.2 Fase *Measure*

A fase *Measure* «Medir» é dedicada a medir a situação atual se existir. Nesta fase o objetivo é identificar os elementos do design do produto/processo que são características

críticas para sua qualidade, procurando identificar as necessidades e expectativas dos clientes/*stakeholders* internos e/ou externos, analisar, priorizar e organizar estes conjuntos de expectativas, traduzir as necessidades em características críticas para o produto/processo, priorizá-los e estabelecer métricas e definições operacionais para cada característica crítica para a qualidade do produto/processo.

3.1.3 Fase *Analyze*

A fase *Analyze* «Analisar» termina a caracterização do produto/processo focando-se na análise funcional dos recursos e sua capacidade de atender os requisitos identificados como requisitos do cliente, design conceptual do produto, mapas de processo e processos de produção. Os objetivos são identificar as funções associadas ao produto/processo nas fases anteriores, gerar conceitos alternativos, analisar e avaliar os conceitos alternativos e selecionar o melhor conceito.

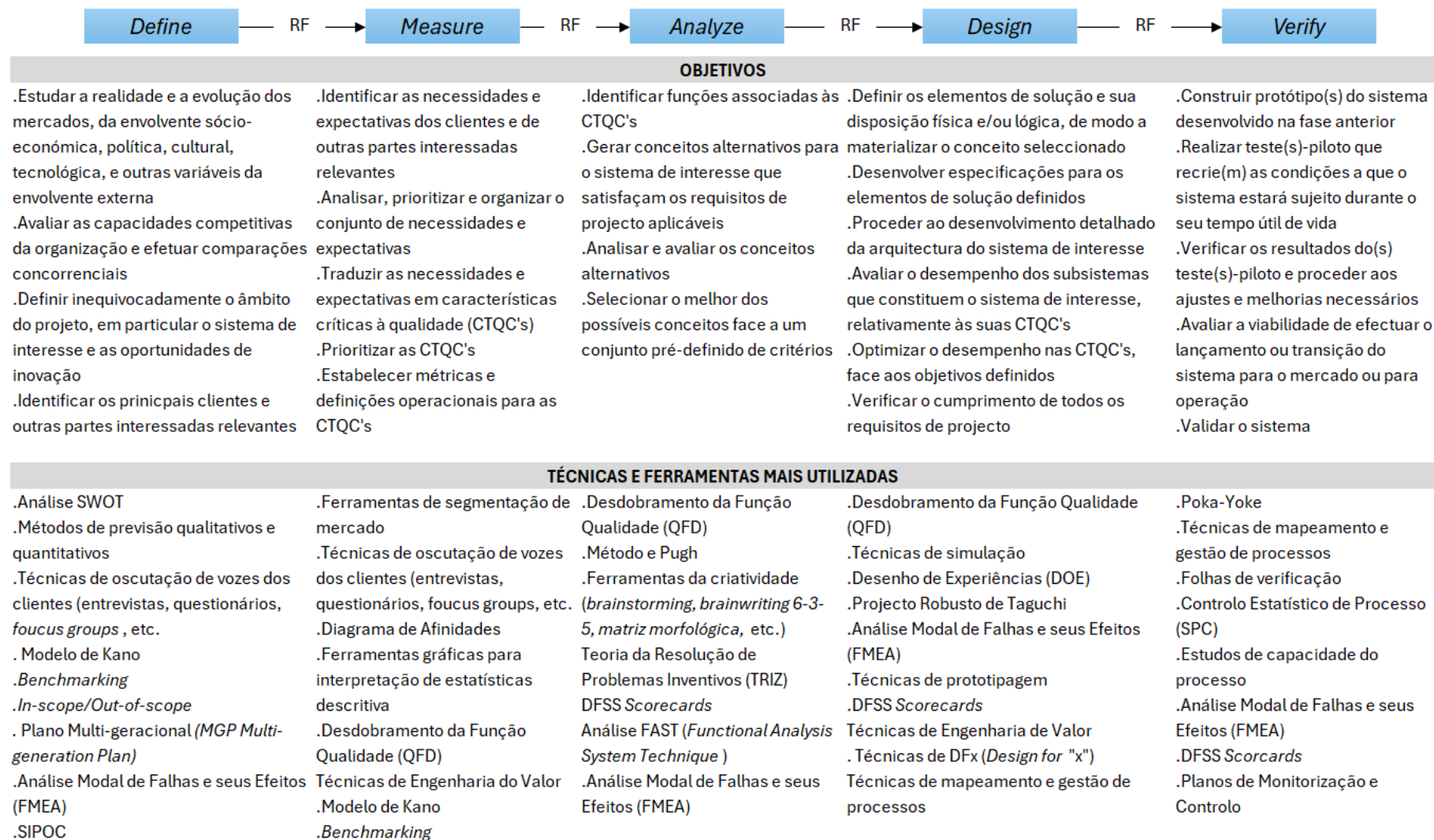
3.1.4 Fase *Design*

A fase *Design* «Desenvolver» é dedicada a apresentar os detalhes de engenharia do produto e mapas detalhados do processo. Nesta fase todos os parâmetros críticos do processo são identificados, é realizada uma análise de falhas para identificar os riscos potenciais de forma a determinar quão robusto é o projeto. Os objetivos desta fase são definir os elementos de solução para o conceito do produto/processo, especificações, proceder a arquitetura detalhada do sistema de interesse, avaliar e otimizar o desempenho das características críticas para a qualidade do produto/processo e verificar o cumprimento de todos os requisitos do projeto.

3.1.5 Fase *Verify*

A fase *Verify* «Verificar» é dedicada a validar o produto/processo. Devem ser conduzidos testes para sua validação de forma a verificar os detalhes antes da transição da produção/implementação total, e estabelecidos os procedimentos de controle do produto ou processo a implementar. Os objetivos desta fase contam com a produção de protótipos, testes-piloto, verificação de resultados, ajustes, avaliação de viabilidade e total validação do sistema desenvolvido no projeto.

Todas estas fases, seus objetivos e algumas ferramentas utilizadas para seu desenvolvimento são apresentadas na **Figura 24**.



Nota. RF: Revisão Formal

Figura 24 Principais objetivos e técnicas utilizadas em cada fase do mapa DMADV adaptado de (Marques 2013:48)

3.2 Fase Posicionamento da Estratégia

Esta fase baseada na fase *Define* do DFSS, aborda os elementos importantes a serem verificados no projeto, e pode utilizar como ferramenta de apoio o *Canvas project model* baseado em (Fleischmann et al. 2020), e exposto na **Tabela 16**, cujos componentes são detalhados de seguida.

Tabela 16 Elementos do Canvas Project Model a definir no projeto

Questões	Elementos do projeto	Definição
1. Porquê	Justificação Objetivos Benefícios esperados	Justificação do projeto, situação anterior ao projeto, pontos negativos, oportunidades não aproveitadas ou não satisfeitas, objetivos SMART, benefícios esperados, aspetos positivos, valor gerado.
2. O quê	Produto ou processo foco do projeto Requisitos	Definição do foco do projeto, produto ou processo a atender, especificação do resultado do projeto, lista de requisitos do projeto.
3. Quem	Equipa <i>Stakeholders</i>	Envolvidos no projeto, clientes internos e externos, partes interessadas.
4. Como	Pressupostos Entregáveis Barreiras	Características envolvidas para alcançar o projeto.
5. Quando	Duração do projeto Calendarização	Definição do tempo do projeto, monitorização.
6. Quanto custa	Riscos Custos associados	Avaliação dos aspetos financeiros e riscos associados.

Porquê

i. Justificação do projeto e proposta de valor

A primeira questão a ser colocada quando uma organização apresenta o desejo de realizar uma profunda transformação no seu modelo de negócio através da implementação de uma transformação digital é definir o seu porquê, qual é o propósito desta transformação?

Assim como é apresentado na ISO 9001:2015 pela (International Organization for Standardization 2015), o propósito de uma organização deve ser voltado a atender as necessidades dos *stakeholders*, sendo que é nestes que irão impactar todas as ações tomadas por esta organização. Esta mesma questão é abordada de forma explícita por (Gong e Ribiere 2021) no seu diagrama conceptual da transformação digital na sexta categoria – *Impact* – como sendo o resultado de todo o processo de TD.

Partindo do princípio de que toda ETD deve estar alinhada com a estratégia de negócio (EN) da organização, este alinhamento de estratégias deve impactar de forma positiva seus

stakeholders de forma a reforçar a proposta de valor (PV) que é entregue no final do processo (Baslyman 2022; Gong e Ribiere 2021; Matt et al. 2015).

A justificação para a implementação da transformação digital parte assim da proposta de valor que a organização procura atender, variando conforme o momento de maturidade da própria e a sua posição no mercado. Existem duas possíveis justificações para que uma organização utilize a TD como meio para impulsionar seus resultados: a primeira é a visão de futuro que a organização já definiu como sua EN, a segunda é resolver um problema interno ou externo que está a prejudicar seus resultados. Partindo do princípio de que os resultados esperados estão alinhados com a EN, é esta que define a ETD como meio para alcançar aquilo que a visão estratégica anseia. Tal como defendido por (Chernbumroong et al. 2021), a justificação do problema é o caminho para a definição dos requisitos essenciais para que a organização encontre a sua estratégia de TD, ou seja, o alinhamento da estratégia com as necessidades.

Ferramentas de apoio:

- Matriz-X.
- Análise SWOT «*Strentghts – Weaknesses – Opportunities – Theats*».
- Análise PESTEL «*Political – Economical – Social – Technological – Ecological – Legal*».
- *Benchmarking*.
- Análise dos problemas da organização.

ii. Objetivos do projeto

De forma geral, os objetivos da TD estão alinhados com a necessidade de criar soluções que tragam melhorias para as organizações e devem estar diretamente ligados com sua EN. A definição dos objetivos pode ser realizada pelo desdobramento da EN através do método de planeamento e gestão da qualidade denominado *Hoshin Kanri*. Este utiliza a Matriz-X como ferramenta para o desdobramento da visão estratégia até o nível tático e operacional. Após a definição da EN e da PV, esta última deve ser desdobrada para toda a organização, como apresentado na

Tabela 17. Definidos os objetivos de longo prazo da organização, estes devem ser desdobrados em objetivos anuais e por conseguinte em iniciativas/ações chave para cada área e/ou processo da organização. Desta forma, todos os esforços de toda a organização estarão alinhados desde a administração até o nível operacional de cada área, sendo desdobrado em ações reais e tangíveis.

Tabela 17 Definição dos objetivos

O quê	Como
Visão ou Estratégia empresarial	Definição da proposta de valor (PV). Qual(is) o(s) objetivos(s) que a organização anseia atingir no futuro?
Objetivos que a organização pretende atingir a longo prazo	Definir objetivos que reforcem sua PV para todos os <i>stakeholders</i> .
Objetivos anuais	Desdobrar os objetivos de longo prazo em objetivos anuais, de forma a decompor as metas.
Iniciativas chave para áreas e/ou processos	Para cada objetivo, definir quais as ações que devem ser implementadas de forma a atingir o objetivo proposto.

iii. Benefícios esperados

Com os objetivos definidos, neste tópico a organização deve procurar enumerar quais os benefícios esperados com o projeto de TD. Estes benefícios podem ser apresentados em duas vertentes: resultados financeiros «*hard benefits*» ou resultados de desempenho «*soft benefits*». Os *hard benefits* estão atrelados a resultados de impacto financeiro enquanto o *soft benefits* estão ligados a resultados de desempenho de metas, como por exemplo indicadores chave de desempenho (KPI's), entrega de fases de um projeto «*milestones*», satisfação dos clientes, entre outros. Os benefícios esperados estão diretamente ligados aos objetivos.

Ferramentas de apoio:

- Análise financeira do projeto.
- Análise de desempenho do projeto.

O quê

iv. Foco do projeto

Neste tópico a organização deve definir/perceber qual o foco do seu projeto, ou seja, quais os processos que serão alvo da transformação digital e a amplitude da mesma de acordo com o desdobramento dos objetivos. A organização conseguirá verificar a extensão do processo de TD e definir o processo ou entidade foco da TD. De acordo com os objetivos estabelecidos, a organização também conseguirá determinar a natureza da sua transformação respondendo a seguinte questão:

Qual o resultado esperado de acordo com o foco do objetivo? A resposta levará a uma das seguintes vertentes: (1) Melhoria da desempenho; (2) Aproveitar oportunidades externas ou internas; ou (3) Mudança radical e disruptiva.

A definição da natureza da transformação de uma organização neste *roadmap* proposto, é dada a partir dos objetivos estratégicos da organização, garantindo o alinhamento da TD com a visão estratégica da organização.

v. Requisitos do projeto

Neste tópico a organização deve verificar quais os requisitos do projeto em desenvolvimento, e verificar quais as necessidades do processo foco da TD. Para tal é importante que sejam consultados os intervenientes no processo para identificação dos fatores críticos para o processo (CTP).

Podem ser utilizadas várias ferramentas que dependem do tipo de processo, sendo essencial criar um modelo do processo de forma a mapear e conhecer as suas etapas, necessidades e intervenientes, nomeadamente:

- Técnicas de mapeamento de processos.
- SIPOC - «*Supplier-Input-Process-Output-Customer*», (El-Haik e Roy 2005).
- VSM - *Value Stream Mapping*.
- WBS - *Work breakdown structure*, (Geordannie, Tripiawan, e Yasa 2021).
- Fluxograma.
- BPM - *Business Process Modeling*.

Quem

vi. Definição da equipa e partes interessadas

a. Definir a equipa digital – *digital team*

Neste tópico, deve ser definida a equipa responsável pelo projeto, assim como o gestor do projeto. É importante que seja composta por aqueles que são capazes de juntos identificar as necessidades do projeto de TD, as tecnologias e sua implementação. Nomeadamente o departamento de TI, um representante da administração responsável por aprovar as ações e soluções, além os gestores dos processos e os colaboradores que possam aportar com os seus conhecimentos sobre o processo.

b. Levantamento das partes interessadas

Também neste tópico devem ser definidas todas as partes interessadas do processo foco da TD, e também para a definição dos requisitos críticos para o processo. Podem ser consideradas partes interessadas os colaboradores, clientes internos e externos, provedores, entre outros na cadeia de valor. O tópico prévio sobre os requisitos do projeto pode auxiliar nesta identificação através do mapeamento do processo alvo da TD.

Além dos participantes diretos da equipa digital, há a possibilidade de a organização procurar conhecimento e apoio em entidades externas, como nos provedores de serviços/tecnologias digitais, universidades, centros de investigação ou até mesmo iniciativas apresentadas pelo estado. A representação da **Figura 25** organiza a relação entre estes agentes, de forma a os classificar de acordo com o seu aporte no projeto.

O papel da equipa digital é de buscar conhecimentos dentro e fora da organização de forma a desenvolver a solução digital a implementar, e ao mesmo tempo educar todos os envolvidos para que sejam elementos transformadores dentro da organização.

Ferramenta de apoio:

- Matriz RACI «Responsável-Aprovador-Consultado-Informado»; (Geordannie, Tripiawan, e Yasa 2021).



Figura 25 Formação da equipa digital

Como

vii. Pressupostos

Neste tópico a organização deve listar quais são os pontos importantes que devem ou não ser afetados com as mudanças que serão implementadas, ou determinar regras a seguir. Por exemplo:

- Não alterar os responsáveis dos processos alvo do projeto.
- Não alterar a qualidade do atendimento aos clientes internos e externos.
- Qualquer mudança não deve ultrapassar o orçamento definido.
- Qualquer implementação será realizada somente após toda as formações necessária dos envolvidos no processo.

Ferramenta de apoio:

- Análise SWOT.

viii. Entregáveis

Neste tópico devem ser definidos quais os entregáveis do projeto, ou seja, para cada objetivo, quais são seus elementos finais. Por exemplo:

- Plano de implementação de cada iniciativa alinhada com os objetivos estratégicos.
- Solução digital para o objetivo proposto.
- Valor financeiro de redução de um custo.

ix. Barreiras

Já no início do projeto devem ser levantadas quais as barreiras ou restrições que se apresentam para o desenvolvimento da implementação da TD. A revisão da literatura realizada neste trabalho, apresenta uma série de fatores comuns que são considerados desafios para as organizações na implementação da TD. A **Tabela 14** apresentada anteriormente é um objeto de consulta para auxiliar a equipa digital na identificação destes fatores dentro da sua organização. Cabe a equipa digital realizar uma análise SWOT sobre suas capacidades de acordo com os desafios identificados nesta tabela.

- Análise SWOT.

Quando

x. Calendarização do projeto

Para o bom andamento do projeto, a equipa digital deve calendarizar seus encontros de forma a criar momentos de revisão do projeto, estes encontros são importantes para a troca de informações e garante que o projeto não pare, sendo atualizado sua posição de forma constante e definidos os responsáveis pelas tarefas a executar. Para o acompanhamento de projetos há algumas ferramentas que podem auxiliar na sua organização e apresentação:

- *Canvas project model*.
- *Matriz-x*.
- Gráfico de Gantt.
- Metodologia SCRUM, (Sachdeva 2016).
- Matriz RACI «Responsável-Aprovador-Consultado-Informado».
- Acompanhamento A3.

Quanto custa

xi. Riscos

No início do projeto devem ser considerados os riscos associados a implementação do projeto de TD. A **Tabela 14** também apresenta vários pontos a serem tidos em consideração, e serve de objeto de consulta para a equipa digital. Devem ser analisados quais destes riscos podem ser considerados pela organização. A realização de uma análise FMEA «*Failure Mode and Effect Analysis*» é de grande auxílio para a eliminação ou mitigação do risco, e assim alcançar melhores resultados (El-Haik e Roy 2005).

- Análise FMEA.

xii. Avaliação dos aspetos financeiros

Os esforços para a implementação da ETD levam a mudanças nos meios de criação de valor da organização. Todas estas questões trazem a toda a organização a necessidade em equilibrar suas finanças de forma a sustentar todas as mudanças, período de atualização dos processos e meios humanos até o início dos resultados financeiros propostos pela ETD (Aghakhani et al. 2024; Matt et al. 2015). Portanto, é crucial que a organização realize um

levantamento criterioso das necessidades financeiras do projeto e sua viabilidade de implementação. Devem ser consideradas questões de âmbito, velocidade de implementação, riscos associados, custos associados, entre outros que podem ser identificados também nas restrições ou desafios de implementação.

A avaliação dos aspectos financeiros pode ser realizada no início do projeto, com a definição de um orçamento por exemplo, ou pode ser definida durante o desenvolvimento do projeto segundo as necessidades que forem identificadas segundo a tecnologia de solução.

Ferramenta de apoio:

- Análise financeira do projeto.

3.3 Fase Estado Atual

Esta fase está baseada nas fases *Measure* e *Analyze* do DFSS, onde devem ser definidos o sistema de medição, medição do estado atual e desenvolvimento de conceitos como solução da tecnologia digital a utilizar.

3.3.1 Definição do sistema de medição e medição do estado atual

Para que seja possível a medição dos requisitos e objetivos do projeto, devem ter lugar três iniciativas: (i) a definição dos indicadores chave de desempenho (KPI's) associados aos objetivos e requisitos; (ii) a definição do sistema de medição MSA «*Measurement System Analysis*»; (iii) a revisão do estado atual.

i. Definição dos indicadores de desempenho

O objetivo é garantir que as metas ou KPI's sejam SMART, ou seja, a definição dos objetivos e dos requisitos devem atender a:

- S – *Specific*, ser específico.
- M – *Measurable*, ser possível medir.
- A – *Achievable*, ser realista, possível de alcançar.
- R – *Relevant*, ser relevante, ter impacto.
- T – *Timed*, ser definido um prazo para alcançar a meta.

ii. Definição do sistema de medição

Na definição do sistema de medição, o objetivo é descrever de forma precisa os critérios específicos utilizados para as medições, a metodologia de recolha de informações, a quantidade de dados a coletar, assim como definir quem é o responsável, entre outros fatores. Esta definição é importante para garantir a reprodutibilidade do processo de medição. Pode ser utilizada como ferramenta de apoio o *Measurement System Analysis* (MSA) (El-Haik e Roy 2005).

Análise do Sistema de Medição - MSA					
KPI	Variáveis componentes do KPI	Definição operacional	Fonte de Dados	Riscos	Plano de Ações do MSA
Taxa de defeitos (kg/t)	Defeitos (kg)	Pesar lingotes de minério refeitado na balança mais próxima.	Registo no grupo de whatsapp do time de controlo da qualidade do turno.	Falta balança verificada para medição; Falta de colaborador habilitado; Falta de um canal seguro para registo dos dados.	Elaborar definição operacional para o processo de medição que contemple todos os riscos mapeados.
	Produção (t)	Os valores das células de carga da plataforma onde os lingotes aprovados são armazenados coletados ao final de cada turno	Registo no grupo de whatsapp do time de controlo da produção do turno.	Falta de calibração das células de carga; Falta de responsável oficial; Falta de um canal seguro para o registo dos dados; Falta de um procedimento (fluxograma) para guiar a atividade.	Elaborar definição operacional para o processo de medição que contemple todos os riscos mapeados.

Figura 26 Atributos da análise do sistema de medição adaptado de (Duarte 2022).

iii. Revisão do estado atual

O objetivo neste ponto é verificar segundo os requisitos definidos, qual o estado atual da organização em cada requisito a partir dos KPI's definidos, nomeadamente através de:

- Lista de verificação.
- Monitorização dos KPI's.

3.3.2 Análise e levantamento de informações para desenvolvimento dos conceitos

Nesta fase, devem ser levantadas as informações técnicas sobre as ferramentas digitais que podem atender os requisitos críticos definidos, e por consequência definir as fases, os recursos e as capacidades necessárias para a sua implementação dentro do processo de TD. Podem por isso ter lugar tarefas para: apresentar alternativas conceptuais de solução; confirmar se é executável; verificar se atende aos pontos críticos do processo; e selecionar a melhor alternativa.

i. Apresentar alternativas conceptuais de solução

O objetivo é apresentar alternativas de solução, a equipa pode realizar em conjunto um brainstorming, desta forma, criar uma lista de alternativas e ir ao passo seguinte.

- Brainstorming.
- Estudo de mercado para a solução digital.

ii. Confirmar se é executável

O objetivo é verificar se das alternativas apresentadas, se todas são executáveis, para isto podem verificar qual o nível de esforço empreendido e o possível resultado esperado. Podem para esta fase utilizar como ferramenta de apoio:

- Matriz de esforço-impacto.
- Lista de verificação.

iii. Verificar se atende aos pontos críticos para o processo

O objetivo consiste, a partir das alternativas que forem consideradas executáveis, em verificar se atendem a todos os requisitos críticos para o processo.

- Lista de verificação.
- Casa da qualidade - QFD «*Quality function deployment*».
- Matriz de Pugh.

iv. Selecionar a melhor alternativa

Por fim, o objetivo consiste em escolher a melhor alternativa baseado nos dados analisados até o momento.

- Casa da qualidade - QFD «*Quality function deployment*».
- Matriz de Pugh.

3.4 Fase Estado Futuro

Nesta fase baseada na fase *Design* do DFSS, a equipa digital deve analisar as informações identificadas até o momento e utilizar o processo para otimizar as soluções digitais que possam atender o objetivo da organização.

A equipa deve também levantar questões sobre como será a implementação da tecnologia (ou tecnologias) escolhida, onde pode optar por primeiro desenvolver um protótipo ou implementação parcial numa área piloto. Sempre que possível, é preferível uma implementação incremental de forma a mitigar as possíveis falhas. Em casos que não seja possível, a equipa deve recolher a maior informação possível sobre as soluções digitais, e desenvolver uma análise FMEA antes da implementação.

3.4.1 Desenvolver a melhor solução digital

Nesta fase, a equipa de projeto deve otimizar o conceito definido como a melhor alternativa. Neste momento devem ser executadas tarefas detalhadas de forma a: definir o fornecedor da tecnologia escolhida; verificar o atendimento dos requisitos críticos para o processo; determinar custos de implementação; e detalhar o processo de implementação ou priorização.

i. Definir o fornecedor da tecnologia escolhida

A equipa de projeto deve procurar no mercado os fornecedores da tecnologia escolhida e desenvolver o seu nível de conhecimento sobre a tecnologia de forma a se preparar para os desafios da sua implementação. Também é preciso detalhar quais as necessidades que a própria tecnologia envolve antes de realizar a sua aquisição.

ii. Verificar o atendimento dos requisitos críticos para o processo

De acordo com o passo anterior, a equipa digital deve analisar em todas as propostas apresentadas pelos diferentes fornecedores se a alternativa é capaz de atender a todos os requisitos críticos para o processo. Algumas ferramentas podem auxiliar nesta fase:

- Comparação entre propostas, lista de verificação.
- Casa da qualidade – QFD «*Quality Function Deployment*».
- Matriz de Pugh.

iii. Determinar os custos de implementação

Nesta tarefa a equipa deve determinar os custos associados ao projeto de implementação, desde a aquisição da tecnologia, como seus custos de implementação, formação de colaboradores, peças de substituição se aplicável, tipos de manutenção, tudo que envolva o ciclo de vida da tecnologia a adquirir.

Ferramenta de apoio:

- Análise financeira do projeto.

iv. Detalhar o processo de implementação

Após a definição do fornecedor, resta a equipa detalhar o processo de aquisição e implementação da nova tecnologia. Vários fatores podem afetar o período de implementação até a fase de maturidade de uso da tecnologia. Por exemplo:

- Grande lacuna de conhecimento sobre a tecnologia.
- Grande lacuna entre a posição atual e a necessária para a implementação da tecnologia.
- Altos custos.
- Alta complexidade de implementação.

O importante é que a equipa tenha uma calendarização para o processo de implementação, de forma a criar um plano que auxilie na definição de entregáveis.

Ferramenta de apoio:

- gráfico de Gantt.
- Acompanhamento A3.
- Técnicas de gestão de projetos.

v. Priorização de projetos e tarefas

Devido a complexidade inerente ao processo de TD, devem ser listados e priorizados os projetos e tarefas a serem executados. Por vezes, por serem tratados mais de um objetivo, é importante que a equipa digital defina os projetos ou tarefas que têm prioridade para sua implementação. Podem ser utilizadas as mesmas ferramentas do ponto anterior.

3.5 Fase Validação

Nesta fase baseada no *Verify* do DFSS, o foco é verificar se a solução/tecnologia (ou soluções/tecnologias) implementada apresenta o desempenho requerido enquadrado no processo definido para a TD. A partir de ferramentas de monitorização e avaliação, a equipa pode atestar os resultados e validar a solução, e após, estudar a viabilidade da expansão da implementação para a organização.

i. Verificar resultados

Tem como objetivo a medição dos resultados obtidos com a nova tecnologia com o apoio de ferramentas de avaliação:

- Contraste com os KPI's utilizados anteriormente no processo foco da TD.
- CEP – Controlo estatístico de processos.
- Folha de verificação.
- Inquérito de satisfação.

ii. Validar e avaliar viabilidade de expansão

Verificados os resultados e aprovada a solução, nesta tarefa a equipa pode dar o seguinte passo de expandir a solução para as demais áreas da organização, se esta for aplicável. Caso seja uma solução para um processo ou equipamento pontual, a equipa está preparada para responder a outros objetivos da organização. Compartilha as ferramentas citadas no ponto anterior.

3.6 *Roadmap* proposto para a definição e implementação da estratégia de transformação digital

Na **Figura 27** é resumido o *roadmap* proposto para a definição e implementação da estratégia de transformação digital. Está dividido em quatro fases (1) Posicionamento da estratégia, (2) Estado atual, (3) Estado futuro e (4) Validação. Estas quatro fases são baseadas nas cinco fases do referencial DFSS e procuram atender também as nove dimensões caracterizadoras da transformação digital já apresentadas. Na primeira coluna são listados os tópicos segunda a ordem de execução. Na segunda coluna as ferramentas que auxiliam na execução dos tópicos, enquanto na terceira coluna são apresentadas as dimensões da TD que são atendidas/impactadas por cada tópico.

	TÓPICOS	FERRAMENTAS	DIMENSÃO
1 POSICIONAMENTO DA ESTRATÉGIA <i>Define</i>	Proposta de valor	Matriz-X Análise SWOT Análise PESTEL <i>Benchmarking</i> Análise dos problemas da organização	Entidade, Objetivos Impacto, Estrutura-Ecosistema
	Objetivos do projeto		
	Benefícios esperados	Análise financeira do projeto Análise de performance do projeto	Âmbito, Objetivos, Impacto
	Foco do projeto		Natureza, Objetivos, Impacto
	Requisitos do projeto	Técnicas de mapeamento de processos SIPOC, VSM, WBS, BPM, Fluxograma	Entidade, Meios, Objetivos, Impacto, Estrutura-Ecosistema
	Equipa de projeto e partes interessadas	Matriz RACI	Objetivos, Impacto, Estrutura-Ecosistema, Digital team
	Pressupostos	Análise SWOT	Entidade, Estrutura-Ecosistema
	Entregáveis		Entidade, Meios, Objetivos, Impacto
	Barreiras	Análise SWOT	Entidade, Meios, Desafios Estrutura-Ecosistema
	Calendarização do projeto	<i>Canvas model project</i> Gráfico de Gantt Matriz-x Matriz RACI Acompanhamento A3	Âmbito, Meios, Objetivos
	Riscos	Análise FMEA	Entidade, Meios, Desafios Estrutura-Ecosistema
	Avaliação dos aspectos financeiros	Análise financeira do projeto	Entidade, Âmbito, Meios, Objetivos, Impacto, Estrutura-Ecosistema, Desafios
	Definição de Indicadores de performance	KPI's SMART	Meios Objetivos
	Definição do sistema de medição	MSA - <i>Measurement System Analysis</i>	
2 ESTADO ATUAL <i>Mesure + Analyze</i>	Revisão do estado atual	Lista de verificação Monitorização dos KPI's	Entidade, Meios Objetivos, Estrutura-Ecosistema
	Alternativas conceituais	<i>Brainstorming</i> Estudo de mercado	Âmbito, Meios, Objetivos Impacto, Estrutura-Ecosistema
	Confirmar executabilidade	Matriz Esforço-Impacto Lista de verificação	Meios
	Atendimento dos CTP	Lista de verificação QFD (<i>Quality function deployment</i>) Matriz de Pugh	Meios Objetivos
	Seleção da melhor alternativa	QFD (<i>Quality function deployment</i>) Matriz de Pugh	Meios Objetivos Estrutura-Ecosistema
	Definir fornecedor	Lista de verificação - compração propostas	Meios Objetivos
	Atendimento dos CTP	QFD (<i>Quality function deployment</i>) Matriz de Pugh	
	Determinar custos de implementação	Análise financeira do projeto	Meios, Objetivos, Impacto Estrutura-Ecosistema
	Detalhar processo de implementação	Gráfico de Gantt Acompanhamento A3	Meios Objetivos
	Priorização de projetos e tarefas	Técnicas de gestão de projetos	Entidade, Meios, Objetivos Estrutura-Ecosistema, Desafio
3 ESTADO FUTURO <i>Design</i>	Verificar resultados	Monitorização de KPI's CEP - Controlo estatístico de processos	Meios Objetivos
	Validar e avaliar viabilidade de expansão	Lista de verificação Inquérito de satisfação	
4 VALIDAR <i>Verify</i>			

Figura 27 Roadmap proposto para definição e implementação da estratégia de transformação digital

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, é desenvolvido um estudo de caso com a aplicação do *roadmap* proposto. O intuito ao aplicar o procedimento proposto no *roadmap* é de verificar sua eficácia em um ambiente industrial real. A empresa alvo do estudo de caso preferiu não partilhar sua identidade, de forma que será tratada pelo nome fantasia MPZ.

4.1 A empresa

A empresa MPZ é uma empresa certificada pela ISO 9001:2015. No último ano de auditoria apesar de ter sido renovada a certificação, foram registadas algumas observações. Entre as observações apontadas destacam-se a falha nos registos das manutenções realizadas na empresa e que representa uma área primordial das suas operações. Também, dentro da gestão de outros processos da organização, o cenário atual é marcado por retrabalho devido à necessidade de reinserção de dados entre softwares de gestão. Ou seja, não há uma integração entre os *softwares* e ERP utilizados, o que gera baixa produtividade, erros de digitação e desperdício de tempo dos colaboradores e gestores de processos.

Perante estas informações e numa lógica de implementação incremental de um processo de TD, a organização pretende de melhorar os seus de processos de gestão de forma a atender as questões de conformidade e agregar maior valor ao trabalho realizado entre processos. Este estudo de caso estabelece um projeto parcial na gestão da manutenção e de outros processos, com o intuito de utilizar o *roadmap* proposto para a TD. Desta forma busca auxiliar a organização no desenvolvimento de uma ETD que traga soluções à organização aos problemas identificados. De seguida, são descritos os vários componentes correspondentes às quatro fases da aplicação do *roadmap* proposto.

4.2 Fase Posicionamento da estratégia

i. Justificação do projeto – Proposta de valor

A justificação para este projeto é ter soluções que tornem os processos de gestão mais produtivos e integrados de forma a aliviar a carga de retrabalho dos colaboradores e gestores de processos na gestão de dados. Ao criar compartilhamento de informação entre *softwares* e o ERP, procura-se aumentar a comunicação entre departamentos e a produtividade da

gestão da organização, assim como o garantir a conformidade com a norma certificadora ISO 9001:2015.

Proposta de valor dividida em dois objetivos estratégicos:

OBJETIVO 1 - Garantir 100% de conformidade do plano de manutenção na auditoria de recertificação da ISO 9001:2015 dentro de três anos;

OBJETIVO 2 - Garantir uma integração de pelo menos 50% dos vários sistemas informáticos dentro cinco anos, garantindo o compartilhamento de dados entre *softwares*.

ii. Objetivos do projeto

Na matriz-x apresentada na **Figura 28**, os objetivos estratégicos da organização são desdobrados em objetivos anuais, e em seguida em ações tangíveis a implementar. Também são definidos os respectivos responsáveis relacionados com a execução.

●		Priorizar e implementar integração.		○						○	●
●		Analisar a necessidade da integração entre cada sistema informático.		○						○	●
●	○	Realizar levantamento dos sistemas informáticos e estudar sua viabilidade de integração.		●		●				○	●
	●	Dar formação aos colaboradores para garantir o correto preenchimento dos registos de manutenção.	●				*		●		
●	●	Buscar solução simplificada aos <i>check lists</i> em papel utilizados na de gestão da manutenção.	○	●		○	x		●		○
Garantir a integração/comunicação entre pelo menos 10% dos sistemas informáticos. Garantir 100% do preenchimento dos registos de atividades de manutenção.		Ações			Objetivos anuais		Objetivos estratégicos Melhoria		KPI's Métricas		
		Iniciativas a implementar									
		Taxa de registos realizados (%) (Nº registos/Nº manutenções realizadas)									
		Taxa de sistemas integrados (%) (Nº sistemas integrados/Nº total de sistemas)									
							Responsável				
							Departamento de informática				
							Departamento de produção				
							Departamento de qualidade				
							Departamento de manutenção				
							Direção de operações				
							Equipa Digital Team				
○	●	Garantir 100% de conformidade do plano de manutenção na auditoria de recertificação da ISO 9001:2015 dentro de 3 anos.	●	○							
●	○	Garantir a integração de pelo menos 50% dos sistemas informáticos em 5 anos garantindo o compartilhamento de dados entre <i>softwares</i> .		●							
Legenda		●	Correlação primária		x	Correlação terciária					
		○	Correlação secundária		*	Correlação baixa					

Figura 28 Matriz X - Objetivos do projeto

iii. Benefícios esperados

Os resultados esperados com a prossecução dos objetivos estratégicos propostos visam:

Resultados de desempenho:

- Reduzir retrabalho.
- Reduzir o erro humano.
- Garantir a conformidade.
- Aumentar a fiabilidade das informações.
- Fomentar a inovação nos processos de gestão.
- Aumentar o fluxo de dados com a partilha entre departamentos e processos.

Resultados financeiros:

No caso de integração de sistemas informáticos é complexo determinar qual o ganho financeiro envolvido (Barann et al. 2019), no entanto, é certo que as melhorias de desempenho irão refletir em indicadores financeiros a partir da redução do tempo do pessoal dedicado à gestão manual dos processos e reinserção de dados.

iv. Foco do projeto

Neste estudo de caso, a organização apresentou dois objetivos estratégicos. Deve ser desenvolvido um *roadmap* para cada objetivo, respeitando a matriz-x, pois há casos em que as ações a realizar podem estar interrelacionadas com mais de um objetivo.

OBJETIVO 1 - determinar quais as soluções que a TD pode originar para garantir o cumprimento deste objetivo estratégico. É possível determinar a dimensão natureza da transformação digital, sendo neste caso caracterizado pela melhoria da eficiência do processo de manutenção.

OBJETIVO 2 – determinar qual a forma de integração entre tecnologias, garantindo o compartilhamento de dados entre *softwares*. As características do objetivo são de aproveitar as soluções da TD para uma melhoria dos processos. Ou seja, a natureza da transformação é a melhoria da eficiência dos processos.

Algo importante de notar neste ponto é que, a vertente ou natureza da transformação é determinada pelos objetivos que a organização busca, o resultado esperado e seu impacto nos objetivos são a chave para definir a vertente da transformação.

v. Requisitos do projeto

OBJETIVO 1

Os requisitos do objetivo 1 podem ser determinados realizando um mapeamento do processo de manutenção. A **Tabela 18** apresenta este mapeamento realizado com o auxílio da ferramenta SIPOC, de forma a determinar os fatores críticos para o processo (CTP). Estes fatores são os requisitos que devem ser atendidos pela solução a determinar.

Tabela 18 SIPOC - objetivo 1

Processo em análise: Gestão da manutenção			Âmbito: Registos de manutenção	
S	I	P	O	C
Fornecedores	Entradas	Processos	Saídas	Clientes
Quem fornece as entradas do processo?	Quais as entradas necessárias?	Quais são os principais passos do processo?	Quais são as saídas do processo?	Quem recebe as saídas do processo?
Colaboradores de outros processos.	Pedidos de manutenção corretiva por: Telefone, email, teams, pessoalmente.	.Receção o pedido pelo gestor da manutenção; .registo do pedido em um documento em excel; .informar o pedido para os técnicos de manutenção; .execução da manutenção; .registo do término na manutenção/pedido no documento em excel.	.execução da manutenção; .término do pedido no documento em excel.	.o processo/ colaborador que solicitou o pedido de manutenção. .a gestão a manutenção.
Planos de manutenção	Tarefas a serem executadas de acordo com o plano de manutenções preventivas.	.O técnico de manutenção deve executar as tarefas descritas em um plano de manutenção preventiva; .o colaborador da produção que executa o plano de manutenções dedicado aos operadores dos equipamentos. .execução da tarefa; .registo da execução da tarefas na lista de verificação em papel.	.execução da manutenção; .registo do da execução em uma lista de verificação em papel.	Gestão da manutenção.

Portanto, a solução digital deve atender aos seguintes pontos críticos para o processo:

- Permitir a registo de pedidos de manutenção corretiva ou de melhoria.
- Permitir o registo de um plano de manutenções preventivas sistemáticas.
- Permitir o acesso por parte dos técnicos de manutenção e dos colaboradores da produção às tarefas a serem executadas.
- Permitir a cada utilizador aceder somente ao que lhe é de responsabilidade de execução.
- Permitir o registo de execução da tarefa e a finalização do pedido de manutenção, seja ele, corretivo, melhoria ou preventivo.

- Sendo o plano de manutenção uma tarefa que se repete periodicamente, a solução deve ser capaz de repetir as tarefas automaticamente sem que seja necessário um novo registo das tarefas a executar periodicamente.

OBJETIVO 2

Tabela 19 SIPOC - objetivo 2

Processo em análise: Softwares de processos de gestão				Âmbito: Fluxo de dados	
Software	S Fornecedores	I Entradas	P Processos	O Saídas	C Clientes
Tipo de software em análise	Quem fornece as entradas no software?	Quais as entradas necessárias?	Quais são as atribuições do software dentro dos processos e da empresa?	Quais são as saídas do software?	Quem recebe as saídas?
ERP	Todos os processos de gestão.	.Fluxo de materiais; .Fluxo financeiro .Fluxo de equipamentos; entre outros.	Sistema central de gestão da empresa onde são reunidas todas as informações que afetam a gestão financeira do negócio, é afetado e afeta toda a empresa.	Realiza o cruzamento entre dos fluxos de dados das entradas.	Todos os processos de gestão, e alta gestão da empresa.
MES	Responsáveis pelo planeamento da produção.	Informa a produção o que deverá ser produzido a nível operacional.	.Controlo das ordens de produção; .registo de peças produzidas e materiais utilizados/necessários.	.Informa: .tempos de produção, nº de peças produzidas, quantidade de material utilizado.	.Responsáveis pela produção; .Armazém de matérias-primas; .Armazém de produtos intermediários .Armazém de produtos acabados.
CRM	Processo comercial da empresa.	.Orçamentos de clientes; .suporte ao cliente.	Registo dos pedidos de orçamento e compras dos clientes à empresa, e gestão da carteira de clientes.	.Pedidos de encomendas de produtos para produção.	.Departamento de produção; .responsáveis pelo planeamento da produção.
Work flow de aprovação de compras	Todos os processos e colaboradores da empresa.	Pedidos de aprovação interna de compra de materiais.	.Realizado o pedido interno; .sujeito a aprovação pelo diretor do processo.	Envio do pedido interno aprovado para o Dep. de compras para efetuar a encomenda.	Departamento de compras.
Gestão de recursos humanos	Todos os colaboradores.	Registo de entrada e saída dos colaboradores.	.Registo de entrada e saída; .Análise mensal para pagamento de salários e direitos.	Informação sobre direitos a serem pagos aos colaboradores.	.Financeiro; .Recursos humanos.

Nota. ERP: *Enterprise Resource Planning*, MES: *Manufacturing Execution System*, CRM: *Customer Relationship Management*.

Para determinar os requisitos do OBJETIVO 2, também foi utilizado o SIPOC para o mapeamento dos processos. Neste caso, o mapeamento é utilizado para fazer o levantamento dos *softwares* existentes na empresa e sua relação nos processos. A **Tabela 19** apresenta os principais *softwares* utilizados atualmente. A partir desta tabela será possível analisar quais os *softwares* podem ter uma relação entre si de forma a partilharem dados e assim reduzir o retrabalho realizado pelos gestores de processos.

A partir das informações recolhidas no mapeamento realizado no SIPOC, foi criada a **Tabela 20**.

Tabela 20 Níveis de utilização dos softwares

Nível	Processo	ERP	MES	CRM	Work flow de aprovação de compras	Gestão de Recursos humanos
Estratégico	Todos os processos	●		●	○	
	Qualidade, Ambiente e Segurança	○			○	
	Comercial	○		●	○	
	Desenvolvimento de produto	●			○	
	Produção	●	●		○	
	Compras, logística	●		●	●	
	Equipamentos e Infraestruturas	○			○	
	Recursos Humanos		○		○	●
	Financeiro	●	○			●
Tático	Qualidade, Ambiente e Segurança				○	
	Comercial	○		●	○	
	Desenvolvimento de produto	●			○	
	Produção		●		○	
	Compras, logística	●		●	●	
	Equipamentos e Infraestruturas		○		○	
	Recursos Humanos					●
	Financeiro	●		●		●
Operacional	Qualidade, Ambiente e Segurança				○	
	Comercial	○		●	○	
	Desenvolvimento de produto	●			○	
	Produção		●		○	
	Compras, logística	●		●	●	
	Equipamentos e Infraestruturas		○		○	
	Recursos Humanos					●
	Financeiro	●		●		●

Legenda: ● Impacto direto no processo
○ Impacto indireto no processo

Nesta tabela é possível verificar a que nível da organização cada *software* é utilizado e o seu grau de impacto nos processos. Segundo o grau de impacto no processo, este é o ponto crítico onde, caso os *softwares* estiverem integrados, irão acrescentar valor com o compartilhamento de dados entre si. Durante a recolha das informações, foi possível determinar que nenhum dos *softwares* apresentados partilham atualmente dados entre si.

vi. Definição da equipa de projeto e partes interessadas

a. Definir a equipa de projeto – Equipa digital

A equipa responsável pelos projetos é definida segundo o objetivo a atender, neste caso com o apoio da matriz-x da **Figura 28**, é possível definir a necessidade dos seguintes participantes e sua responsabilidade no projeto:

- diretor de produção para aprovação das soluções.
- gestor do departamento de manutenção, responsável do projeto devido ao seu conhecimento do processo.
- departamento de TI, devido ao seu conhecimento em tecnologias da informação.

Foi decidido manter a mesma equipa digital para os dois objetivos, dado que os objetivos apresentam necessidades de conhecimentos parecidos.

b. Levantamento das partes interessadas

Como outras partes interessadas, foram consultadas:

- Colaboradores, em específico os técnicos de manutenção e chefes de produção.
- Técnico de tecnologias de informação da empresa.
- Empresas externas «a serem definidas» que apresentaram soluções digitais.

vii. Pressupostos

- Nenhuma alteração deve comprometer o funcionamento das operações da empresa.
- Todas as decisões devem passar pela aprovação da diretoria da empresa.
- O objetivo 1 tem prioridade de execução entre as ações a serem realizadas.

viii. Entregáveis

OBJETIVO 1

- Definir uma solução a partir de tecnologias digitais para atender o objetivo.
- Plano de implementação da tecnologia para análise de viabilidade.

OBJETIVO 2

- Lista de todos os softwares utilizados na organização.
- Definir o grau de interação atual entre os *softwares*.

- Definir quais os *softwares* devem passar pelo processo de integração para atingir o objetivo pretendido.

ix. Barreiras

É importante que a equipa digital tenha em mente que vão existir vários fatores que podem dificultar a TD na sua organização, a **Tabela 14** é um objeto de consulta para auxiliar na identificação destes fatores dentro da organização.

OBJETIVO 1

Baseado na **Tabela 14**, a implementação de uma nova ferramenta tecnológica como encontrar desafios em:

- Falta de habilidades tecnológicas necessárias para trabalhar com a nova tecnologia que pode estar presente tanto na liderança, quanto nas capacidade e habilidades das pessoas.
- Resistência à implementação da nova tecnologia.

OBJETIVO 2

A integração de tecnologias impacta vários processos da organização, e podem esbarrar com os seguintes desafios a superar:

- Diversidade de tecnologias digitais para integração.
- Falta maturidade digital da organização.
- Cultura organizacional e resistência à mudança.
- Despesas financeiras substanciais.
- Falta de capacidades do departamento de tecnologias da informação na condução e uso de uma organização digital integrada.
- Falta de capacidades e habilidades das pessoas.

Diante destes desafios, é importante que após a decisão de mudança, cada um destes fatores sejam atendidos, sendo crucial que a organização que queira implementar uma TD crie um ambiente seguro e propício à mudança de forma a mitigar estes obstáculos (Barann et al. 2019).

x. Calendarização do projeto

OBJETIVO 1 e 2

Para a organização do projeto, não houve uma calendarização de reuniões de acompanhamento, sendo os contatos entre a equipa digital realizados na sua maioria online conforme a possibilidade de presença de cada integrante. No entanto, foi definida uma data para apresentação das soluções do OBJETIVO 1 para dezembro de 2023, por se tratar de uma questão mais urgente. Os dois objetivos foram tratados em paralelo nestes encontros.

xi. Riscos

Baseado nas barreiras citadas, apresentam-se dois principais desafios que podem vir a tornar-se riscos que levam a falha da implementação da TD para a organização:

- Resistência à mudança.
- Despesas financeiras que podem ser elevadas neste processo.

Considerando as barreiras e riscos associados aos objetivos propostos, foi realizada a análise FMEA apresentada na **Tabela 21**, com o intuito de definir ações que eliminem ou minimizem os riscos associados ao projeto. É possível verificar que se executadas as ações recomendadas, é possível baixar o risco global de 1825 pontos para 276 pontos, representando uma redução total do risco em 84,88%.

xii. Avaliação dos aspetos financeiros

A avaliação dos aspetos financeiros não foi realizada para nenhum dos objetivos no início do projeto, isto porque a empresa assentiu adotar orçamento para a solução tecnológica face aos objetivos definidos, aguardando a definição da tecnologia para aferir o esforço financeiro e sua validação.

Tabela 21 Análise de riscos - FMEA

Barreiras, desafios ou restrições	Modo potencial de falha	Efeito potencial da falha	A) SEVERIDADE	Causa potencial / Mecanismo de falha	B) PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	Controle de detecção do processo atual	C) PROBABILIDADE DE DETEÇÃO	RISK PRIORITY NUMBER RPN	Ações recomendadas	Responsabilidade	Previsão dos resultados das ações			
			Pontuar 1-10 10=Mais severo		Pontuar 1-10 10=Mais alta probabilidade		Pontuar 1-10 10=Mais baixa probabilidade				Sev	Occ	Det	RPN
Falta de habilidades tecnológicas	Dificuldades de utilização.	Falha na utilização.	8	Falta de conhecimento da tecnologia.	6	inexistente	10	480	Formação adequada de utilização.	Responsável do processo.	10	1	10	100
Resistência a nova tecnologia	Baixa aderência na utilização.	Resultados medíocres com a utilização.	7	Medo do desconhecido.	5	inexistente	7	245	Formação quanto a conscientização sobre a tecnologia.	Responsável pela transformação digital da empresa.	8	1	7	56
Variedade de tecnologias a integrar	Dificuldades em organizar o processo de TD.	Falha no processo de integração.	10	Falta de conhecimento do processo de TD.	10	inexistente	5	500	Priorização das tecnologias e processos a integrar.	Responsável pela transformação digital da empresa.	10	1	5	50
Maturidade digital da organização	Incapacidade da organização em absorver as mudanças.	Falha na TD, resistência a mudança.	10	Falta de conhecimento sobre tecnologias digitais.	4	inexistente	2	80	Formação e conscientização sobre o processo de TD.	Responsável pela transformação digital da empresa.	10	1	2	20
Cultura organizacional e resistência à mudança	idem	idem	10	idem	4	inexistente	2	80	idem	idem	10	1	2	20
Despesas financeiras substanciais	Falta de orçamento para finalizar as ações.	Dificuldades financeiras para sustentar a TD.	10	Falta de priorização das ações a tomar e custos associados.	8	inexistente	5	400	Priorizar as ações/projetos e implementar de forma incremental.	Responsável pela transformação digital da empresa.	10	2	1	20
Falta de capacidades dep. TI em lidar com o novo ambiente de tecnologias integradas.	Falha no atendimento dos processos em caso de avarias.	Falha dentro dos processos, fluxo de dados inconsistente, dificuldades de utilização generalizado.	10	Falta de conhecimento técnico.	4	inexistente	1	40	Apoio em formação junto as empresas prestadoras de serviços SAAS, e outros softwares contratados.	Departamento de tecnologias da informação.	10	1	1	10
RPN GLOBAL								1825	276					

4.3 Fase Estado atual

i. Definição dos indicadores de desempenho e sistema de medição

OBJETIVO 1

A **Tabela 22** apresenta segundo o MSA «*Measurement System Analysis*» os indicadores utilizados para a medição de desempenho deste objetivo.

Taxa de registos realizados: a meta de desempenho definida é de 100% de registos realizados, sendo que, para cada ordem de trabalho realizada, deve haver um registo de finalização da ordem de trabalho. O período é variável, devendo alcançar sempre o 100% de registos.

Tabela 22 Definição do sistema de medição taxa de registos

KPI	Variáveis que fazem parte do KPI	Definição operacional	Fonte de dados	Limitação dos dados	Plano de ações do MAS
Taxa de registos realizados (Nºreg/Nºman)*100 (%)	Registos de manutenção (Nºreg)	Número de registos realizados num período.	Lista de verificação ou outro meio de registo.	.Falha no preenchimento dos registos. .Lista de verificação manual complexa.	.Desenvolver uma solução digital mais simples para o registo das manutenções realizadas.
	Manutenções realizadas (Nºman)	Número de manutenções realizadas num período.	Documento em excel de acompanhamento das manutenções realizadas, ou outro meio de registo.	.Falta de registo de pedido de ordens de trabalho no documento em excel.	.Desenvolver uma solução digital mais simples para os pedidos das manutenções a serem realizadas.

OBJETIVO 2

Taxa de *softwares* integrados: a meta de desempenho definida é pelo menos 10% a cada ano até atingir os 50% em cinco anos.

Tabela 23 Definição do sistema de medição da taxa de *softwares* integrados

KPI	Variáveis que fazem parte do KPI	Definição operacional	Fonte de dados	Limitação dos dados	Plano de ações do MAS
Taxa de <i>softwares</i> integrados	<i>Softwares</i> integrados (NºSI)	Número de <i>softwares</i> integrados.	Lista de verificação do projeto.	.Não identificada	-
(NºSI/NºST)*100 (%)	<i>Softwares</i> total (NºST)	Número de <i>softwares</i> total.	Lista de verificação do projeto.	.Não identificada	-

ii. Revisão do estado atual

OBJETIVO 1

Para realizar o cálculo dos registos de manutenção, existem três classes a serem consideradas conforme apresentado na **Tabela 24**. No entanto, não foi possível conhecer o valor total das manutenções corretivas, pois, por não haver um sistema de gestão, há manutenções realizadas sem planeamento não registadas. Também não foi possível determinar o cálculo das manutenções preventivas autónomas, devido ao complexo sistema de listas de verificação de preenchimento manual. Portanto, o valor deste KPI ficou como não definido (N/D), mas sabemos que é menor que 100%. Este foi justamente o problema de não conformidade encontrado na auditoria realizada pela empresa certificadora do sistema de gestão integrado da qualidade ISO 9001:2015.

Tabela 24 Revisão do estado atual – objetivo 1

Tipo de manutenção	Definição	Realizado por:	cálculo	KPI
Corretiva ou melhoria	Correção de avarias ou fabricação de serralharia.	Técnicos do departamento de manutenção	271/ND*100	ND
Preventiva externa	Manutenções de equipamentos específicos.	Técnicos de empresas prestadoras de serviço.	123/123*100	100%
Preventiva autónoma	Operações de rotina como limpezas, reapertos, lubrificações.	Colaboradores da produção	(N°reg/N°man)*100	ND

Nota. N/D: Não Definido.

OBJETIVO 2

Segundo o levantamento realizado e apresentado nos requisitos do projeto, há atualmente cinco *softwares* dedicados a gestão destes processos, e nenhum possui integração entre si, resultando em 0% de integração como apresentado na **Tabela 25**.

Tabela 25 Revisão do estado atual – objetivo 2

Tipo de software	Definição	Nível de integração	Cálculo	KPI
		Sim=1 Não=0		
ERP	Enterprise resource planning	0	0/5*100	0%
MES	Manufacturing execution system	0	0/5*100	0%
CRM	Customer relationship management	0	0/5*100	0%
Work flow de aprovação de compras	Gestão de compras	0	0/5*100	0%
Gestão de recursos humanos	Gestão de recursos humanos	0	0/5*100	0%
KPI GERAL		0	0/5*100	0%

iii. Apresentar alternativas conceituais de solução

Nesta fase, a equipa de projeto deverá identificar os meios digitais capazes de atender ao objetivo e aos requisitos do projeto. Foram listadas na reunião as possíveis soluções para cada objetivo.

OBJETIVO 1

Lista de soluções apresentadas na **Tabela 26** a partir do *brainstorming* executado:

Tabela 26 Lista de alternativas objetivo 1

Nº do conceito	Alternativa	Exequível?
1	Criar uma aplicação baseada no <i>Microsoft app</i> para a gestão da manutenção.	Sim
2	Utilizar o módulo manutenção do MES para a gestão da manutenção.	Sim
3	Adquirir um <i>software</i> próprio para a gestão da manutenção.	Sim

Nota. App: *Application*.

OBJETIVO 2

Seguindo o conceito de integração da pirâmide de automação do referencial de integração ISA-95, verificou-se que os *softwares* de gestão de processos utilizados estão no nível 3 do referencial e podem ser integrados no sentido horizontal ao mesmo nível, se verificado que podem trocar informações importantes, ou podem integrar no sentido vertical com o ERP e CRM que estão no nível 4 da pirâmide de automação.

Tabela 27 Enquadramento dos elementos para integração

Nível	Elementos	Nível da corporativo
5	Rede corporativa	Nível estratégico - Integração corporativa.
4	• ERP • CRM	Nível estratégico e tático - gestão do negócio e logística.
3	• MES • <i>Workflow</i> de aprovação de compras • Gestão de recursos humanos	Nível tático - gestão e controlo de processos produtivos, compras, gestão de pessoas, financeiro.

iv. Confirmar se é exequível

OBJETIVO 1

Conforme apresentado na **Tabela 26**, todas as alternativas são possíveis de executar.

OBJETIVO 2

Por imperativos de tempo, o projeto deste objetivo não seguiu mais adiante até o momento do desenvolvimento deste estudo de caso, portanto, não foi possível verificar a possibilidade e execução. No entanto, é importante afirmar que deve ser verificado para cada *software* a respectiva capacidade de integração. O passo seguinte é consultar as empresas fornecedoras de cada solução para verificar a possibilidade de integração, ou seja, verificar a interoperabilidade geral de cada *software*.

v. Verificar se atende aos pontos críticos para o processo

OBJETIVO 1

Das alternativas consideradas exequíveis, a **Tabela 28**, apresenta o resultado da análise de cada alternativa segundo o cumprimento dos pontos críticos para o processo para cada conceito.

vi. Selecionar a melhor alternativa

OBJETIVO 1

Através da **Tabela 28**, é possível verificar a classificação de cada alternativa. Pelo método da matriz de Pugh. Cada conceito é pontuado segundo sua capacidade de atender ao requisito, que multiplicado pela importância do requisito, resulta em uma pontuação ponderada. A pontuação global do conceito é apresentada na coluna correspondente pela soma de todos os resultados ponderados do conceito. Assim, a alternativa com melhor pontuação foi o conceito 3, que determina a aquisição de um *software* de gestão da manutenção.

Tabela 28 Classificação do melhor conceito segundo a Matriz de Pugh

Nº do requisito	Requisitos críticos para o processo	Grau de importância do requisito	Conceito 1		Conceito 2		Conceito 3	
			Qualificação	Pontuação ponderada	Qualificação	Pontuação ponderada	Qualificação	Pontuação ponderada
1	Permitir a registo de pedidos de manutenção corretiva ou de melhoria.	5	5	25	5	25	5	25
2	Permitir o registo de um plano de manutenções preventivas.	5	1	5	1	5	5	25
3	Permitir o acesso por parte dos técnicos de manutenção e dos colaboradores da produção às tarefas a serem executadas.	5	1	5	1	5	5	25
4	Permitir cada usuário aceder somente ao que lhe é de responsabilidade.	5	3	15	1	5	5	25
5	Permitir o registo de execução da tarefa e a finalização do pedido de manutenção, seja ele, corretivo, melhoria ou preventivo.	5	3	15	1	5	5	25
6	Sendo o plano de manutenção uma tarefa que se repete periodicamente, a solução deve ser capaz de repetir as tarefas automaticamente sem que seja necessário um novo registo das tarefas.	5	1	5	3	15	5	25
Pontuação Global do conceito			70		60		150	

Legenda

Qualificação segundo ao quanto atende os requisitos	Pontos
Nada	1
Pouco	2
Médio	3
Muito	4
Excelente	5

4.4 Fase Estado Futuro

i. Definir o fornecedor da tecnologia escolhida

OBJETIVO 1

Definida a alternativa de adquirir um *software* de gestão da manutenção ou CMMS «*Computerized Maintenance Management System*», a equipa deve definir um fornecedor. Esta parte não se diferencia de outras aquisições que normalmente a empresa realiza.

A partir de pesquisas online, consultas a colegas de profissão e outros profissionais na área, foram identificadas as seguintes alternativas de *softwares* comerciais:

- Dimo Maint.
- ManWinWin.
- Infraspak.

- Glose EAM.

ii. Verificar o atendimento dos requisitos críticos para o processo

OBJETIVO 1

Para análise das alternativas dos CMMS identificados no mercado, foi desenvolvida a **Tabela 29** para comparação das suas funcionalidades presentes. Na coluna requisitos são especificados onde cada requisito é atendido. Durante o desenvolvimento dos fornecedores, a equipa digital verificou a necessidade de definir outros dois requisitos importantes.

Requisito 7 - a solução deve permitir o acesso de todos os utilizadores através de computadores *desktop*, pois já existem estes aparelhos distribuídos pela fábrica;

Requisito 8 – a solução deve permitir a integração com o ERP da organização, o que vai de encontro ao objetivo estratégico 2 definido pela organização.

Tabela 29 Comparação das alternativas de softwares de gestão da manutenção - CMMS.

Requisito	Características	Dimo Maint	ManWinWin	Infraspeak	Glose
	Localização	Cloud	Cloud	Cloud	Cloud
	Tempo mínimo de contrato	36 meses	12meses	24 meses	-- meses
4, 7	Acesso <i>backoffice</i> Gestor - Desktop	x	x	x	x
3, 4, 5, 7	Acesso técnicos - Desktop	x	x	x	
3,4,5	Acesso técnicos - APP	x	x	x	x
3, 4, 5, 7	Acesso Requerentes - Desktop	x	x	x	
3,4,5	Acesso Requerentes - APP	x	x	x	x
8*	Integração com ERP atualizado	x*	x*		
	Cadastro de equipamentos	x	x	x	x
2,6	Gestão de Manutenções preventivas sistemáticas	x	x	x	x
1	Gestão de Manutenções não sistemáticas	x	x	x	x
	Gestão de ordens de trabalho	x	x	x	x
1	Pedidos de intervenção	x	x	x	x
	Subcontratação de serviços	x	x	x	
	Planeamento da manutenção	x	x	x	x
3,4,5	Acessos - Supervisores, técnicos, requerentes	x	x	x	x
	Análises - Filtros - Relatórios	x	x	x	x
	Parâmetros	x	x	x	x
	Gama operatória	x			
	Análise KPI's - <i>dashboard</i>	x	x	x	x
	Gestão de Custos		x	x	
	Smart Tag - QR code e/ou NFC	x	x		x
	Suporte e Assistência técnica (S&AT)	x	x	x	x
	Compras - encomendas			x	x
	Gestão de contratos				
	Gestão de Orçamentos			x	x
	Stock de peças	x		x	x

Como conclusão da análise, nenhuma das alternativas são capazes de atender ao requisito 8 que exige a possibilidade de integração com o ERP atual da organização. No entanto, foi identificado que a versão atual deste ERP é muito antiga e já possui atualizações. Depois de consultada a administração, foi definido considerar as alternativas que fossem capazes de integrar com a versão atualizada do ERP em questão, o que é representado como 8* na **Tabela 29**. Desta forma, foram excluídas definitivamente as alternativas Infraspark e Glose, ficando como possíveis soluções as alternativas Dimo Maint e Manwinwin.

iii. Determinar os custos de implementação

Nesta fase a equipa deve determinar os custos associados ao projeto de implementação desde a aquisição da tecnologia, como seus custos de implementação, formação de colaboradores, peças de substituição se aplicável, tipos de manutenção, tudo que envolva o ciclo de vida da tecnologia a adquirir.

OBJETIVO 1

Neste caso, o custo da implementação das soluções varia principalmente de acordo com o número de utilizadores que foi determinado pelas necessidades do processo, formação dos gestores do processo de manutenção para implementação do CMMS, e considerando a APP que é fornecida para integração entre o CMMS e o ERP. Deste forma foram apresentadas as propostas contidas na **Tabela 30**. Contudo, o processo de integração não se limita a aplicação fornecida, no momento da integração entre *softwares*, deve ser contratado um serviço específico que deve contar com as equipas dos dois *softwares* que venham a ser integrados.

Tabela 30 *Análise dos custos de aquisição e implementação*

Custo	Dimo Maint - Express		ManWinWin - Prof 1		ManWinWin - Prof 3	
Custo Anual	Integrado	€ 6 540,00	Não Integrado	€ 3 936,00	Integrado	€ 4 800,00
Serviço						
implementação	Apoio/formação		Apoio/formação		Apoio/formação 2	
on-line	inicial - 21h	€ 5 260,00	inicial - 16h	€ 2 135,00	- 10h	€ 1 700,00
Custo total de						
Arranque - 1º ano		€ 11 800,00		€ 6 071,00		€ 6 500,00
Custo total 2º ano		€ 6 540,00		€ 3 936,00		€ 4 800,00

vi. Detalhar o processo de implementação

OBJETIVO 1

Após a definição da alternativa final, a própria empresa fornecedora da solução apresentou um plano detalhado para a implementação da tecnologia, apresentado no **Anexo 9**. O departamento de manutenção definiu a calendarização para realizar a transição do plano de manutenção preventiva atual para o CMMS após o processo de implementação da tecnologia, assim como as formações necessárias para os devidos utilizadores, apresentado na **Tabela 31**.

Tabela 31 Calendarização da implementação do CMMS e do plano de manutenção

Tarefa	Responsável	Jan 24	Fev 24	Mar 24	abr 24	Mai 24	jun 24	Jul 24
Formações de implementação pela Navaltik.	Gestores	X	X	X	X			
Inserir o plano de manutenções preventivas (MP) no ManWinWin.	Gestor Manutenção			X	X	X	X	
Definir colaboradores responsáveis pela gestão do plano por áreas.	Gestor Manutenção		X					
Formação dos colaboradores para gerir as Ordens de Trabalho (OT).	Gestor Manutenção		X	X	X	X	X	
Início da utilização do ManWinWin em MP.	Colaboradores responsáveis			X	X	X	X	
Formação para realizar pedidos de manutenção corretiva e melhorias.	Gestor Manutenção			X				
Início da utilização de pedidos de manutenção.	Colaboradores responsáveis							X

v. Priorização de projetos e tarefas

Após a avaliação dos projetos e tarefas tratados até o momento, foi definida a priorização dos projetos e tarefas segundo a **Tabela 32** que se refletem na calendarização de implementação das soluções e tarefas a realizar.

Tabela 32 Priorização de projetos e tarefas

Prioridade	Projeto	Tarefa
1	OBJETIVO 1	Formações de implementação pela Navaltik.
2		Inserir o plano de manutenções preventivas (MP) no ManWinWin.
3		Definir colaboradores responsáveis pela gestão do plano por áreas.
4	Aquisição e implementação do CMMS.	Formação dos colaboradores em gerir as Ordens de Trabalho (OT).
5		Início da utilização do ManWinWin em MP.
6		Formação em realizar pedidos de manutenção corretiva e melhorias.
7		Início da utilização de pedidos de manutenção.
OBJETIVO 2		
8	Upgrade do ERP	Atualização do ERP para a versão mais avançada MD 365 BC.
9	Integração do CMMS	Integração vertical do CMMS com o ERP.
10	Integração do MES	Verificar se é exequível a integração entre o MES atual e o novo ERP.
11		Realizar a integração se exequível, caso contrário estudar solução (iniciar um novo projeto).

4.5 Fase Validar

i. Verificar resultados

OBJETIVO 1

Para validar os resultados da implementação da solução escolhida para o objetivo 1, apresentados na **Tabela 33**, foram utilizados os KPI's definidos através do MSA na fase *Measure*. Foi considerando o período entre 01/04/24 e 31/07/24 referente ao início do uso do plano de manutenções preventivas no CMMS até o momento, segundo o **Anexo 10**.

Tabela 33 Verificação dos resultados do objetivo 1

Tipo de manutenção	Definição	Realizado por:	cálculo	KPI
Corretiva	Correção de avarias.	Técnicos do departamento de manutenção.	$(38/38)*100$	100%
Melhoria	Fabricação em serralharia.	Técnicos do departamento de manutenção.	$(21/21)*100$	100%
Preventiva externa	Manutenções de equipamentos específicos.	Técnicos de empresas prestadoras de serviço.	$(64/64)*100$	100%
Preventiva autónoma	Operações de rotina como limpezas, reapertos, lubrificações.	Colaboradores da produção.	$(1527/1527)*100$	100%

ii. Validar e avaliar viabilidade de expansão

OBJETIVO 1

Após verificação da monitorização dos KPI's apresentados na **Tabela 33**, é possível confirmar que o CMMS implementado é capaz de atender ao objetivo principal de gestão das ordens de manutenção aplicadas na empresa.

Durante a implementação, após toda a fase de parametrização do CMMS, que contou com a inserção de dados relativos a empresa, como equipamentos produtivos, áreas de produção e apoio, lista de colaboradores entre outros dados, inicialmente foi utilizada como área piloto a secção de corte. Após verificar-se durante um período de três semanas que o mesmo respondia aos pontos críticos do processo, a implementação tem sido expandida para as restantes áreas da empresa.

CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões relativas a esta dissertação. Apesar de já terem sido apresentadas algumas conclusões durante o desenvolvimento e análises realizadas, são apresentadas aqui de forma sintética. Em primeiro lugar são apresentadas as conclusões sobre os objetivos gerais propostos, em seguida sobre o *roadmap* proposto e do estudo de caso, e rematando com as limitações encontradas para o seu desenvolvimento. Por fim, são apresentadas as conclusões gerais sobre as contribuições deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

Conclusões sobre os objetivos propostos e contribuições da dissertação

Em relação ao Objetivo geral 1 – identificar quais dos modelos atuais que podem ser consultados na ótica do desenvolvimento da estratégia de transformação digital e sua posterior implementação – fica demonstrado que existem vários modelos na literatura que procuram contribuir para a definição da estratégia e, em alguns casos, os passos a seguir para a implementação das ações visando alcançar a TD. Os documentos de (Gong e Ribiere 2021) juntamente com (Zhu et al. 2021) apresentam um material de grande relevância no que diz respeito a conceptualização das dimensões, características e níveis de implementação da transformação digital, sendo a sua leitura o primeiro passo para o entendimento do fenómeno. Estes documentos podem auxiliar as organizações com uma visão holística sobre a transformação digital e as suas necessidades, no entanto, não são modelos para a definição da estratégia de transformação digital. De todos os modelos analisados, os apresentados por (Aghakhani et al. 2024), (Kääriäinen et al. 2020), (Barann et al. 2019) e (Parviainen et al. 2017), são aqueles que melhor apresentam um procedimento para a definição da estratégia de transformação digital, principalmente na fase de avaliação do estado atual da organização, apresentando passos e algumas ferramentas que auxiliam na tomada da decisão. É de importância citar o baixo número de artigos que apresentam modelos para o desenvolvimento da estratégia de transformação digital, o que demonstra que o tema tem sido pouco explorado até o momento, sendo a maioria das publicações direcionadas para a definição da maturidade digital das organizações, que até o momento não reúnem consenso.

Em relação ao Objetivo geral 2 – identificar quais dos modelos atuais que podem ser consultados na ótica da integração de tecnologias voltados para a digitalização de processos na indústria de manufatura - a investigação no campo da integração de sistemas ciberfísicos foi a que melhor se adequou ao objetivo. O resultado da investigação apresentou os

referenciais que sustentam a integração destes sistemas ciberfísicos e que buscam tirar partido da conectividade entre as diferentes tecnologias baseados no princípio da interoperabilidade «capacidade de interconectar-se, 'conversar entre si'». Estes referenciais são tecnicamente robustos, padronizados através de normas internacionais, e tem estado em constante revisão. No entanto, dependem de profissionais especialistas na área para sua implementação, por se tratar de conhecimentos aprofundados e de alta complexidade técnica.

Em relação ao Objetivo geral 3 - apresentar uma proposta de um *roadmap* capaz de guiar os gestores de empresas de manufatura no desenvolvimento e implementação de sua estratégia de transformação digital - é possível concluir através da análise realizada dos modelos atuais, que os diversos autores procuraram atribuir passos ou fases que auxiliem na identificação da estratégia a seguir e posterior implementação das ações necessárias para a transformação digital. Há no entanto uma escassez de informações nos *roadmaps* apresentados, na maioria dos casos por se focarem apenas em partes do mesmo. Desta forma, reconhecendo a existência de uma lacuna, os modelos atuais apresentados não são suficientes para guiar os gestores e organizações na definição da ETD e implementação das ações no processo de transformação digital.

Como principal contribuição desta dissertação é assim apresentado o desenvolvimento de um *roadmap* para a definição da estratégia de transformação digital com passos detalhados para sua implementação. A proposta assenta na metodologia DFSS para desenvolvimento de processos que procuram atingir altos níveis de qualidade *Six Sigma*. De forma a verificar a sua efetividade, foi desenvolvido um estudo de caso que utilizou o *roadmap* proposto. Foi possível confirmar que o *roadmap* é um instrumento funcional e pode ser de grande valia para os gestores e organizações que pretendam iniciar o processo de transformação digital nas suas empresas, contribuindo na definição da estratégia e nos passos a seguir. Como resultado da utilização, com o estudo de caso foi possível definir a solução tecnológica para atender o objetivo estratégico e ainda realizar sua implementação, ainda que parcial até a data de entrega desta dissertação, cujo sucesso se antevê como um dos primeiros passos do processo de transformação digital na empresa.

Limitações

Pode ser considerada uma limitação quanto ao *roadmap* proposto que, apesar de ser funcional, por si só não é capaz de trazer todas as respostas para a implementação de um processo de transformação digital. Qualquer organização que pretenda iniciar este processo deve definir uma visão a longo prazo, e desenvolver o seu processo de transformação digital voltado para atender as necessidades específicas de cada objetivo, tendo consciência sobre

o tema da TD. Assim como constatado na revisão da literatura, de alguma forma todos os autores chamam a atenção que a organização deve desenvolver uma cultura de mudança, um novo *mindset*, com uma liderança que apoie a transformação do ecossistema e cultura da organização. A organização deve dentro de cada etapa aprofundar as suas capacidades específicas e adquirir conhecimento das tecnologias emergentes. Para atender a estas características, o *roadmap* apenas pode recomendar a formação contínua dos colaboradores dos processos a serem impactados.

Por fim, o estudo de caso procurou uma demonstração prática do *roadmap* e foram propostos dois objetivos no início do estudo de caso. No entanto, devido ao tempo disponível para a entrega da dissertação, e ao próprio tempo necessário para o desenvolvimento de uma estratégia de transformação digital, não foi possível completar integralmente.

Considerações finais e sugestões para trabalhos futuros

Este trabalho de investigação teve como objetivo explorar o fenómeno da transformação digital numa ótica voltada para a implementação prática. A investigação procurou contribuir para o lado conceptual da transformação digital, voltado para os modelos de estratégia de transformação digital de uma organização, e para o lado prático, voltado para os modelos de integração de tecnologias, capazes de tornar palpáveis as ações para alcançar os objetivos estratégicos. Como resultado, esta dissertação propõe um *roadmap* para a definição da estratégia de transformação digital e sua implementação, que busca dotar os gestores e organizações de melhores ferramentas para o processo a seguir na transformação digital como vantagem competitiva. Como sugestão para futuros trabalhos, é indicada a utilização do *roadmap* proposto numa oportunidade de transformação de natureza disruptiva para verificação da eficácia do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamczak, Michal, Adam Kolinski, Justyna Trojanowska, e Jozef Husár. 2023. «Digitalization Trend and Its Influence on the Development of the Operational Process in Production Companies». *Applied Sciences* 13(3):1393. doi: 10.3390/app13031393.
- Aghakhani, Ghazaleh, Yves Wautelet, Daan Dijkmans, Samedi Heng, Stephan Poelmans, e Manuel Kolp. 2024. «Supporting digital transformation strategy formulation through a customizable set of objectives: conceptual model and expert opinions». *Enterprise Information Systems* 18(3). doi: 10.1080/17517575.2023.2300089.
- Alwerfalli, Daw, Trevor Lash, e A. Leon Linton. 2012. «Design For Six Sigma (DFSS) as a Proactive Business Process». em *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Istanbul.
- Apilioğulları, Lütfi. 2022. «Digital transformation in project-based manufacturing: Developing the ISA-95 model for vertical integration». *International Journal of Production Economics* 245. doi: 10.1016/j.ijpe.2022.108413.
- Apuadigiin, Tukea PK-yritykselle digimuutokseen. 2024. «Digimaturity tool, Vtt». *VTT Technical Research Centre of Finland Lda*. Obtido 11 de Agosto de 2024 (<https://digimaturity.vtt.fi/?lang=en>).
- Barann, Benjamin, Andreas Hermann, Ann-Kristin Cordes, Friedrich Chasin, Jörg Becker, e Becker@ercis De. 2019. «Supporting Digital Transformation in Small and Medium-sized Enterprises: A Procedure Model Involving Publicly Funded Support Units». Pp. 4977– 86 em *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii. ISBN: 9780998133126.
- Baslyman, Malak. 2022. «Digital Transformation from the Industry Perspective: Definitions, Goals, Conceptual Model, and Processes». *IEEE Access* 10:42961–70. doi: 10.1109/ACCESS.2022.3166937.
- Battistoni, Elisa, Simone Gitto, Gianluca Murgia, e Domenico Campisi. 2023. «Adoption paths of digital transformation in manufacturing SME». *International Journal of Production Economics* 255. doi: 10.1016/j.ijpe.2022.108675.
- Binder, Christoph, Christian Neureiter, e Arndt Lüder. 2021. «Towards a Domain-Specific Approach Enabling Tool-Supported Model-Based Systems Engineering of Complex Industrial Internet-of-Things Applications». doi: 10.3390/systems9020021.

- Binder, Christoph, Christian Neureiter, e Arndt Lüder. 2022. «Towards a domain-specific information architecture enabling the investigation and optimization of flexible production systems by utilizing artificial intelligence». *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 123(1–2):49–81. doi: 10.1007/s00170-022-10141-2.
- Boffa, Eleonora, e Antonio Maffei. 2023. «Development and application of an Integrated Business Model framework to describe the digital transformation of manufacturing - a bibliometric analysis». *Production and Manufacturing Research* 11(1). doi: 10.1080/21693277.2023.2164952.
- Brodny, Jarosław, e Magdalena Tutak. 2022. «The Level of Digitization of Small, Medium and Large Enterprises in the Central and Eastern European Countries and Its Relationship with Economic Parameters». *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 2022, Vol. 8, Page 113 8(3):113. doi: 10.3390/JOITMC8030113.
- Buer, Sven-Vegard, Jo Wessel Strandhagen, Marco Semini, e Jan Ola Strandhagen. 2020. «The digitalization of manufacturing: investigating the impact of production environment and company size». *Journal of Manufacturing Technology Management* 32(3):621–45. doi: 10.1108/JMTM-05-2019-0174.
- Burns, Thomas, John Cosgrove, e Frank Doyle. 2019. «A review of interoperability standards for industry 4.0.» Pp. 646–53 em *29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland*. Vol. 38. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.083.
- Castro Benavides, Lina María, Johnny Alexander Tamayo Arias, Martín Darío Arango Serna, John William Branch Bedoya, e Daniel Burgos. 2020. «Digital Transformation in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review». *Sensors (Basel, Switzerland)* 20(11). doi: 10.3390/s20113291.
- Ceipek, René, Julia Hautz, Alfredo De Massis, Kurt Matzler, e Lorenzo Ardito. 2021. «Digital Transformation Through Exploratory and Exploitative Internet of Things Innovations: The Impact of Family Management and Technological Diversification*». *Journal of Product Innovation Management* 38(1):142–65. doi: 10.1111/jpim.12551.
- Chernbumroong, Suepphong, Pradorn Sureephong, e Worawit Janchai. 2021. «The Conceptual Model of Digital Transformation for Small and Medium Enterprises in Thailand». Pp. 336–39 em *2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunication Engineering*. IEEE. doi: 10.1109/ECTIDAMTNCON51128.2021.9425755

- Chung, Lawrence, e Julio Cesar Sampaio do Prado Leite. 2009. «On Non-Functional Requirements in Software Engineering». Pp. 363–79 em *Conceptual Modeling: Foundations and Applications*. Springer. doi: 10.1007/978-3-642-02463-4_19.
- Contreras, Juan David, Jose Isidro Garcia, e Juan David Díaz Pastrana. 2017. «Developing of industry 4.0 applications». *International Journal of Online Engineering* 13(10):30–47. doi: 10.3991/ijoe.v13i10.7331.
- Doyle, Frank, e John Cosgrove. 2019. «Steps towards digitization of manufacturing in an SME environment». *Procedia Manufacturing* 38:540–47. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.068.
- Duarte, Diego. 2022. *Lean & Six Sigma Green Belt e Excelência*.
- Dudin, Mihail Nikolaevich, Evgenia Evgen evna Frolova, Natalie Vladimirovna Gryzunova, e Elena Borisovna Shuvalova. 2014. «The deming cycle (PDCA) concept as an efficient tool for continuous quality improvement in the agribusiness». *Asian Social Science* 11(1):239–46. doi: 10.5539/ass.v11n1p239.
- El-Haik, Basem, e David M. Roy. 2005. *Service Design for Six Sigma: A Road Map for Excellence*. Hoboken, New Jersey: Wiley Interscience. ISBN: 13 978-0-471-68291-2.
- Fleischmann, Albert, Stefan Oppl, Werner Schmidt, e Christian Stary. 2020. *Contextual process digitalization: Changing Perspectives – Design Thinking - Value-Led Design*. Vol. 1. Cham: Springer Nature Switzerland AG. doi: 10.1007/978-3-030-38300-8.
- Gaffley, Garth, e Theuns G. Pelser. 2021. «Developing a digital transformation model to enhance the strategy development process for leadership in the South African manufacturing sector». *South African Journal of Business Management* 52(1). doi: 10.4102/sajbm.v52i1.2357.
- Geordannie, Cheldric Praditya, Wawan Tripiawan, e Putu Yasa. 2021. «Designing project guidelines based on responsibility assignment matrix in the organization of Nobe-B fiber optic retraction project at PT. XYZ». Pp. 6873–80 em *e-Proceeding of Engineering*. ISSN: 2355-9365.
- Ghobakhloo, Morteza, e Mohammad Iranmanesh. 2021. «Digital transformation success under Industry 4.0: a strategic guideline for manufacturing SMEs». *Journal of Manufacturing Technology Management* 32(8):1533–56. doi: 10.1108/JMTM-11-2020-0455.
- Ghosh, Swapan, Mat Hughes, Ian Hodgkinson, e Paul Hughes. 2022. «Digital transformation of industrial businesses: A dynamic capability approach». *Technovation* 113. doi: 10.1016/j.technovation.2021.102414.

- Glinz, M. 2007. «On Non-Functional Requirements». Pp. 21–26 em *15th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2007)*. Institute of Electrical and Electronic Engineers. doi: 10.1109/RE.2007.45.
- Gong, Cheng, e Vincent Ribiere. 2021. «Developing a unified definition of digital transformation». *Technovation* 102:102217. doi: 10.1016/j.technovation.2020.102217.
- González-Varona, JM, Adolfo López-Paredes, David Poza, e Fernando Acebes. 2021. «Building and development of an organizational competence for digital transformation in SMEs». *Journal of Industrial Engineering and Management* 14(1):15. doi: 10.3926/jiem.3279.
- Habib, Maki K., e Chukwuemeka Chimsom I. 2022. «CPS: Role, Characteristics, Architectures and Future Potentials». Pp. 1347–58 em *Procedia Computer Science*. Vol. 200. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.procs.2022.01.336.
- Hankel, Martin, e Bosch Rexroth. 2015. «RAMI 4.0 - Structure the Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0) Contact: Reference Architectural Model Industrie 4.0». *ZVEI - German Electrical and Electronic Manufacturers' Association*. Obtido 10 de Maio de 2024 (<https://przemysl-40.pl/wp-content/uploads/2010-The-Reference-Architectural-Model-Industrie-40.pdf>).
- Heavin, Ciara, e Daniel J. Power. 2018. «Challenges for digital transformation—towards a conceptual decision support guide for managers». *Journal of Decision Systems* 27:38–45. doi: 10.1080/12460125.2018.1468697.
- International Electrotechnical Commission. 1997. «IEC 61512-1:1997 Batch control - Part 1: Models and terminology».
- International Electrotechnical Commission. 2013. «IEC 62264-1:2013 Enterprise-control system integration».
- International Electrotechnical Commission. 2020. «IEC 62890:2020 Industrial-process measurement, control and automation - Life-cycle-management for systems and components».
- International Organization for Standardization. 2015. «ISO 9001:2015 Quality management systems - Requirements». *International Organization for Standardization*.
- International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, e Institute of Electrical and Electronic Engineers. 2022. «ISO/IEC/IEEE 42010:2022 Software, systems and enterprise — Architecture description».

- Johnsson, Charlotta. 2004. «ISA 95-How and Where Can It Be Applied?» *ISA - The instrumentation, System and Automation Society*. Lund, Sweden.
- Jones, Matthew D., Scott Hutcheson, e Jorge D. Camba. 2021. «Past, present, and future barriers to digital transformation in manufacturing: A review». *Journal of Manufacturing Systems* 60:936–48. doi: 10.1016/j.jmsy.2021.03.006.
- Kääriäinen, Jukka, Pasi Pussinen, Leila Saari, e Olli Kuusisto. 2020. «Applying the positioning phase of the digital transformation model in practice for SMEs: toward systematic development of digitalization». *International Journal of Information Systems and Project Management* 8(4):2020. doi: 10.12821/ijispm080402.
- Khan, Ateeq, e Klaus Turowski. 2016. «A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0». Pp. 15–26 em *Proceedings of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (IITI'16)*. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-319-33609-1_2.
- Kilimis, Panagiotis, Wenchao Zou, Marlon Lehmann, e Ulrich Berger. 2019. «A Survey on Digitalization for SMEs in Brandenburg, Germany». *IFAC-PapersOnLine* 52(13):2140–45. doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.522.
- Lanzolla, Gianvito, Danilo Pesce, e Christopher L. Tucci. 2021. «The Digital Transformation of Search and Recombination in the Innovation Function: Tensions and an Integrative Framework*». *Journal of Product Innovation Management* 38(1):90–113. doi: 10.1111/jpim.12546.
- Lee, Ching Hung, Chien Liang Liu, Amy J. C. Trappey, John P. T. Mo, e Kevin C. Desouza. 2021. «Understanding digital transformation in advanced manufacturing and engineering: A bibliometric analysis, topic modeling and research trend discovery». *Advanced Engineering Informatics* 50. doi: 10.1016/j.aei.2021.101428.
- Marques, Pedro Alexandre de Albuquerque. 2013. «Seis Sigma: Sistema de Gestão e Metodologia de Inovação numa Abordagem Estruturada e Integradora». Doutorado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Massaro, Maurizio. 2023. «Digital transformation in the healthcare sector through blockchain technology. Insights from academic research and business developments». *Technovation* 120. doi: 10.1016/j.technovation.2021.102386.

- Matt, Christian, Thomas Hess, e Alexander Benlian. 2015. «Digital Transformation Strategies». *Business & Information Systems Engineering* 57(5):339–43. doi: 10.1007/s12599-015-0401-5.
- Moher, David, Alessandro Liberati, Jennifer Tetzlaff, e Douglas G. Altman. 2010. «Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement». *International Journal of Surgery* 8(5):336–41. doi: 10.1016/j.ijssu.2010.02.007.
- Navaltik Management - Organização da Manutenção Lda. 2024. *ManWinWin - Implementação e Consultoria*. Lisbon.
- Oztemel, Ercan, e Samet Gursev. 2020. «Literature review of Industry 4.0 and related technologies». *Journal of Intelligent Manufacturing* 31(1):127–82. doi: 10.1007/S10845-018-1433-8.
- Parviainen, Päivi, Maarit Tihinen, Jukka Kääriäinen, e Susanna Teppola. 2017. «Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice». *International Journal of Information Systems and Project Management* 5(1):63–77. doi: 10.12821/ijispm050104.
- Patil, Vipin S., S. R. Andhale, e I. D. Paul. 2013. «A Review of DFSS: Methodology, Implementation and Future Research». *International Journal of Innovations in Engineering and Technology* 2(1):369–75. ISSN:2319–1058.
- da Rocha, Helbert, Reza Abrishambaf, João Pereira, e Antonio Espirito Santo. 2022. «Integrating the IEEE 1451 and IEC 61499 Standards with the Industrial Internet Reference Architecture». *Sensors* 22(4). doi: 10.3390/s22041495.
- Rossini, Matteo, Fabiana Dafne Cifone, Bassel Kassem, Federica Costa, e Alberto Portioli-Staudacher. 2021. «Being lean: how to shape digital transformation in the manufacturing sector». *Journal of Manufacturing Technology Management* 32(9):239–59. doi: 10.1108/JMTM-12-2020-0467.
- Sachdeva, Sakshi. 2016. «Scrum Methodology». *International Journal Of Engineering And Computer Science* 5:16793–99. doi: 10.18535/ijecs/v5i6.11.
- Sanchis, Raquel, Óscar García-Perales, Francisco Fraile, e Raul Poler. 2020. «Low-code as enabler of digital transformation in manufacturing industry». *Applied Sciences (Switzerland)* 10(1). doi: 10.3390/app10010012.
- Scholten, B. 2007. «The road to integration: A guide to applying the ISA-95 standard in manufacturing». *ISA-Instrumentation, System, and Automation Society*. ISBN-10:0-9792343-8-7.

- Sha Wei, Jingyi Hu, Yuhang Cheng, Yuanye Ma, e Yinpeng Yu. 2017. «The Essential Elements of Intelligent Manufacturing System Architecture». Pp. 1006–11 em *2017 13th IEEE Conference on Automation Science and Engineering (CASE) Xi'an, China, August 20-23, 2017*. IEEE.
- Szopa, Łukasz, e Piotr Cyplik. 2020. «The concept of building a digital transformation model for enterprises from the SME sector». *Logforum* 16(4):593–601. doi: 10.17270/J.LOG.2020.497.
- Tian, Meng, Yang Chen, Guanghao Tian, Wei Huang, e Chuan Hu. 2023. «The role of digital transformation practices in the operations improvement in manufacturing firms: A practice-based view». *International Journal of Production Economics* 262:108929. doi: 10.1016/j.ijpe.2023.108929.
- Winanto, Sujoko. 2024. «Project Management: Enhancing Company Resource Efficiency and Effectiveness». *Jurnal Ekonomi* 13. doi: 10.54209/ekonomi.v13i01.
- W.J. Rautenbach, Imke de Kock, e J.L. Jooste. 2019. «The development of a conceptual model for enabling a value-adding digital transformation A conceptual model that aids organisations in the digital transformation process». em *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*. IEEE. ISBN: 978-1-5386-1469-3.
- Yang, Ching-Chow, Yung-Tsan Jou, Ming-Chang Lin, Riana Magdalena Silitonga, e Ronald Sukwadi. 2022. «The Development of the New Process of Design for Six Sigma (DFSS) and Its Application». *Sustainability* 14(15):9294. doi: 10.3390/su14159294.
- Zhu, Xiaoteng, Shilun Ge, e Nianxin Wang. 2021. «Digital transformation: A systematic literature review». *Computers & Industrial Engineering* 162, 107774. doi: 10.1016/j.cie.2021.107774.
- Zippel, Stefan. 2018. «Transforming the process industry with Industry 4.0». *ISA - International Society for Automation, InTech Process Industry 4.0*. Obtido 28 de Janeiro de 2024 (<https://www.isa.org/intech-home/2018/november-december/features/process-industry-4-0>).

APÊNDICES

Apêndice 1 Contribuição para a caracterização dos principais elementos presentes na transformação digital

Ref.	Natureza	Âmbito	Entida de	Meios	Objetivos da TD	Impacto	Estrutura - Ecossistema	Digital team	Desafios
1) (Aghakhani et al. 2024)	Transformação dos aspectos organizacionais e estruturais chave	Definição da melhor sequência e timing para implementação dos projetos de TD.	Toda a organização, modelo de negócio.	Tecnologias digitais, Combinação de aspectos sociais e dispositivos tecnológicos, Capacidades digitais, Digital <i>roteiro</i>	Melhoria de processos Antecipar e atender expectativas do cliente, Sinergia entre oferta digital e tradicional, Integração, Agile <i>mindset</i> , Maturidade digital, Eficiência operacional.	Criação de valor, Antecipar e atender expectativa s do cliente.	Mudanças estruturais em processos de transformação e Habilidades mentalidade digitais.	Unidade de TD	Restrições financeiras, Risco financeiro, Gestão do risco, Cibersegurança, Requisitos legais.
2) (Baslyman 2022)	Melhoria de desempenho Inovação no mercado Oportunidades externas	Mudanças disruptivas	Toda a organização.	Tecnologias disruptivas Uso de dados	Solução de problemas de desempenho ou financeiros, Inovação no mercado externo, Otimização, Crescimento Competitividade, Valor para o cliente, Produtos mais baratos e maior qualidade.	Criação de valor para os <i>stakeholder</i> s, Melhoria da Satisfação do cliente, Aumento da lealdade.	N/A	Digital team	Foco na tecnologia e não na melhor solução, Falta do conhecimento sobre os conceitos Gestão da mudança que afeta a organização, Falta de clareza de visão e definição dos objetivos Conflito de opiniões na definição da ETD, Falta de conhecimento da diretoria sobre o tema da TD e a importância do fluxo de dados.
3) (Cherumbroong et al. 2021)	Justificação do problema para a transformação	Definição dos resultados esperados Tempo de execução Orçamento	Toda a organização.	Tecnologias digitais, Automação, CRM, Marketing digital, Conteúdo digital, <i>E-commerce</i> , <i>Fintech</i> , Gestão de recursos humanos, <i>Enterprise Resource Planning</i> , <i>IoT</i> .	Melhoria de processos e atividades operacionais Modelo de negócio	Modelo de negócio	Estrutura organizacional Organização cultural	Gestores transformadores, Provedores do serviço digital, Técnicos de trabalho digital (TI)	Tempo de execução do projeto
4) (Gaffney e Peiser 2021)	Disrupção digital através dos dados digitais	Disrupção digital	Todo o ecossistema da organização	Recursos tecnológicos, Gestão de dados como principal meio de alavancagem da estratégia (<i>Data is gold</i>), Capacidades digitais do negócio e pessoas, Capital humano, Inovação digital, Recursos financeiros.	Mudança de <i>mindset</i> , Orientação do negócio através de modelos de dados digitais, <i>Benckmark</i> -Identificar ativos importantes que formam o core business, Forte relação com o cliente.	Criar valor para o cliente	<i>Cloud Smart ecosystems Super society</i>	CEO CIO Analistas de dados Equipe multifuncional	Habilidades tecnológicas necessárias não compreendidas pela liderança, Limitações humanas.

Ref.	Natureza	Âmbito	Entida de	Meios	Objetivos da TD	Impacto	Estrutura - Ecossistema	Digital team	Desafios
5) (Gong e Rithiere 2021)	Mudança Fundamental Transformação	Melhoria incremental ou disruptiva	Organização de negócios Indústrias Sociedad e	Tecnologias digitais, Recursos humanos, Recursos financeiros, Fontes de conhecimento, Capacidades digitais, Capacidades dinâmicas.	Automação de processos Eficiência, melhoria da produtividade, Redução de custos, Eliminação de falhas, Otimização da experiência do cliente, Melhorias radicais e mudanças na oferta, Liderança de transformação, <i>Open mindset</i> e cultura de inovação, Vantagem competitiva, <i>Agility</i> e alta adaptabilidade, Ecossistema e colaboração.	Reforçar a proposta de valor existente, Redefinir a proposta de valor	N/A	CEO CIO CDO	N/A
6) (González-Varona et al. 2021)	Transformação a partir da organização de competências para a TD	Perspetiva interna Contexto externo competitividade	Toda a organização.	Capacidades dinâmicas, Uso de tecnologias, Cultura, Aprendizado organizacional, Informação, Ética, Requisitos de cada situação, aquisição e desenvolvimento, Desenvolvimento de talentos no local de trabalho.	Visão, Liderança estratégica, Ambidestrela, <i>Agility</i> , Mudança e inovação cultural.	Mudança na criação de valor.	Alinhamento organizacional, Governança, Mudanças estruturais.	N/A	Aspetos financeiros, Risco, Cultura – aceitação da mudança.
7) (Zhu et al. 2021)	Transformação pela estratégia DBS – <i>Digital business strategy</i> DTS – <i>Digital transformation strategy</i>	Velocidade de implementação Escala de implementação Métodos e processos específicos para alcançar os objetivos	Escala de implementação	Tecnologias digitais	Inovação em: Liderança, Proposta de valor, Modelo de negócio, Plataformas empresariais	Modelo de negócio Criação de valor <i>Enterprise agility</i>	Estrutura organizacional, Arquitetura empresarial, (<i>cyber-physical systems architecture</i>), Agilidade empresarial, Adaptação, Impacto social e organizacional, Mudança nos papeis desempenhados, Mudança no ecossistema da organização.	CDO	Resistência a implementação, Impacto na teoria de gestão estratégia, Variedade de tecnologias digitais para integração, Maturidade digital, Cultura organizacional, Liderança.

Ref.	Natureza	Âmbito	Entidade	Meios	Objetivos da TD	Impacto	Estrutura - Ecossistema	Digital team	Desafios
8) (Szopa e Cyplik 2020)	Transformação da cadeia de suprimentos como meio de prover vantagem competitiva.	Soluções que melhorem a eficiência da arquitetura da organização, Soluções para automação do processo da cadeia de suprimentos, Preparação para mudança da cadeia de suprimentos atual para o modelo digital, Plataforma de integração de todas as atividades ligadas a cadeia de suprimentos.	Organização, Parceiros de negócios.	Melhorar a arquitetura digital atual, Velocidade de dados e informação, Automação de processos, <i>ERP, CRM, CRP, WMS, RFID, CNC</i> , Tecnologia 3D, <i>Cloud Computing, Internet of things, Blockchain, Advanced data analysis</i> , Integração de toda a cadeia produtiva e <i>supply chain</i> .	Mudança de cultura, Prover a organização de vantagem competitiva, Melhoria da cadeia de suprimentos.	Inovação de valores	<i>Supply chain</i> da organização	N/A	Despesas financeiras substanciais
9) (Kääriäinen et al. 2020)	Eficiência interna, Oportunidades externas, Mudança radical.	Melhoria incremental ou disruptiva.	Toda a organização.	Tecnologias de informação, Tecnologias digitais.	Interface com o cliente, Organização, Processos.	Modelo de negócios	Pessoas e cultura	N/A	Falta de capacidades para desenvolver e manter um <i>e-business</i> , Limitada informação e capacidades em IT, Mentalidade de curto prazo.
10) (W.J. Rautenbach et al. 2019)	Melhora a eficácia e eficiência das operações, Otimizar o sistema de negócio.	Necessidade da definição do nível de disrupção pretendido	Toda a organização.	Estratégia e liderança, Pessoas e cultura, Tecnologia, Integração, Oferta de produtos e serviços, Capacidades.	Superar expectativas do cliente, Melhorar produtividade dos ativos por meio do big data, Aumentar a importância de novas formas de colaboração, Transformar modelos operacionais em digitais Melhorar a experiência do cliente.	Criação de valor Experiência do cliente.	Organização digital integrada, Melhorar cadeia de valor.	N/A	Falta de entendimento do processo de TD, papel dos colaboradores, cultura organizacional e implicações financeiras, Incerteza quanto a tecnologia a utilizar, Falta de capacidades do dep. de IT na condução e uso de uma organização digital integrada, Falta de acesso a tecnologia requerida, Desafios externos quanto a disrupção de mercado pela competição, falta de apoio político e regulatório, ameaças cibernéticas.

Ref.	Natureza	Âmbito	Entidade	Meios	Objetivos da TD	Impacto	Estrutura - Ecossistema	Digital team	Desafios
11) (Barann et al. 2019)	Inovação digital incremental ou radical, otimização de processos, uso das tecnologias para adaptar, melhorar e estender o BM atual, Mudança disruptiva, <i>BM completamente o novo. BM sophistication</i> , introdução individualizada de um produto ou serviço ou sua combinação.	Passos incrementais, implementação por fases e objetivos, ciclos de implementações, Abordagens <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> .	Toda a Organização	<i>Data-driven innovation</i> , dados como recurso chave, dados para melhoria do BM atual. Integração de apoio externo, Orientação prática, Criação de um ambiente de apoio a TD, Objetivos tangíveis, <i>Roteiro</i> individual, Habilitar uma implementação escalonada, Identificar oportunidades, Reflexão e medição, Balanceamento entre estratégia e operação, Apoio em todos os níveis de inovação digital e orientada por dados, Considerar inovação aberta (comunidades de apoio).	Adaptar, melhorar e estender o negócio atual. Otimizar processos e desenvolver inovação, aproveitar oportunidades. Impacto nas operações e experiência do cliente.	Criação de uma rede de valor digital e experiência digital do cliente. Impacto em todo o modelo de negócio.	N/A	CEO e equipe de apoio	Recursos limitados, fundos limitados, risco de falha, capacidades e habilidades das pessoas. Dificuldades das PME's de identificar valor somente na integração de tecnologias. Indisponibilidade de certas ferramentas individuais e dedicadas para PME's. Alto custo pago por apoio de instituições externas.
12) (Parviainen et al. 2017)	Eficiência interna Oportunidades externas Mudança radical	Melhoria incremental ou disruptiva	Nível da organização Nível do processo Domínio do negócio Nível da sociedade e	Ferramentas digitais Capacidades digitais Automação	Redução de trabalhos manuais Oferta de novos serviços Redução de custos Crescimento económico Colaboração Interação intensiva	Influência na tomada de decisão na sociedade	Mudanças na cadeia de valor do ecossistema Mudanças nos papéis desempenhados Mudança organizacional	N/A	Disputas pela gestão sobre a natureza da TD Impactos socio culturais nas pessoas Mudança organizacional Desafios técnicos
13) (Matt et al. 2015)	N/A	Atenção com as mudanças disruptivas. Decidir em ser o líder de mercado no uso de tecnologias e a definição dos seus padrões, ou ser somente um usuário da tecnologia com padrões já estabelecidos.	Toda a organização e além de suas fronteiras.	Tecnologias digitais	N/A	Mudança na criação de valor	Mudanças estruturais	CEO CIO CDO	Aspectos financeiros Risco financeiro

Nota. Ref.: Documento de Referência, CEO: *Chief executive officer*, CIO: *Chief information officer*, CDO: *Chief digital officer*, WMS: *Warehouse Management System*, ERP: *Enterprise Resource Planning*, CRM: *Customer Relationship Management*, CRP: *Capacity Requirements Planning*, RFID: *Radio Frequency Identification*, CNC: *Computer Numeric Control*, BM: *Business model*, N/A: Não Aplicável.

ANEXOS

After the impacted areas are identified, their situation in respect to the goal is analyzed. The questions to be answered vary based on the goal. If the goal is internal efficiency, the questions relate to the currently used practices—for example:

- How is the issue handled now, and how satisfied are the stakeholders with the current situation?
- What is the state of technology used to handle the issues?
- What main bottlenecks exist in the current practice?
- What current competencies related to the goal are available?
- What are restrictions for change relating to the issue?

In case the goal is related to external opportunities, questions are related to the business case, including, for example:

- What are the current company offerings?
- Who are the current customers and what are the current customer segments?
- What is the competitive advantage of the current offering compared to competitor offerings?
- What are the potential new customer segments and who are the potential new customers?
- What is the current state (e.g., competitors offering) in the new segment?
- What would be the competitive advantage of the company in the new service or segment?
- What is the cost of implementing the new offering?
- What risks are involved?
- What is the impact on the company's current offering and business?
- What is the window of opportunity?

In case the goal is related to disruptive change, the following questions are related to all the company's areas:

- Which current company offerings are impacted?
- How dramatic is the impact on each offering (offering becoming totally obsolete, current customers of the offering leaving to find opportunities in other segments, etc.)?
- Which processes are involved with the change?
- What competencies and resources does the company have?
- Where can these competences be utilized in the future?
- What is the timeframe of the change?

Anexo 1 Perguntas da fase revisão do estado atual
adaptado de (Parviainen et al. 2017)

How is the organization's strategy defined? ☐ The strategy is not defined as communicative. ☒ There are documented outlines of the strategy. ☐ Management has clearly defined how the organization will succeed in the future. ☐ The strategy guides the organization's operations and change, and it is communicated within the organization. ☐ The management systematically updates the strategy and thus agilely adjusts its operations to correspond to changes in the operating environment. The strategy is well communicated and implemented.	How has digitalisation been taken into account in the strategy? ☐ Digitalisation is not reflected in the strategy in any way. ☒ Digitalisation and its utilisation are reflected in the strategy at random points. ☐ Digitalisation and its utilisation are described in the key parts of the strategy. ☐ A digital strategy has been built for the organisation, the implementation of which is actively managed. ☐ The digital strategy is fully integrated into the organizational strategy.
Has the organization set strategic goals for the utilisation of digitalization? (Utilization can be related to, for example, the following areas: internal efficiency, external efficiency, new services, new business models, working with stakeholders.) ☐ No targets have been set. ☒ Targets have been set for some areas of exploitation. ☐ The management has set strategic targets for utilising digitalisation in all key areas. ☐ The achievement of the set goals is actively managed in all areas of the strategy. ☐ Objectives set achieved. The general development of digitalisation is observed regularly and reacted to when necessary.	How does an organization monitor the benefits of digitalization in its business? ☒ There is no way for management to see the benefits of digitalization. ☐ The management has an understanding of the benefits of digitalization in business, but this is not based on clear figures. ☐ The management has information based on measured data on the benefits of digitalization in their own business. ☐ The business benefits of digitalisation are measured in all key areas. ☐ Business operations are developed on the basis of data collected and analysed from digitalisation.

Anexo 2 Perguntas e respostas sobre a maturidade da dimensão Estratégica
adaptado de (Apuadigiin, 2024)

How is the organization's business model(s) described? ☐ The business model is not described. ☐ The business model is partially described so that it can be communicated. ☒ The business model of the organization is described in detail. ☐ An organization's processes are derived from and support its business model. ☐ The business model is modified based on changes in the operating environment.	How has digitalization been taken into account in the organization's business model or models? ☐ Digitalization is not reflected in the business model in any way. ☒ The digitalization perspective has been taken into account for some elements of the business model. ☐ The digitalisation perspective has been systematically taken into account. ☐ Utilizing digitalization has changed the organization's business model. ☐ The organization actively utilizes the opportunities offered by digitalization and updates the business model when necessary.
Does the organisation actively work towards new or new business models based on digitalisation? (e.g. service business) ☒ The organization is not looking for new business models. ☐ The organization is open to new business models. ☐ The organization systematically seeks new business models. ☐ The organization conducts rapid experiments with new models. ☐ The organisation systematically conducts pilots with new models.	Is there evidence that digitalization has had a positive impact on an organization's bottom line? ☐ No effect or impact is negative. ☒ A small improvement, as costs have been reduced with the old business model and processes. ☐ A clear improvement, as costs have been reduced with the modified business model. ☐ The result has improved significantly due to the new business model(s) (e.g. new sales to <i>existing</i> customers). ☐ The result has improved significantly due to the new business model(s) (e.g. new sales to <i>new</i> customers).

Anexo 3 Perguntas e respostas sobre a maturidade da dimensão Negócio
adaptado de (Apuadigiin, 2024)

How have the opportunities offered by digitalization been utilised in marketing, mapping markets and customer needs, and customer communications? ☐ There is no plan for utilizing digital channels. ☒ Digital channels are used to some extent. ☐ Digital channels are used extensively and systematically. ☐ Personalized target marketing and interactive customer communications are widely utilized. ☐ The effectiveness of personalised target marketing and interactive communications is actively monitored and developed based on the information received.	Does the organization use digital services to engage customers? ☒ Digitalization is not utilized to engage customers. ☐ The organization has conducted experiments related to digital services that aim to engage the customer. ☐ The organisation systematically utilises digital services that aim to engage the customer. ☐ Digital services that support engagement are actively developed. ☐ Digital services are in active use, and the organisation is actively developing digital services that support engagement based on customer feedback.
How have the opportunities offered by digitalisation been utilised in monitoring customer satisfaction/behaviour? ☒ Isn't. Customer satisfaction is monitored using "traditional" methods. ☐ There is to some extent, as in the form of an electronic "feedback box". ☐ The opportunities offered by digitalisation are systematically utilised in monitoring customer satisfaction and behaviour. ☐ The organization measures customer behaviour and satisfaction over an appropriate time frame (e.g. weekly). ☐ The organization measures customer behaviour and satisfaction over an appropriate period of time and utilises this information quickly in steering its operations.	What digital tools are used in the direction of the customer? ☒ Working with traditional tools (phone, mail, email). ☐ The customer can place an order/reservation/give feedback and/or receive an electronic invoice via the electronic system. ☐ The customer can transparently monitor the process (e.g. ordering/delivery/maintenance) for their own products/services. ☐ The customer is able to utilise the data collected by the organization about its product/service (e.g. in developing its own products/services). ☐ The customer is able to utilise the information collected by the organization about its product/service (e.g. in the development of completely new products/services).

To what extent does the customer currently have the opportunity to participate in the design, customisation/personalisation of the product/service and the customer-specific customization/delivery of the product/service?

☒ The client does not have this opportunity.

☐ To some extent, this is possible, but it has been implemented without a business-based plan.

☐ The organization has defined the extent to which this is possible and commercially sensible, and has put the defined possibility into practice.

☐ The organisation has put the defined opportunities into practice and monitors the benefits derived from them.

☐ The organization is actively looking for new digital ways for the customer to customize/personalize the product, service or delivery they receive.

Anexo 4 Perguntas e respostas sobre a maturidade da dimensão Interface com o cliente adaptado de (Apuadigiin, 2024)

What is the status, definition and implementation of processes in your organization? ☐ Processes are not defined. ☐ Identified need for standardization of operating methods, definition of processes. Occasional repeatability in operating methods, e.g. by project. ☐ Processes have been identified, defined and documented, for example, by function or team. ☒ Internal processes have been identified and defined for the functions in a managed and comprehensive manner. Processes are part of everyday managed operations. Methods of process development are used (eg. Lean). ☐ The processes also cover partner networks and the customer interface.	What is the degree of digitalization of information? ☐ Digital technology is not widely utilized in an organization; Let's act on the so-called, traditional tools (phone, mail, email). ☐ Experiments and pilots related to digitalisation. For example, basic applications (e.g. social media) may be used. ☒ The utilisation of digitalization has been defined for some processes. For example, the order-delivery process. ☐ Core processes have been automated, and information moves in digital form. ☐ The processes of the customer interface of the organization and network are digital and automated.
How is digitalization utilized in process integration? ☐ Digital technology is not utilized in an organization. ☐ Processes have been integrated randomly (e.g. design and manufacturing). Digitalization improves cooperation and communication in places. ☒ Local processes will be implemented in parallel as planned. The interfaces are defined and standardized. ☐ Up-to-date and correct information is available to those who need it digitally at the right time. Integration will take place in renewed organizational structures and processes. ☐ The processes of the network actors are integrated. The structures of the network have been reformed. There are shared digital platforms/platforms.	Does your organization have new roles or tasks related to digitalization? ☐ No roles or tasks related to digitalisation have been defined or identified. ☐ Occasional digital-related tasks are handled improvising, among other tasks, depending on the competence of the persons. ☒ In some teams, departments, etc. Tasks and roles related to digitalisation are clear. ☐ Roles or tasks related to digitalization have been defined throughout the organization. ☐ Roles and tasks are defined in the network.

Anexo 5 Perguntas e respostas sobre a maturidade da dimensão Processos e organização adaptado de (Apudigiin, 2024)

How has IT compliance been handled with your organisation's stakeholders? ☐ No evidence of implementation. ☒ Digital-based cooperation in the network is person-dependent, such as the use of cloud services. IT compatibility is not defined in the network. ☐ Defined as e.g. by activity (e.g. bilateral agreements and, where appropriate, separate policies). ☐ Key issues/objectives related to the utilisation of digitalisation or technologies, such as supplier independence or information security, defined at the organisational level from the perspective of key stakeholders/partners. ☐ Defined with key stakeholders; the needs of key stakeholders or partnerships are known and the operating methods described.	How is your organization's IT development roadmap described? How is the utilisation of digitalisation and new technologies reflected in it? ☐ Does not exist. ☒ The need for a roadmap has been identified. ☐ Roadmap made, eg. The key "digital steps" have been thought out for each function/department. ☐ The roadmap applies to the entire organization. Technological goals related to digitalization defined and progress planned for all functions of the organization. ☐ The roadmap acknowledges the needs of key stakeholders related to digitalization / technologies and describes systematic progress in relation to the goals.
How do people take advantage of your organization's new digitalization-based IT systems and their tools (e.g. ERP, CRM, social media, cloud services, etc.)? ☐ No display. ☐ Use occasional and/or person-dependent. Some individual experiments. ☐ Certain groups are actively used (e.g. finance and sales/marketing). ☒ Within the organization, the user rate of key applications is high and the basic capabilities throughout the organization are good. ☐ The systems are widely used, especially for core processes. The organization is open to reform; New technologies and applications are utilised, and solutions that cross organisational boundaries are acquired based on analyses.	

Anexo 6 Perguntas e respostas sobre a maturidade da dimensão Tecnologias da informação adaptado de (Apudigiin, 2024)

What is the personnel's willingness to change operations according to changing needs, such as adopting new digital technologies? ☐ There is little willingness. ☐ Willingness varies greatly at the individual level. ☒ Willingness varies by team/department. ☐ A common goal state in the organization. ☐ Staff take initiative in the introduction of new digital technologies.	What is the level of organizational culture related to digitalization? ☐ Digitalization is not part of the organizational culture. ☐ The importance of digitalisation is emphasised, but the possible measures are individual. ☒ Digitalization is seen as part of certain areas/teams where digital services are developed and maintained. ☐ Digitalization is seen as a tool related to the work of the entire organisation's personnel, which should be utilised. ☐ Digitalisation is (also) seen as a tool and enabler of working with the network (customers and partners).
What is the level of digitalization competence in your organization? ☐ No know-how. ☐ Competence varies at the individual level, there is no common digital competence development plan. ☒ Digitalization competence and its development are focused on specific areas/teams (e.g. financial administration and ordering process). ☐ Digitalization competence and its development are a key part of developing the competencies of the entire organization. Knowledge is shared. ☐ Digitalisation competence and its development are a key part of developing the network's competencies (covering customers and partners), and the opportunities it creates are regularly mapped.	How can employees be encouraged to come up with ideas for new practices, services, etc. that utilise digitalisation? ☐ Nohow. ☒ There is an initiative box or similar for ideas. ☐ The process is defined and communicated to the consciousness of all employees. ☐ Ideas are evaluated at regular intervals and those who come up with good ideas are rewarded. ☐ The competence of employees is utilised in development projects, and the benefits obtained through them are the basis for performance-based bonuses or similar.
How has your organisation's information systems (IT architecture) been implemented? IT architecture describes the building blocks of an information system entity, the connections and dependencies between them. ☐ No evidence of implementation. ☒ The IT implementation seems improvised on the outside. There are experiments with different techniques; tools are not integrable, etc. ☐ The IT architecture has been defined, but the implementation does not support the organization's digital operations as a whole. Architecture is siloed. No uniform data models. ☐ There is an IT architecture description; It is consistent across the organization and aligned with the organization's business model. The value and risks to the business are understood. The internal coherence of the organisation is emphasised in the implementation; does not comment on partnerships outside the organization. ☐ The IT architecture description enables comprehensive integrations between organizations (e.g. utilising cloud services/platform economy or strategic partnerships). The life cycle of the architecture is managed.	How is IT compliance handled within your organization? ☐ No evidence of implementation. ☐ Haphazard; The consideration of compatibility has been person-dependent. ☒ Defined as e.g. by function; The flow of information digital between some applications. ☐ IT compliance within the organization is defined uniformly at the organizational level; The key objectives, requirements and needs related to the utilisation of digitalisation/technologies have been defined and described. ☐ IT compliance is seamless and standardized. The ownership of digital information (data) is clear and serves the business. Data is not system/tool dependent. The development of information technologies is monitored regularly and implemented systematically.

**Anexo 7 Perguntas e respostas sobre a maturidade da dimensão Pessoas e cultura
adaptado de (Apuadigiin, 2024)**

Dimensão	Análise do Resultado da maturidade da organização segundo a dimensão
Análise do resultado geral	Aqui estão algumas diretrizes que você pode usar para interpretar as respostas da sua organização. Quais questões devem ser consideradas, definidas e verificadas em cada dimensão para que a maturidade digital da organização esteja em um nível bom ou excelente. Use-os para identificar ideias de desenvolvimento e anotar suas ideias de desenvolvimento:
Estratégia	A estratégia da organização orienta as operações: a estratégia foi definida, documentada, comunicada ou atualizada para corresponder ao estado atual da organização? A estratégia deve definir a relação da organização com a digitalização/transformação digital no ambiente operacional como parte da estratégia Para poder acompanhar a realização dos benefícios da digitalização, devem ser definidos objetivos estratégicos (indicadores para a definição de metas) para a digitalização. Modelo de negócio Descrever o modelo de negócios ajuda a direcionar atividades e atividades de desenvolvimento. Nas PME, o modelo de negócio pode fazer parte da estratégia. O impacto da digitalização no resultado de uma empresa deve ser reconhecido; quais os principais processos de negócio que foram digitalizados (por exemplo, canais de encomendas, marketing, funções relacionadas com a implementação de produtos/serviços) ou quais os processos de apoio aos negócios que foram digitalizados (por exemplo, faturação, contabilidade). Como a digitalização afetou o resultado? Seria possível operar sem digitalização? Se pretende aumentar o volume de negócios através da digitalização, tem de identificar e considerar como a digitalização se reflete no atual modelo de negócio ou como a digitalização pode talvez mudar o atual modelo de negócio Também vale a pena considerar se seria possível desenvolver novos modelos de negócios baseados na digitalização.

Interface com o cliente	Como e como a digitalização é visível na interface do cliente? Quais canais e ferramentas digitais já estão sendo usados em marketing, mapeamento de necessidades de mercado e clientes e comunicação com clientes (por exemplo, Mídias sociais, canais de marketing, internet, newsletters, cadastro de clientes, ...)? Os serviços digitais são sistematicamente utilizados para envolver os clientes (por exemplo, descontos VIP, pós-venda, marketing do próximo produto ou serviço)? A satisfação do cliente é monitorada digitalmente e utilizada na gestão operacional? O cliente tem a oportunidade de participar/adaptar a implementação de processos de encomenda-entrega-manutenção (por exemplo, modificação de encomendas ou encomendas adicionais, programação de entregas, informações sobre o progresso da encomenda, etc.)
Organização e processos	Quão bem os processos operacionais da organização são definidos e se eles são mais desenvolvidos; Existem modelos operacionais padrão, listas de verificação, cartas de marketing/oferta, etc.? Eles também abrangem redes de parceiros e interface com o cliente? Qual a forma das informações geradas e transferidas nos processos (etapas manuais vs. ferramentas e fases de trabalho automatizadas = Grau de digitalização das informações)? Ainda estamos a trabalhar no princípio do papel, ainda estamos a experimentar a digitalização, alguns processos já foram suportados com o digital, os processos centrais já foram suportados com o digital, ou os processos da rede de parceiros já foram suportados com o digital? Como as informações se movem entre diferentes processos (manualmente/automaticamente = integração digital dos processos)? As interfaces foram definidas e as informações certas se movem entre aqueles que precisam delas no momento certo? A digitalização identificou novas tarefas e papéis na organização (improvisar, atribuir responsabilidades, novos papéis)? Os papéis já foram definidos na rede de parceiros?

Se a arquitetura de TI da organização está descrita; por exemplo, com relação aos sistemas de informação mais importantes para as operações da organização, onde estão os servidores, como e quais informações se movem entre diferentes sistemas, fornecedores de sistemas/software, levando em conta a segurança da informação, etc.

A descrição da arquitetura de TI também ajuda a entender a compatibilidade dos sistemas de informação da organização e possíveis problemas que precisam ser desenvolvidos, como coisas que precisam ser automatizadas. A descrição de fluxos de dados permite o desenvolvimento de compatibilidade de TI. A compatibilidade de TI funciona com seus parceiros?

A descrição da arquitetura de TI juntamente com os objetivos estratégicos ajudam a formar um roteiro de desenvolvimento de TI para a empresa. Preste atenção na empresa e suas atividades com os parceiros da empresa. Também pode ser visto de forma mais ampla como um roteiro para o desenvolvimento digital.

Que sistemas de TI/TIC a empresa utiliza? Quão ativamente são utilizados (podem ser obtidas informações sobre a taxa de utilização)?

Exemplos de soluções digitais

Aqui estão exemplos de ferramentas digitais para empresas, que você pode usar como listagem ao analisar e debater o desenvolvimento da digitalização da sua empresa. Lembre-se de que as ferramentas não são o fim em si mesmas, mas o negócio da empresa – e como a tecnologia pode ser aproveitada para apoiá-la. Usamos a seguinte lista em nossa pesquisa de digitalização em 2018 e 2019:

Website (website na língua nativa da organização)

Sites internacionais

Nota fiscal eletrônica

Soluções de segurança

Feedback eletrônico ou canal de contato

Mídias sociais (por exemplo. Facebook, Twitter, *LinkedIn*...)

Digital Marketing

Serviços em nuvem

Reuniões online (por exemplo, Equipas) dentro da empresa

Reuniões online (por exemplo, Teams) com partes externas à empresa

Sistema de Gestão de Atendimento ao Cliente (CRM) Sistema de Gestão Documental

Aplicativos móveis

Loja online para venda dos produtos/serviços da empresa

Pessoas e cultura	Sistema de planeamento de recursos empresariais (ERP)
	Sistema de agendamento eletrônico de consultas
	Pagamento móvel
	Utilização de análise de dados nos negócios (por exemplo, <i>Google Analytics</i>)
	Internet das Coisas (IoT), Internet Industrial
	Soluções de <i>Big Data</i> (utilização de grandes massas de dados)
	Soluções de IA
	Que tipo de cultura organizacional prevalece; Há vontade de mudar ou resistência à utilização da digitalização? A vontade de mudar varia de departamento para departamento/equipe para equipe ou a empresa tem um objetivo comum? A equipe tem iniciativa em assuntos digitais? Como a organização vê e incentiva a utilização da digitalização?
	A organização tem expertise relacionada à digitalização; Foram identificadas necessidades de formação ou de apoio? Os funcionários são treinados em assuntos digitais?
	A organização incentiva os colaboradores a apresentarem ideias para novas formas de trabalho relacionadas com a digitalização ou formas de utilizar ferramentas? Se incentivadas, como as ideias serão recolhidas e avaliadas?

Anexo 8 *Análise dos resultados Digimaturity*
adaptado de (Apudigiin, 2024)

ManWinWin - Implementação & Consultoria - PORTUGAL

Contactos:	Navaltik Management	João Manuel Martins Ferreira Novais	+351 937 860 169	jnovais@manwinwin.com
		Flávio Silva	+351 966 172 681	

Dia 1/9 - Reunião arranque e Parametrização ManWinWin

18-jan-2024

- › Clarificação da adjudicação
- › Calendarização do projecto
- › Eleição equipamento piloto
- › Identificação pessoas chave do projecto
- › Organização Funcional
- › Centros de Custo

Dia 2/9 - Formação Parametrização ManWinWin

25-jan-2024

- › Organização Funcional
- › Centros de Custo
- › Fornecedores
- › Organograma Pessoal Manutenção
- › Pessoal Manutenção
- › Administração de Utilizadores
- › Tipo de Objecto – Conceito e Funcionalidade

Dia 3/9 - Formação G. Manutenção - Parque

A Agendar

- › Conceitos de objecto manutenção, objecto de gestão
- › Registar equipamentos e seus componentes ("filhos" e/ou órgãos)
- › Função repetir equipamentos
- › Importação de dados para o ManWinWin
- › Registar leituras de funcionamento do(s) equipamento(s) (H, KM, ...)
- › Definir e associar Pontos de Leitura a um equipamento (Temperatura, Pressão,...)
- › Parâmetros de Leitura
- › Demonstrar mudança de coordenadas de um equipamento (Histórico de Utilização)
- › Pesquisa & Filtros
- › Impressão de relatórios

Dia 4/9 - Formação G. Manutenção - Mestre-Artigos & Planos Manutenção

08-jan-2023

- › Estruturar a Norma de Materiais
- › Registar Artigos – Constituição do Mestre
- › Associar equipamento(s) a artigo(s)
- › Função Repetir Artigos

2/4

Navaltik Management
Organização da Manutenção, Lda.
Av. Prof. Dr. Egas Moniz, 12A
2745-761 Massamá, Portugal

Phone
(+351) 214 309 100
Fax
(+351) 214 309 109

Website
www.manwinwin.com
E-mail
support@manwinwin.com

Microsoft Partner
Silver Application Development



- › Pesquisas & Filtros
- › Biblioteca de Preparações Padrão
- › Elaborar fichas de trabalho padrão na biblioteca
- › Definir planos de manutenção: com e sem ciclo
- › Repetir FMP e PM

Dia 5/9 - Formação G. Manutenção - Planos Manutenção (consolidação) / Ordens Trabalho

A Agendar

- › Definir planos de manutenção: com e sem ciclo
- › Programar ordens de trabalho com base nas fichas definidas anteriormente
- › Separadores Gestão da OT/Tarefas/Mão de Obra/Materiais/Outros
- › Demonstrar o ciclo de gestão de um trabalho: Programar, Emitir, Terminar, Encerrar
- › Elaborar o relatório de um trabalho, registar tempos de manutenção e indisponibilidades
- › Demonstrar diferentes formas de análise aos trabalhos (semáforos, calendário)
- › Reprogramar OTs (recurso Avançado ou Calendário OT) / Motivos Reprogramação
- › Ordens de trabalho não realizadas – RNC | NR
- › Ordens de trabalho em curso – diagnóstico – Motivo de Trabalho Pendente
- › Visualização do circuito OT Correctiva [Registar; Emitir; Report; Terminar]
- › Registo de Ordens de Trabalho Correctivas
- › Configuração Pedidos de Manutenção
- › Preparar o Pedido de Manutenção
- › Acompanhar o Pedido de Manutenção
- › Atender o Pedido de Manutenção
- › Pesquisas & Filtros

Dia 6/9 - Formação ManWinWin WEB

A Agendar

- › Editar equipamentos
- › Smart Tags - Gerar e utilizar QR Codes
- › Registar leituras de funcionamento do(s) equipamento(s) (H, KM, ...)
- › Demonstrar o ciclo de gestão de um trabalho: Programar, Emitir, Terminar, Encerrar
- › Elaborar o relatório de um trabalho, registar tempos de manutenção

Dia 7/9 - Formação ManWinWin WEB + Pedidos Manutenção

A Agendar

- › Demonstrar o ciclo de gestão de um trabalho: Programar, Emitir, Terminar, Encerrar
- › Elaborar o relatório de um trabalho, registar tempos de manutenção
- › Configuração Pedidos de Manutenção
- › Preparar o Pedido de Manutenção
- › Acompanhar o Pedido de Manutenção
- › Atender o Pedido de Manutenção
- › Pesquisas & Filtros

3 / 4

Navaltek Management
Organização da Manutenção, Lda.
Av. Prof. Dr. Egas Moniz, 12A
2745-761 Massamá, Portugal

Phone
(+351) 214 309 100
Fax
(+351) 214 309 109

Website
www.manwinwin.com
E-mail
support@manwinwin.com

Microsoft Partner
Silver Application Development



ManWinWin - Implementação & Consultoria -
PORTUGAL

Dia 8/9 - Formação Custos e Controlo Orçamental & Análises e Indicadores

A Agendar

- › Rubricas
- › Tipos de Documentos de Custo
- › Conceito Doc. Custo
- › Conceito Item Custo
- › Conceito de Orçamento
- › Elaboração de Orçamento
- › Consultas ao Orçamento: Elaboração de Consultas à medida
- › Pesquisas & Filtros
- › Enquadramento sobre Indicadores de Gestão
- › Visualização Relatório Trabalhos
- › Visualização Análises no Parque
- › Preparação de indicadores segundo a norma EN 15341

Dia 9/9 - Sessão Final & Consolidação Final

A Agendar

- › Considerações Finais
- › Outros trabalhos
- › Análise ao trabalho desenvolvido

Anexo 9 Plano de implementação ManWinWin
adaptado de (Navaltik Management - Organização da Manutenção Lda. 2024)

Ordens Trabalho: Agrupados por Tipo Trabalho

Critério:

Data de 01/04/2024 a 31/07/2024

A - Preventivo Sistemático

A1 - Sistemático	1 466
A2 - Lubrificações	61
Sub-Total:	1,527

C - Correctivo

C1 - Reparação Avaria	38
Sub-Total:	38

M - Melhoria

M1 - Melhoria	21
Sub-Total:	21
Total:	1,586

Anexo 10 Registo de manutenções realizadas ManWinWin