

ESTUDO de **BENCHMARKING INTERNACIONAL**

Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0

Cofinanciado por:



ESTUDO de
**BENCHMARKING
INTERNACIONAL**

Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0

A FICHA TÉCNICA:

Edição e Promoção:

NERLEI - Associação Empresarial da Região de Leiria

Autoria:

Pomegranate - Consultoria e Formação, Lda.

Co-autoria:

Vitor Ferreira

Mário Pereira

Data de Edição:

Setembro 2022

Cofinanciado por:



NOTA PRÉVIA / PREFÁCIO

Para que as organizações consigam manter a sua continuidade de negócio e manterem-se competitivas torna-se essencial a aposta na inovação que promova a sua sustentabilidade. A inovação tem a capacidade de agregar valor aos produtos de uma organização, diferenciando-a, em mercados com alto nível de competitividade e cujos produtos concorrentes são praticamente equivalentes. Aqueles que inovam neste contexto, ficam em posição de vantagem em relação aos demais, porque permitem que as empresas acedam a novos mercados, aumentem suas receitas, realizem novas parcerias, adquiram novos conhecimentos e aumentem o valor de suas marcas.

Ao realizar este Guia de Boas Práticas pretendeu-se dar um contributo para contextualizar e melhorar o entendimento dos princípios e conceitos relativos à Inovação. Serve igualmente para transmitir informação sobre as vantagens da adoção de atitudes com foco na Inovação e ainda, promover os conceitos relativos ao Sistema de Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI), às vantagens da normalização e certificação na inovação, e à implementação de um SGIDI - Sistema de Gestão IDI.

Assim, este documento a tem como objetivo principal o de poder contribuir para o aumento do conhecimento geral de conceitos e fundamentos da gestão da inovação e de conceitos para implementar nas organizações de sistemas de gestão de Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI) assim como as suas metodologias e ferramentas.

O presente documento pretende contribuir para a importância da inovação na continuidade do negócio das organizações. Pretende igualmente promover a melhoria do desempenho das organizações através da gestão da IDI. Assim, serão apresentadas um conjunto conceitos e fundamentos da inovação e de propostas e recomendações aplicáveis a organizações, no sentido de promover a eficiência das atividades de IDI desenvolvidas de acordo com as boas práticas da Gestão da Inovação.

Este guia é um documento que segue a abordagem de melhoria contínua e por isso, pode ser objeto de proposta de melhoria e de novas edições com atualização de assuntos que se considerem relevantes para a promoção do conhecimento. Assim, informações sobre potenciais erros ou oportunidades de melhoria detetados neste documento, serão bem-vindos como contributos para uma posterior edição atualizada e melhorada

Por fim, gostaríamos de agradecer a todos os que contribuíram com excelente informação para esta publicação que se pretende seja mais um pequeno passo em direção à sucesso de todos com a Gestão da Inovação.

Muito Obrigado!

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:



1.	INTRODUÇÃO	9
2.	DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0	15
	2.1 Indústria 4.0	17
	2.2 Pilares	21
	2.2.1 Internet of Things (IoT)	22
	2.2.2 Machine to Machine (M2M)	24
	2.2.3 Cyber Physical Systems (CPS)	24
	2.2.4 Big Data and Analytics	26
	2.2.5 Artificial Intelligence	28
	2.2.6 Cloud Computing (Armazenamento em Nuvem)	30
	2.2.7 Smart Manufacturing	31
	2.2.8 Horizontal & Vertical System Integration	32
	2.2.9 Augmented Reality	33
3.	IMPACTO EM PMES	35
	3.1 Benefícios da adoção da Indústria 4.0	38
	3.2 Obstáculos antes da adoção da Indústria 4.0 por PME	46
4.	INICIATIVAS POLÍTICAS	57
	4.1 Iniciativas Nacionais	59
	4.2 Foco	64
	4.3 Financiamento	67
	4.4 Resultados e eficiência trazidos	70
	4.5 Implementação	71
	4.6 Tipologias de política de indústria 4.0	72
	4.6.1 Espaço de política	72
	4.6.2 Fatores de controlo da política industrial 4.0	73
	4.6.3 Barreiras enfrentadas na política industrial 4.0	74
	4.6.4 Política da Indústria 4.0 de uma perspetiva SWOT	75
	4.6.5 Principais lições de política	77
	4.6.6 Questões transversais para políticas industriais eficazes 4.0	79
	4.6.7 Transformação social e políticas regionais - o caso Esloveno	81

5.	CASOS DE ESTUDO	87
	5.1 Caso de estudo Laboratório de Desenvolvimento Territorial (TDLab) de Gipuzkoa	89
	5.1.1 O TDLab	89
	5.1.2 Etapa 1 (2009-2017): construção de governança multi-escalar para políticas de PMEs	91
	5.1.3 Etapa 2 (2017-2020): Indústria 4.0 para PMEs no contexto da nova governança	93
	5.1.4 Principais Resultados	102
	5.2 Caso de Estudo “Mittelstand 4.0”	107
	5.2.1 Estrutura Mittelstand 4.0	107
	5.2.2 Principais Características	112
	5.2.3 Principais resultados	122
	5.2.4 Conclusão	125
	5.3 Caso de estudo setorial - Cluster de revestimentos cerâmicos de Castellon	128
	5.3.1 O Cluster de revestimentos cerâmicos de Castellon	128
	5.3.2 Um programa baseado em locais para a Indústria 4.0	129
	5.3.3 O papel dos atores coletivos: liderança, cooperação e co-design baseado no lugar	131
	5.3.4 Capital social e difusão	133
	5.3.5 Promovendo a conscientização: construindo uma nova sub-identidade	134
	5.3.6 Resumo das Constatações	135
6.	CONCLUSÕES	139
7.	REFERÊNCIAS	145

1 INTRODUÇÃO

Cofinanciado por:



ESTUDO de
BENCHMARKING INTERNACIONAL
Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0



INTRODUÇÃO

Possibilitando diferentes tipos de inovações, a implementação da Indústria 4.0 promove uma evolução para sistemas nos quais a interação, e até mesmo a integração, de diferentes elementos de negócio, previamente independentes, é alcançada. Muitas grandes empresas, que possuem recursos e estratégias para o desenvolvimento, reconheceram a importância da adoção dessas novas práticas. No início desta década, os primeiros “players” aproveitaram a oportunidade para desenvolver uma vantagem competitiva adicional, encadeando “o jogo” e definindo-o como um requisito para recuperar e manter a participação de mercado. Esta segunda onda envolve cada vez mais pequenas e médias empresas (PME), muitas das quais ainda estão na fase de triagem e análise de custo-benefício.

O impacto da implementação da Indústria 4.0 na competitividade da empresa tornou-se claro para os decisores políticos. Liao *et al.* (2017) estudaram 18 políticas públicas, todas baseadas nas iniciativas nacionais alemãs relacionadas com a Indústria 4.0, concluindo que, para mais da metade delas (55,6%) as suas principais metas é aumentar, manter ou recuperar a competitividade, e ainda mais (61,1%) esperam apoiar o crescimento económico. Para atingir essas metas, são realizadas atividades específicas, principalmente relacionadas com Inovação e Tecnologia (66,7%), aplicadas em três elementos: humano (61,1%), produto (55,6%) e infraestrutura (44,4%).

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

INTRODUÇÃO

A União Europeia apostou no renascimento industrial, com base numa indústria mais intensiva em conhecimento. Um dos principais documentos é um comunicado da Comissão Europeia ao Parlamento sobre “Renascimento Industrial Europeu” em 2014 (COM, 2014/14). Este documento, destaca a computação em nuvem (*cloud computing*), *big data* e desenvolvimentos em cadeias de valor de dados, novas aplicações industriais da internet, fábricas inteligentes, robótica, impressão em 3-D e design como novas oportunidades tecnológicas para a modernização industrial. As conclusões deste documento centram-se no aumento da competitividade industrial através de políticas inter-áreas, aumento dos investimentos locais, nacionais governamentais e da UE, estabelecendo o objetivo específico de aumentar para 20% a contribuição da indústria para o PIB até 2020 (objetivo que ficou aquém com o dealbar da pandemia).

Para atingir este objetivo, a Comissão Europeia alocou 80 mil milhões de euros no período de 2014 a 2020 para a investigação e inovação, incluindo o apoio ao desenvolvimento de tecnologias facilitadoras essenciais, o programa Horizonte 2020. De acordo com a publicação “Primeiros resultados do Horizonte 2020” da Comissão Europeia (2015), mesmo na fase inicial, as primeiras 100 chamadas, foram alcançados muitos indicadores-chave do programa. O aumento do número de novas instituições implicadas (38%, 3 vezes mais do que no último convite do programa

INTRODUÇÃO

FP7), o elevado envolvimento das PME (o objetivo de 20% do orçamento para as PME foi atingido) e quase todas as convenções de subvenção (95%) foram assinadas no período alvo.

O que é claro é que o foco da Comissão Europeia e do programa Horizonte 2020 encorajou os governos locais, regionais e nacionais em toda a Europa a desenvolver diferentes apoios financeiros e não financeiros para a reindustrialização e o aumento da competitividade da União Europeia. O foco na maioria destes vetores é promover a inovação através de um maior desenvolvimento do ecossistema e apoiar as PME para a reestruturação, modernização e aquisição de conhecimento.

Agora é o momento de perceber alguns dos impactos e das melhores práticas na implementação de medidas relativas à indústria 4.0.

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

2

Cofinanciado por:



Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

ESTUDO de
BENCHMARKING INTERNACIONAL
Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0



2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

2.1. INDÚSTRIA 4.0

A crescente fusão da produção industrial com as tecnologias de informação e comunicação (TIC) trouxe a chamada Indústria 4.0. O termo Indústria 4.0, também conhecido como a Quarta Revolução Industrial ¹, surgiu em 2011, na feira de Hannover, atraindo grande atenção de académicos, profissionais, autoridades governamentais e políticos de todo o mundo.

O motivo do conceito I4.0 ter sido apresentado na Alemanha não é de todo surpreendente, tendo em conta que é um território que se apresenta como célebre, por possuir uma indústria competitiva, tendo em consideração que é uma das potências económicas com maior poder na industrialização e na respetiva produção. Ideias semelhantes também ocorreram noutros países, mas sob nomes diferentes, o que pode ser ilustrado pela “Internet Industrial” nos EUA e “Internet +” na China.

A literatura que domina esta temática apresenta termos como “fábrica do futuro”, “fábrica automatizada”, “Fábrica inteligente” e “digitalização da indústria”. Estes termos dão relevância num aspeto que por si só não é suficiente para explicar a extensão que a indústria 4.0 está a ter no sistema de produção industrial global e conseqüentemente nas vidas

¹ A I4.0 sucede-se às três transformações tecnológicas identificadas anteriormente: a primeira gerada pela força do vapor, seguida da segunda, com o uso da eletricidade, que transformou grande parte do século XX, e, posteriormente, a terceira no início de 1970, resultante da invenção dos computadores (Cordes & Stacey, 2017).

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

de cada indivíduo. Ou seja, não nos devemos centrar apenas na fábrica como um edifício no qual a fabricação ocorre, nem na dimensão única da rede que liga a empresa a um conjunto de fornecedores de materiais, componentes, produtos e serviços que compõem a cadeia de abastecimento. Este novo modelo de indústria é muito mais abrangente. É um novo modelo que permite conectar informações, objetos e pessoas devido à convergência dos mundos físico e virtual (ciberespaço) na forma de Sistemas Ciber-Físicos (CPS).

Com a apresentação desta quarta revolução industrial verificaram-se diversos desenvolvimentos mundiais no sentido de implementar a mesma, sendo que na fase inicial, o foco foi direcionado para o espaço físico das indústrias.

A ausência de descrição pormenorizada desta nova revolução industrial aliada à rápida difusão, origina a que pesquisadores e empresas apresentem diferentes pontos de vista sobre o conceito da Indústria 4.0. Como as potenciais consequências na indústria e na fabricação, não estão ainda claramente definidas, este conceito, que pretende descrever o novo ambiente industrial e os avanços tecnológicos envolvidos, nem sempre é consensual.

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

Segundo Kagermann et al. (2013) as principais características do conceito Indústria 4.0 são definidas por três dimensões de integração:

- (1) integração horizontal através de redes de valor,
- (2) integração vertical e sistemas de fabricação em rede e
- (3) sistemas digitais de ponta a ponta.

A integração horizontal através de redes de valor refere-se à integração de vários sistemas de Tecnologias de Informação (TI), processos, recursos e fluxos de informação dentro de uma organização e entre outras organizações, enquanto os sistemas de integração vertical e fabricação em rede dizem respeito à integração desses elementos através dos departamentos e níveis hierárquicos de uma organização, desde o desenvolvimento de produtos até a fabricação, logística e vendas. O objetivo desses dois tipos de integração é fornecer uma solução de ponta a ponta em toda a cadeia de valor, cujo objetivo é facilitar a personalização do produto e reduzir os custos operacionais através do uso do Sistemas Ciber-Físicos (CPS), ou seja, integrar digitalmente toda a cadeia de valor.

Hermann et al. (2016) define indústria 4.0 como sendo um termo colaborativo para tecnologias e conceitos que englobam toda a cadeia de valor das

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

organizações, identificando quatro aspetos chave no funcionamento da referida cadeia:

- (1) CPS,
- (2) Internet das Coisas (IoT),
- (3) Internet de Serviços (IoS) e
- (4) fábrica inteligente.

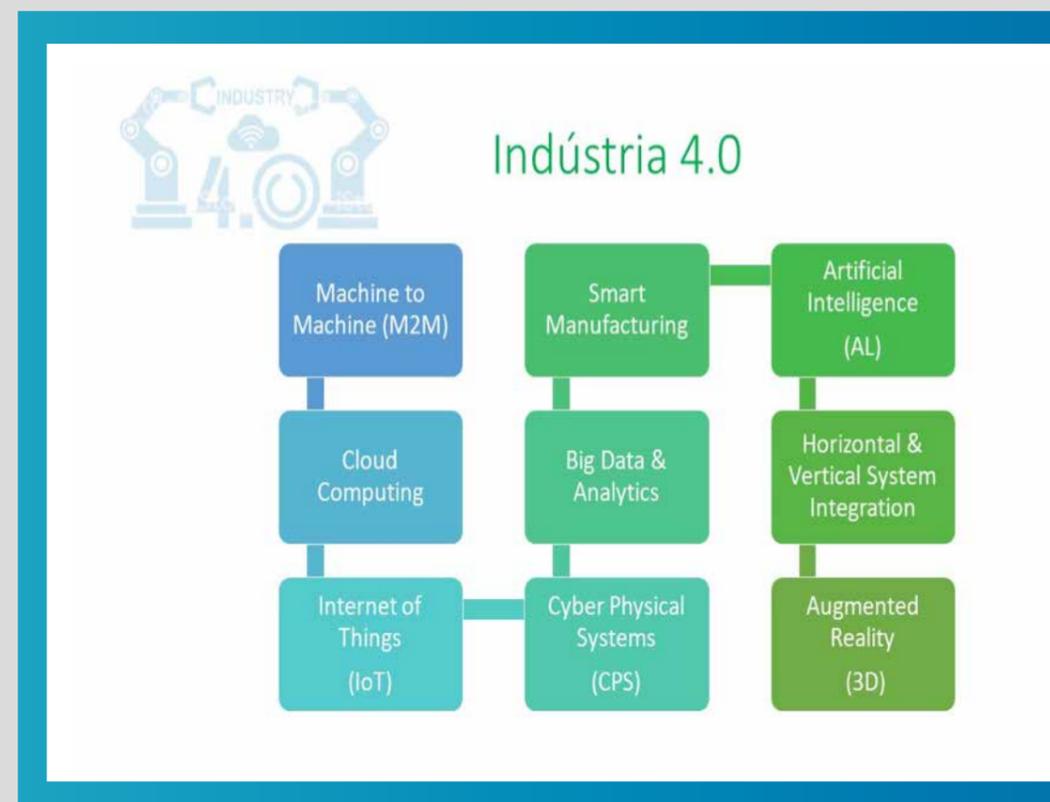
As fábricas inteligentes são organizadas por uma estrutura modular, cujos processos são controlados e monitorados pela CPS, que toma decisões descentralizadas. Por isso, as fábricas do futuro são planeadas para serem fábricas inteligentemente automatizadas, nas quais máquinas, produtos, ferramentas, trabalhadores e até clientes estão interligados a sistemas de produção física cibernética. A tecnologia IoT permite a cooperação entre cada CPS na fábrica inteligente e os operadores em tempo real, enquanto a tecnologia IoS fornece serviços internos e entre organizações, ao longo de toda a cadeia de valor.

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

2.2. PILARES

A definição mais consensual na literatura estudada explicam a Indústria 4.0 como sendo um termo abrangente para um novo paradigma industrial que abrange um conjunto de desenvolvimentos industriais futuros relacionados a Sistemas Ciber-Físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), Internet de Serviços (IoS), Robótica, *Big Data*, fabricação em nuvem (*Cloud Manufacturing*) e Realidade Aumentada (Pereira & Romero, 2017; Schmidt et al., 2015; Yin et al., 2018), que influenciarão tanto os produtos quanto os processos, permitindo melhorias de eficiência e produtividade. Ou seja, este conceito abrange tecnologia de fabricação digital, tecnologia de comunicação em rede, tecnologia de computação e tecnologia de automação.

Podemos sintetizar as diferentes tecnologias na figura 1.



Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

2.2.1 INTERNET OF THINGS (IOT)

A expressão Internet das Coisas ou *Internet of Things* é igualmente, denominada como “*Industrial Internet of Things*” (*IIoT*). A I4.0 é baseada no conceito IoT, que provocou diversas mudanças no modo de fabricação e de manutenção na indústria, resultantes da redução do ciclo de produção, da automação das máquinas e da manutenção dos equipamentos. As tecnologias emergentes, tais como *Internet of Things*, permitem que os elementos físicos se conectem ao mundo digital, resultando, assim, numa enorme quantidade de dados da organização em tempo real e sendo, simultaneamente, auxiliados por capacidades de armazenamento de grande dimensão, através da tecnologia da nuvem (*Cloud Computing*).

O termo *Internet of Things (IoT)* caracteriza-se pela forma como as indústrias utilizam a inteligência artificial no decorrer do sistema da sua produção e na execução dos produtos com o objetivo de construir uma rede interna de comunicação que é suportada pela *Internet of Services*, como por exemplo a nuvem em armazém-

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

O uso de *Internet of Things*², *Internet of Services* e *Internet of People* representam uma ligação existente entre a conceção do conceito máquina-máquina, humano-máquina e humano-humano, ao mesmo tempo que existe uma obtenção de diversos dados. Deste modo, será necessário analisar esses mesmo dados, por forma a que seja possível prever falhas e erros, assim como conseguir a adaptação das condições necessárias que se encontram em transformação. Os sistemas físicos conseguem-se auxiliar e comunicar uns com os outros, sendo, também, possível transmitir informação para os humanos, o que se torna exequível devido à existência de *Internet of Things* e os restantes programas inerentes.

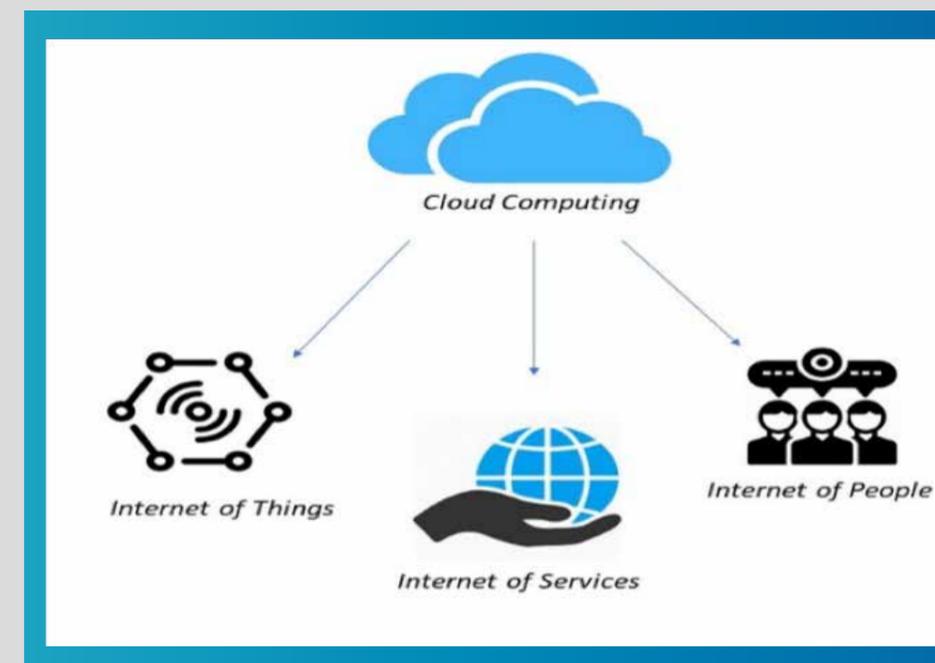


Figura 2 - Internet of Things

² *Internet of Services* é um sistema que descreve a existência de uma vasta gama de serviços disponíveis para os consumidores em todos os setores (Huxtable & Schaefer, 2016, p. 48).

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

2.2.2 MACHINE TO MACHINE (M2M)

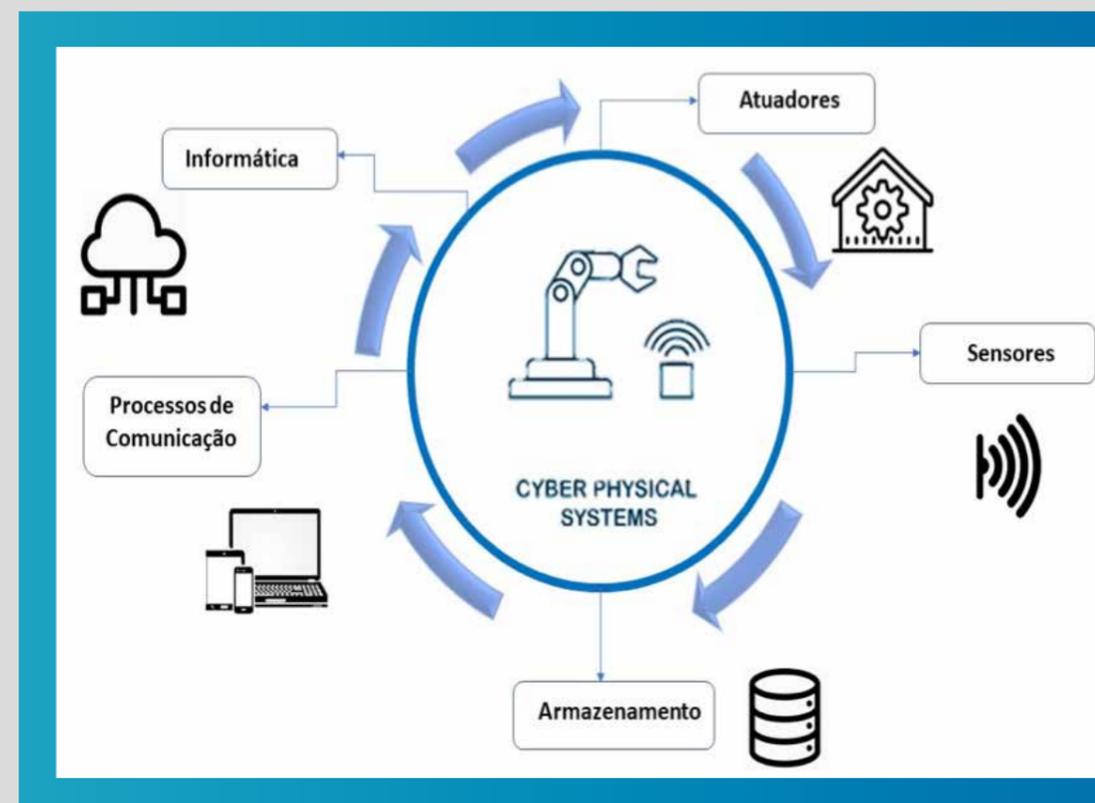
O conceito *Machine to Machine* ou igualmente conhecido como “Máquina por Máquina” aplica-se quando há um controlo autónomo e interno das máquinas, que acabam por se conectar entre si com o objetivo de criarem uma rede onde os seus dados são agregados. Há uma monitorização e um tipo de controle entre as mesmas, sem a intervenção do ser humano. As máquinas, os transportadores e os produtos inteligentes comunicam entre si de modo a haver uma alteração da produção flexível dos diversos tipos de produtos de modo que haja coordenação entre as mercadorias.

2.2.3 CYBER PHYSICAL SYSTEMS (CPS)

CPS ou *Cyber Physical Systems* é considerada a base de sistema da Indústria 4.0. O *CPS* é um mecanismo que tem como objetivo controlar e supervisionar as entidades físicas, através de operações que são controladas e monitorizadas por meio do computador, mas também de sistemas de comunicação. O controlo do *CPS* é realizado através de atuadores, de sensores e aparelhos de comunicação que permitem o funcionamento do sistema que se encontram conectados e são compostos pelo poder de processamento. O sistema *CPS* integra um sistema de comunicação e de recursos computacionais incorporados, com o objetivo

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

de possuir processos físicos e sistemas dotados de recursos adicionais. São sistemas projetados e construídos que dependem da integração perfeita de algoritmos computacionais e componentes físicos.



Os sistemas ciber-físicos numa fábrica inteligente monitorizam os processos físicos, tomam decisões descentralizadas e acabam por desenhar o mundo real através de um sistema virtual incorporado dentro das fábricas inteligentes (Jerman *et al.*, 2018).

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

2.2.4 BIG DATA AND ANALYTICS

Nos dias de hoje há um grande volume e uma grande quantidade de dados que se cruzam. De modo a seleccionar os dados mais importantes e analisar os mesmos de uma forma mais rápida e facilitada, foi criado o *Big Data*. Trata-se de uma ferramenta que ajuda na seleção de dados de uma maneira eficiente e rápida, de modo a obter a informação mais velozmente. O *Big Data* permite analisar e separar os dados do mais importante para o menos importante.

“*Big Data*” é um termo utilizado para descrever uma variedade de dados, sejam eles estruturados, semiestruturados e não estruturados, o que o transforma numa infraestrutura de dados complexa. As técnicas de *Big Data* permitem a análise de um enorme volume de informações que são geradas num ecossistema de produção provenientes da I4.0. Permitem, igualmente, gerar valor para a cadeia de produção, com base no uso inteligente de dados.

O *Big Data* é relevante para os sistemas que não são técnicos, mas também para os sistemas de TI, no entanto torna-se ainda mais fulcral quando é aplicado no contexto de CPS devido às implicações físicas em termos de capacidades, risco e custos técnicos. É necessário analisar o *Big Data* de maneira que seja possível prever falhas e erros, assim como a adaptação das condições que se encontram em constante transformação.

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

s mais importantes e analisar os mesmos de uma forma mais rápida e facilitada, foi criado o *Big Data*. Trata-se de uma ferramenta que ajuda na seleção de dados de uma maneira eficiente e rápida, de modo a obter a informação mais velozmente. O *Big Data* permite analisar e separar os dados do mais importante para o menos importante.

“*Big Data*” é um termo utilizado para descrever uma variedade de dados, sejam eles estruturados, semiestruturados e não estruturados, o que o transforma numa infraestrutura de dados complexa. As técnicas de *Big Data* permitem a análise de um enorme volume de informações que são geradas num ecossistema de produção provenientes da I4.0. Permitem, igualmente, gerar valor para a cadeia de produção, com base no uso inteligente de dados.

O *Big Data* é relevante para os sistemas que não são técnicos, mas também para os sistemas de TI, no entanto torna-se ainda mais fulcral quando é aplicado no contexto de CPS devido às implicações físicas em termos de capacidades, risco e custos técnicos. É necessário analisar o *Big Data* de maneira que seja possível prever falhas e erros, assim como a adaptação das condições que se encontram em constante transformação.

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0



Figura 4 - Modelo Big Data & Analytics

2.2.5 ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Artificial Intelligence ou Inteligência Artificial consiste numa ciência em que se torna possível que máquinas e dispositivos sejam capazes de se assemelhar à capacidade que, anteriormente, apenas os seres humanos detinham. A Inteligência Artificial consiste na realização de produção de computadores e *softwares*, com o objetivo primordial de executar atividades das quais

Cofinanciado por:

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

os seres humanos, neste momento, conseguem realizar melhor. Nos dias de hoje, é possível que estes instrumentos simulem o comportamento dos seres humanos, através da aptidão para entender, tomar certas decisões e atuar na resolução de problemas.

No processo de comunicação de máquinas, a Inteligência Artificial é utilizada para entender a inteligência usada por máquinas, em contraste com a inteligência natural exibida pelos seres humanos e os animais. Nas fábricas inteligentes, as máquinas, os sistemas e os produtos inteligentes estão interligados uns com os outros, apresentando consequências para as estruturas existentes dos sistemas de produção, já que contribuem para que se criem organizações cada vez mais descentralizadas nas fábricas do futuro.

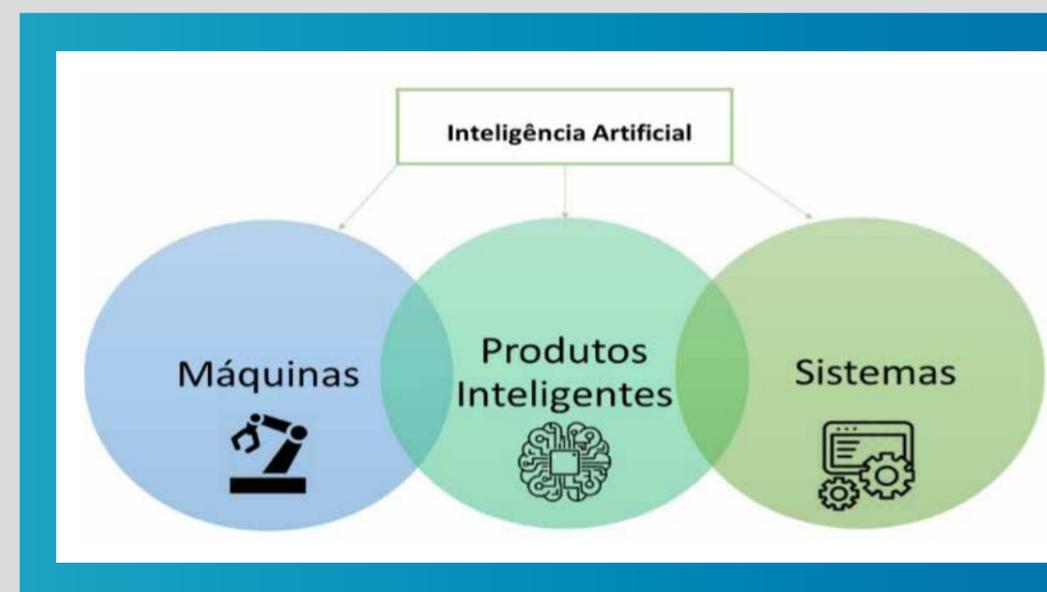


Figura 5 - Integração da Inteligência Artificial

Cofinanciado por:

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

Uma fábrica inteligente pode, igualmente, ser definida como um sistema ciber-físico, onde a produção flexível e ágil é implementada através do *hardware*. A automação das máquinas implementa a mão-de-obra, aumenta a produção de formas que influenciam uma maior procura de mão-de-obra e realiza as negociações na oferta de mão-de-obra. A automação vai-se tornar cada vez mais inteligente e adaptável, devido aos avanços da inteligência artificial.

2.2.6 CLOUD COMPUTING (ARMAZENAMENTO EM NUVEM)

Cloud Computing ou Armazenamento em Nuvem fornece sistemas de computação, incluindo os demais armazenamentos de dados, sistemas, *softwares* e análise dos mesmos através da Internet, de modo a proporcionar uma implantação mais rápida, assim como recursos flexíveis e economias de escala. O Armazenamento em Nuvem oferece a oportunidade de recolher um grande volume de dados pela Internet, através do *hardware*, aumentando, assim, a disponibilidade e a alcançabilidade do *Big Data*. A Computação em Nuvem permite o provisionamento de grandes quantidades de dados, essa prática é importante principalmente para armazenar os dados produzidos durante todo o processo, tendo em conta que as máquinas possuem um maior nível de produção face ao ser humano, sublinhando-se, ainda, que os dados têm a capacidade de estarem sempre conectados em rede.

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

Um grande volume de dados pode ser carregado para a *Cloud Computing*, para o armazenamento e computação, o que irá facilitar a fabricação e a produção. O uso do Armazenamento em Nuvem permite que haja uma redução nos custos, visto que evita a compra de licenças e programas e a contratação de pessoas especializadas para fazer a manutenção. A computação em nuvem surgiu como uma solução para fornecer informação acessível e simples ao conteúdo TI externo.

2.2.7 SMART MANUFACTURING

A expressão “*Smart Manufacturing*” ou “Manufatura Inteligente” é uma designação que teve origem no Estados Unidos. Trata-se de um conjunto de práticas de fabricação que utilizam dados em rede e tecnologias de informação e comunicação para controlar as operações de fabricação. Os sistemas de Manufatura Inteligente são capazes de alcançar os sistemas de dados em tempo real, o que permite o aperfeiçoamento da precisão da tomada de decisão, aumenta a capacidade, o desempenho da produção e contribui para o aumento geral da produtividade.

A I4.0 é capaz de desenvolver uma nova geração de sistemas de fabricação inteligente que integram e sincronizam os dados em tempo real, entre os objetos físicos e o espaço computacional. É considerada uma nova etapa para os sistemas de manufatura, especialmente nos sistemas inteligentes, que são capazes de

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

responder, com rapidez, à competição global e aos requisitos da customização. Os sistemas de manufatura tradicionais estão baseados em quatro requisitos básicos, incluindo os objetivos, as condições funcionais requeridas pela empresa, as particularidades tecnológicas e os encargos necessários inerentes ao negócio (Qu et al., 2019)

2.2.8 HORIZONTAL & VERTICAL SYSTEM INTEGRATION

“Horizontal & Vertical System Integration”, “Integração Vertical” ou “Mapeamento de Integração Interna” consiste na avaliação de sistemas para identificar quais é que são as áreas cruciais que necessitam de ser assistidas de uma forma diferente. A Integração Vertical é entendida como a integração das tecnologias nos sistemas TI, baseados na produção e na automação do equipamento. No que diz respeito aos Sistemas de Integração Horizontal, a comunicação não é apenas realizada dentro de uma fábrica, mas em toda a cadeia de suprimentos entre os fornecedores, os fabricantes e os prestadores de serviço.

Os sistemas de Integração Vertical ao processarem as especificações exclusivas que são fornecidas pelo cliente sobre o produto que deve ser fabricado, automaticamente, o sistema de controlo de produção está encarregue de encaminhar a peça digital criada pelas regras automatizadas pertencentes aos equipamentos.

Cofinanciado por:

2. DEFINIÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0

Os produtos acabam por controlar os seus próprios processos de fabricação, uma vez que se comunicam com dispositivos, equipamentos e outras peças que estão ligadas às condições da produção e utilizar os recursos de uma forma considerada económica.

A Integração Horizontal realiza-se através da agregação de rede de tecnologias e sistemas de manufatura, em que se dá uma troca de dados e da respetiva informação que deverá ser especificada entre as empresas e os sistemas remotos que abrangem toda a cadeia de valor.

2.2.9 AUGMENTED REALITY

“Augmented Reality” ou “Realidade Aumentada” refere-se à integração de informações adicionais geradas por um computador, transmitidas para o mundo real. O uso da tecnologia da realidade aumentada no ambiente industrial pode ajudar os operadores a visualizar os dados e as informações industriais de uma maneira mais direta e, conseqüentemente, mais intuitiva. As informações que são exibidas através de óculos com capacidade inteligente permitem que o colaborador veja as instruções do trabalho, enquanto executa outras atividades mais críticas e complexas.

Cofinanciado por:

3.

IMPACTO EM PMES

Cofinanciado por:



ESTUDO de
BENCHMARKING INTERNACIONAL
Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0



3. IMPACTO EM PMES

O uso de tecnologias digitais e da Internet é agora obrigatório para qualquer pequena e média empresa (PME). Isto é bem conhecido pela gerência de indústrias de produção em pequena escala, mas estas geralmente carecem de tempo, conhecimento e ferramentas para desenvolver e implementar a transformação digital nas suas empresas.

De acordo com o estudo “Digital skills in the workplace” (Curtarelli et al., 2017), para os locais de trabalho das PME, é difícil alocar tempo e recursos (formação, recursos financeiros, etc.) para adquirir altas habilidades digitais. Discrepâncias significativas são identificadas em diferentes setores económicos, pois algumas têm alta velocidade de imersão nas tecnologias digitais e outras utilizam-nas a um ritmo muito mais lento. Além disso, o uso das TIC está ligado ao aumento da produtividade. No artigo, recomenda-se incluir a promoção do acesso à formação para abordar lacunas nas habilidades digitais, considerar a diversidade, abandonar a atitude “tamanho único” e criar uma parceria com várias partes interessadas para aumentar a disponibilidade das competências digitais.

A fim de promover e apoiar o crescimento e a criação de emprego das PMEs, as PMEs devem ser incentivadas a avançar efetivamente em direção à digitalização, dentro do conceito da Indústria 4.0.

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

3. IMPACTO EM PMES

3.1 BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

Atualmente, as PME estão cada vez mais inclinadas a integrar e aplicar os conceitos da Indústria 4.0 nas suas operações de negócios nos níveis macro e micro. Espera-se que a influência da Indústria 4.0 nas empresas e na indústria permita a emergência de novos modelos de negócios que afetem e remodelem todo o ciclo de vida dos produtos, desde a preparação até ao marketing, levando à melhoria dos processos de negócios e, finalmente, aumentando a competitividade das empresas.

A conclusão de que o sucesso das PMEs está relacionado com a adoção de novas tecnologias industriais da Indústria 4.0 é traçada por várias empresas em todo o mundo. O processo de implementação de novas tecnologias está a ser executado em todas as indústrias, a fim de reduzir custos, aumentar a produtividade e fornecer aos clientes soluções à medida das suas especificidades. Como o termo “Indústria 4.0” provém de uma estratégia de alta tecnologia introduzida pelo governo alemão, o impacto nas PMEs será analisado considerando vários estudos e relatórios baseados em dados obtidos por empresas alemãs.

Após um estudo realizado pelo Boston Consulting Group (Lorenz et al., 2016) com mais de 600 empresas

3. IMPACTO EM PMES

alemãs e norte-americanas, cerca de 19% das empresas alemãs aplicaram totalmente a Indústria 4.0, o que significa que implementaram medidas de fábrica inteligentes ou primeiras medidas em direção a um conceito (como a introdução de robôs autónomos), em comparação com 16% das empresas americanas. Outros dados fornecidos mostram que os fabricantes alemães podem ser considerados muito ambiciosos, dado que 60% deles planeiam aplicar ou aplicaram tecnologias avançadas (nos próximos um ou dois anos), como lógicas de fábrica digitais ou manutenção preditiva, em comparação com aproximadamente 40% dos fabricantes nos EUA. As empresas alemãs parecem também

estar mais à frente em termos de preparação para a Indústria 4.0 em comparação com os seus colegas nos EUA, já que quase metade (47%) das empresas alemãs desenvolveram os seus primeiros conceitos completos da Indústria 4.0, e apenas 18% dos entrevistados alemães disseram que a

sua empresa ainda não está preparada para introduzir as tecnologias da Indústria 4.0. Em comparação, apenas 29% das empresas americanas desenvolveram os primeiros conceitos e 41% afirmaram que a sua empresa ainda não está preparada.



Figura 5 - Integração da Inteligência Artificial

3. IMPACTO EM PMES

As pequenas diferenças no estado de avanço da Indústria 4.0 em empresas alemãs e norte-americanas não se refletem nas opiniões dos entrevistados sobre os importantes benefícios da sua adoção. Por exemplo, três quartos dos entrevistados alemães e dois terços dos norte-americanos associam a Indústria 4.0 ao **aumento da produtividade e redução de custos**. Uma quantidade quase igual de entrevistados nos dois países (48% na Alemanha e 43% nos EUA) também a correlacionam ao **crescimento da receita**. Porém, é importante ressaltar que os benefícios da Indústria 4.0 dependem do quão as empresas são bem-sucedidas a formar e gerir pessoal recém-qualificado.

Schröder (2016) no relatório “The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises”, publicado por Friedrich-Ebert-Stiftung, foca-se nos principais desafios das pequenas e médias empresas (Mittelstand) na Alemanha em relação à implementação da Indústria 4.0. Este observou uma forte conexão entre o tamanho da empresa e a implementação da Indústria 4.0, pois as grandes empresas estão substancialmente mais avançadas na integração das suas plantas de produção em sistemas de TI de nível superior do que as empresas de tamanho médio. Como não existe um modelo universal para aplicar a Indústria 4.0 nas PMEs, a perceção dos desafios e oportunidades colocados pela Indústria 4.0 depende das diferentes características das empresas.

Cofinanciado por:

3. IMPACTO EM PMES

O impacto geral e o potencial decorrente da adoção da Indústria 4.0 nas empresas podem ser descritos em vários aspetos:

- **O potencial económico da Indústria 4.0** – A avaliação dos efeitos económicos é bastante difícil e pode variar. Uma coisa que pode ser considerada uma grande oportunidade é a redução de custos, conforme mencionado acima, levando à economia de recursos financeiros. Como atualmente, muitas das ferramentas e softwares de negócios estão disponíveis na computação em nuvem (*cloud computing*), as PMEs não precisam de despender gastos altos pela digitalização dos seus negócios. Mesmo que uma PME aplique parcialmente tecnologias de baixo custo da Indústria 4.0, esta ainda beneficiará economicamente com a automação de algumas tarefas, por exemplo, através de uma aplicação inteligente simples. Este *software* de automação bastante simples também terá um impacto positivo nas taxas de produtividade da empresa. Como a Indústria 4.0 combina tecnologias diferentes e diversas, somente quando aplicados em conjunto, será o seu potencial nas PMEs realizado. Como estas tecnologias estão em estados de progresso diferentes ao serem implementadas nas PMEs, não é claro quando e em que medida os efeitos positivos serão sentidos.

Cofinanciado por:

3. IMPACTO EM PMES

- Quanto mais inteligente o processo de produção, melhor a qualidade do produto – as tecnologias inteligentes estão agora em uso em todos os setores, especialmente nos processos de fabricação nas PMEs, o que leva à criação de produtos inteligentes. Ao incorporar tecnologias inteligentes no processo de produção, as PMEs são capazes de monitorizá-lo, segui-lo e controlá-lo de forma autónoma. Os produtos inteligentes também trazem informação importante sobre o seu processo de produção, bem como sobre seu objetivo e aplicação. Estes produtos inteligentes estão equipados com sensores, componentes e processadores que visam obter informações e orientações sobre os clientes e enviar esses dados ao sistema de fabricação. Desta forma, a qualidade dos produtos é significativamente melhorada, bem como a eficiência do processo de produção em termos de tempo e custos. Os especialistas ainda preveem que em breve um produto personalizado será fabricado pelo mesmo preço que um produto em série é desenvolvido hoje, o que contribuirá para alcançar a satisfação ideal do cliente e atrair mais clientes. Estes benefícios podem transformar o modelo de trabalho das PME num modelo inteligente e ajudá-las a crescer.

3. IMPACTO EM PMES

Uma previsão da potencial redução de custos para diferentes áreas de produção é mostrada abaixo:

Tabela 1 - Avaliação de Potenciais Benefícios da I4.0

Tipo de Custo	Valor Total
Custos de inventário	- 30 % to - 40 %
Custos de produção	- 10 % to - 20 %
Custos logísticos	- 10 % to - 20 %
Custos de complexidade	- 60 % to - 70 %
Custos de qualidade	- 10 % to - 20 %
Custos de manutenção	- 20 % to - 30 %

Fonte: Apresentação condensada por Schröder (2016) depois de Bauernhansl (2014: 31)

- **Nova forma de comunicação** – Como mencionado no Capítulo 5, novos modelos de negócios e redes de criação de valor são um dos resultados diretos da transformação nas empresas de produção como resultado da implementação da Indústria 4.0. O impacto dessas mudanças permitirá uma nova maneira de comunicação ao longo das cadeias de suprimento. Prevê-se que

3. IMPACTO EM PMES

a cadeia de fornecedores, empresas, fábricas, agentes de logística e clientes sejam conectados numa nova rede de comunicação operada em tempo real. Através deste tipo de rede, todos as partes conseguirão alcançar o lucro máximo usando recursos partilhados limitados. A nova forma de comunicação tem um efeito significativo nos modelos de negócios das PMEs. Sugere-se que os gestores estejam interessados no desenvolvimento de inovações orientadas para o cliente em vez de orientadas para o produto, ao falar sobre inovações no modelo de negócios (). Também se pode afirmar que o fornecimento e as cadeias de suporte técnico serão digitalizados à luz das novas e complexas formas de comunicação, do processo de condução das operações e da fabricação e distribuição de produtos e serviços.

Uma importante oportunidade introduzida pela Indústria 4.0 e com grande impacto nas PMEs é o conceito de “gémeo digital”. É definido como ilustração e modelo virtual de um determinado ativo (tangível e intangível). O gémeo digital é descrito através da estrutura e comportamento dos elementos conectados ou “coisas” que geram dados em tempo real. Os dados são analisados, combinados com outros dados conectados ao ambiente de trabalho e apresentados às PMEs ou ao utilizador na

O gémeo digital (digital twin) é um conjunto de constructos de informação virtuais que descrevem completamente um produto físico potencial ou real fabricado, do nível micro atómico ao nível macro geométrico. (Grieves, 2016)

3. IMPACTO EM PMES

forma de “gémeo digital”, com o intuito de entender o passado, necessidades, histórico deste e interagir com o gémeo para completar determinadas tarefas.

O gémeo digital oferece às empresas e utilizadores a possibilidade de explorar e encontrar as melhores soluções para os problemas de maneira rápida e pragmática. Um bom exemplo do uso de tal solução na prática é o Laboratório para cooperação na Indústria 4.0 do Instituto de Gestão de Informação em Engenharia (Institute for Information Management in Engineering) e o Instituto de Tecnologia Karlsruhe (KIT). Lá, um gémeo digital de uma máquina para retificação é usado para otimizar o processo e trabalhar numa rede de realidade virtual. Junto com estas atividades, o fluxo de recursos também é levado em consideração, a fim de mostrar as vantagens práticas da solução sugerida, permitindo aumentar a produtividade em mais de 20%. De acordo com a associação alemã de tecnologias da informação, telecomunicações e novos media (BITKOM), os gémeos digitais nas indústrias de produção terão potencial económico combinado de mais de 78 bilhões de euros até 2025 (Popova, M. et al., 2018).

Os benefícios potenciais da Indústria 4.0 aumentam a cada minuto e com cada parceiro de rede. Como as grandes empresas são pioneiras na implementação da Indústria 4.0 em todo o seu potencial, as PMEs são as que seguem e adaptam a sua tecnologia de produção gradualmente, a fim de conectar a sua própria produção numa rede.

3. IMPACTO EM PMES

3.2 OBSTÁCULOS ANTES DA ADOÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 POR PME

É mais difícil para as PME adotar a Indústria 4.0 do que para as grandes empresas, uma vez que a maioria delas não possui uma produção totalmente automatizada; portanto, a proporção de atividades manuais e híbridas é maior. São aconselhadas a recorrer à produção em rede para não perder a sua vantagem competitiva nos mercados internacionais. Um dos maiores desafios que as PME enfrentam ou enfrentarão é a **elaboração de uma estratégia relevante, uma análise de custo-benefício** das tecnologias da Indústria 4.0 lhes seja útil e a falta de padrões uniformes de segurança de dados.

A análise de custo-benefício é uma abordagem sistemática para estimar os pontos fortes e fracos das alternativas usadas para determinar as opções que fornecem a melhor abordagem para obter benefícios e preservar as economias (por exemplo, em transações, atividades e requisitos funcionais de negócios). (David, Rodreck, 2013)

O estudo do Boston Consulting Group, citado acima, observa também que **a falta de segurança de dados** é um dos principais desafios das empresas. A mesma fonte aponta a **falta de funcionários qualificados** como o principal desafio seguido pelos **requisitos de investimento**.

Cofinanciado por:

3. IMPACTO EM PMES

A falta de conhecimento também representa um limite para o desenvolvimento da Indústria 4.0, o que significa que há uma falta de cultura na empresa, nenhuma formação interna é realizada sobre a aquisição de habilidades digitais e nenhum especialista capaz de impulsionar a implementação de novas tecnologias.

Uma conclusão significativa resumida pelo Boston Consulting Group (2016), é que pequenas e grandes empresas nos EUA e na Alemanha precisam de um **planeamento cuidadoso para abordar a sua principal preocupação de cobrir os custos de investimento necessários**.

Uma análise mais aprofundada dos obstáculos para a implementação tecnológica da Indústria 4.0 é fornecida abaixo:

- **Falta de estratégia digital** – Uma estratégia digital que é adaptada às realidades e desafios digitais e empresariais é descrita como uma das oportunidades de desenvolvimento que a Indústria 4.0 apresenta, mas a falta dela é considerada um limite para o crescimento das PMEs à luz da Indústria 4.0. A gestão de topo sénior das PMEs de produção é apresentada como mais cautelosa em relação à Indústria 4.0 e, mais concretamente, à criação de uma rede de produção em comparação com os gestores de nível médio. Esse cuidado pode ser problemático, pois a aplicação e a integração da Indústria 4.0 nas PMEs precisam

Cofinanciado por:

3. IMPACTO EM PMES

ser cuidadosamente planeadas e o desenvolvimento de uma estratégia digital abrangente deve ser iniciado num estágio inicial da implementação. Dentro da estratégia, a reestruturação de todos os processos da empresa, dos papéis e das qualificações dos funcionários devem ser levados em consideração, principalmente no que diz respeito ao desenvolvimento de novos modelos de negócios e à abertura de novos mercados.

- **Falta de padrões uniformes e legislação** – Outro obstáculo para as PMEs em relação à adoção da Indústria 4.0 é a ausência de padrões e normas uniformes em termos de integração de sistemas de TI e outros dados e máquinas na empresa. Ainda não foi implementado um padrão e nenhuma informação atualizada foi encontrada para satisfazer esta necessidade. Isso permite a ocorrência de erros e incompatibilidades no processo de integração, juntamente com a crescente inquietação sobre o acesso não autorizado a determinados dados. Além dos padrões, medidas de trabalho e legislação adequadas relativas à Indústria 4.0, como o desenvolvimento de segurança cibernética, inteligência artificial, etc., não existem em países em desenvolvimento. Isso leva a atrasos



3. IMPACTO EM PMES

significativos no progresso da Indústria 4.0 em alguns países e cria uma Europa e um mundo que funcionam a velocidades diferentes.

- **Falta de segurança de dados** – Este obstáculo está correlacionado com a falta de padrões e legislação uniformes. Se uma PME deseja criar uma rede digital que funcione, é necessário que todas as partes tenham confiança mútua nos dados que compartilham. Os dados em questão variam de informações sobre os méritos da produção das PMEs a novas ideias sobre a criação de produtos inovadores. A fuga de documentos importantes pode afetar negativamente a reputação das empresas e levar à perda de lucros e clientes. As PMEs percebem que o uso de tecnologia Indústria 4.0, como serviços de nuvem (*cloud services*), não protege dados confidenciais da empresa e permite que terceiros acessem a esses dados. As questões de segurança são intensificadas pelo fato de as PMEs não terem certeza da localização geográfica dos dados armazenados e a qual jurisdição estes estão sujeitos. Em 2017, computadores em 74 países sofreram ataques de “ransomware” por hackers que afetaram o sistema de telecomunicações em Portugal, o sistema de TI na Espanha e o sistema nacional de saúde no Reino Unido (Türkes, M. et al., 2019).

Ransomware é um tipo de *malware* de virologia criptográfica que ameaça publicar os dados da vítima ou bloquear perpetuamente o acesso a estes, a menos que um resgate seja pago. (Young, A. et al., 1996)

3. IMPACTO EM PMES

Smith et al. (2016) num estudo da “Indústria 4.0” solicitado pelo Departamento de Política A: Política Económica e Científica da Comissão da Indústria, Investigação e Energia do Parlamento Europeu (Committee on Industry, Research and Energy), identificaram que as principais dificuldades ou obstáculos encontrados pelas PMEs em relação à participação na cadeia de suprimentos da Indústria 4.0 são:

- **Falta de conhecimento** sobre soluções de alta tecnologia e as vantagens potenciais de implementá-las nos processos de produção;
- **Falta de recursos financeiros** para comprar a tecnologia necessária e/ou investir em atividades de I&D para criar a tecnologia necessária quando ela não estiver prontamente disponível. Tudo isto requer um acesso fácil ao financiamento, o que é um obstáculo para muitas PMEs.
- **Falta ou insuficiente capacidade para testar soluções baseadas na Indústria 4.0**, incluindo acesso limitado a instalações para testar as soluções e tecnologias avançadas;
- **Quantidade insuficiente de especialistas qualificados no campo das TIC** para implementar e usar soluções avançadas da Indústria 4.0. As PMEs geralmente não conseguem atrair uma força de trabalho altamente qualificada devido

3. IMPACTO EM PMES

à concorrência de grandes empresas. Ademais também não tendem a investir frequentemente em formação ou requalificação do seu próprio pessoal.

- **Elevadas barreiras de entrada para a aquisição e uso de tecnologias avançadas.** Devido ao acesso facilitado a financiamento que as grandes empresas possuem, elas são consideradas as que testam e patenteiam soluções tecnológicas avançadas, o que torna mais difícil e mais caro para os seguidores, principalmente as PMEs, utilizá-las. Além disso, o desenvolvimento da legislação reguladora da Indústria 4.0, se desenvolvida seguindo alguns exemplos dos EUA e da Ásia, pode favorecer os “campeões industriais”, trazendo benefícios para as grandes empresas que aumentam as barreiras de entrada para as PMEs e recém-chegados. Por isso, baixar as barreiras de entrada é uma das soluções para superar este obstáculo.

Além disso, um dos efeitos da Indústria 4.0 será um maior grau de internacionalização da produção, que será mais fácil de alcançar para as grandes empresas que já implementaram soluções baseadas na Indústria 4.0 e seria mais difícil para as PMEs que, por sua vez, podem tornar-se mais dependentes das grandes corporações como os seus principais clientes.

3. IMPACTO EM PMES

Seguindo o mesmo estudo, estes desafios precisam de ser abordados com a adoção de uma abordagem multifacetada, incluindo as seguintes medidas:

- Localizando um lugar nas cadeias de suprimento existentes ao lado dos líderes da Indústria 4.0 e beneficiando do conhecimento e experiência destes.
- Visar nichos em desenvolvimento num sistema de produção mais disperso e comercializá-los em mais localizações internacionalmente.
- Implementar soluções avançadas que facilitem a produção de uma forma mais descentralizada, como a impressão 3D.
- Melhorar o processamento de dados em relação ao planeamento de recursos e gestão da relação com o cliente.

É possível que a transição para a Indústria 4.0 seja viabilizada pelo setor público a nível nacional e da UE, reduzindo as barreiras de entrada para as PMEs no mercado da Indústria 4.0 e nas cadeias de suprimento e também aumentando os investimentos públicos em I&D, que podem equilibrar o mercado de soluções de alta tecnologia.

Uma solução interessante para abordar um dos maiores desafios para as PMEs, nomeadamente a falta de fun-

Cofinanciado por:

3. IMPACTO EM PMES

cionários qualificados e a falta de recursos financeiros é implementada pelo Instituto de Gestão de Informação em Engenharia (Institute for Information Management in Engineering) e pelo Instituto de Tecnologia Karlsruhe (KIT), onde é criado um laboratório para cooperação na Indústria 4.0 e, mais particularmente, uma “caixa de areia” (*sandbox*) digital para reunir PMEs e incentivá-las a debater, trocar ideias e apresentar soluções através da gamificação (*gamification*). A “caixa de areia” permite que os participantes usem ferramentas e instrumentos simples para tentar coisas novas e alcancem os seus objetivos trabalhando em conjunto. Desta maneira, o conhecimento digital adquirido transforma-se em habilidades usadas em tarefas diárias.

Na “caixa de areia”, os riscos financeiros que as PMEs assumem são limitados pois o investimento real só é realizado quando houver vantagens claras e mensuráveis. Esse conceito foi implementado no ELABO em Crailsheim, Baden-Wuerttemberg, como parte da introdução do seu “Sistema de Execução Shopoor” (Shopoor Execution System) (Popova, M. et al., 2018). A “caixa de areia” digital é usado como um exemplo de boas práticas que pode ter um impacto positivo noutras PMEs, pois estas podem adotá-la e testá-la com vários problemas distintos.

A “caixa de areia” digital é usada para reunir PME e incentivá-las a debater, trocar ideias e apresentar soluções por meio da gamificação. Nesse caso, a caixa de areia pode ser referida como um ambiente de teste para PMEs, onde os riscos financeiros são limitados e o conhecimento digital adquirido pode ser usado para transformar habilidades (Popova, M. et al., 2018).

Cofinanciado por:

3. IMPACTO EM PMES

As novas tecnologias e abordagens introduzidas pela Indústria 4.0 estão a mudar rapidamente o cenário de negócios para as PMEs. Dispostas ou não, estas precisariam abordar as tendências futuras para manterem a sua vantagem competitiva e prosperar. Assim, tornarem-se conscientes e instruídas sobre a complexidade e os pré-requisitos para a implementação da Indústria 4.0 é de extrema importância para a gerência e os funcionários das PMEs. Requalificação, aprendizagem ao longo da vida e constante adaptação às necessidades do mercado e da indústria, impulsionadas pela crescente digitalização da economia e dos processos de trabalho, podem ser os principais ativos para o sucesso da Indústria 4.0. Prevê-se que fontes de talento adequadas se tornem uma das principais vantagens das PMEs, embora a automação vá consumir algumas das tarefas dos funcionários. O impacto da Indústria 4.0 em máquinas, sistemas e processos nas empresas consistiria na integração destes fatores numa conexão sem fios, mas funcionários altamente qualificados teriam que interagir com eles para permitir um processo de trabalho eficiente. Com novos desenvolvimentos a ocorrer diariamente, novas oportunidades para reorganizar a maneira como as pessoas trabalham também surgem, por exemplo, utilizando máquinas para trabalhos fisicamente exigentes ou introduzindo horários de trabalho mais flexíveis e adequados para a família. Fechar o fosso entre os níveis de apetência dos funcionários nas PMEs o mais rápido possível significaria que as PMEs terão uma oportunidade verdadeira de acompanhar

3. IMPACTO EM PMES

o desenvolvimento da Indústria 4.0 e não ficar muito atrás das grandes empresas. Não abordar o problema de habilidades díspares a tempo, especialmente no campo digital e das TIC, deixá-las-ia com dificuldade de fazer frente à concorrência e, em alguns casos, incapazes de se tornar competitivas novamente.

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:



4 INICIATIVAS POLÍTICAS

Cofinanciado por:



ESTUDO de
BENCHMARKING INTERNACIONAL
Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0



4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.1 INICIATIVAS NACIONAIS

Na Alemanha, em 2013, foi lançado o plano *Industry 4.0*, no qual as empresas do sector industrial, com máquinas e produtos inteligentes, criam sistemas e redes inteligentes que são capazes de se comunicarem uns com os outros de forma autónoma (Evans & Annunziata, 2012). Em 2012, nos Estados Unidos foi introduzido o conceito de Internet das coisas Industrial (IIoT), sugerindo que máquinas inteligentes, analíticas avançadas e pessoas conectadas são o elemento chave da fabricação futura para permitir uma tomada de decisão mais inteligente por humanos e máquinas (Zhong et al., 2017). Em 2015, no sentido de acompanhar os desenvolvimentos relativos à produção evidenciados na Alemanha e nos Estados Unidos, foi desenvolvido, na China, o plano *Made In China*, no qual foi dado ênfase à fabricação em nuvem, como primeira tentativa de uma nova forma de fabricação inteligente.

As entidades governamentais de diversos países também definiram programas de implementação de novo modelo de Indústria. Na Alemanha foi denominado por “*High-Tech Strategy 2020*” (Kagermann et al., 2013), nos Estados Unidos foi estabelecido o “*Advanced Manufacturing Partnership*” (Rafael et al., 2014), na China o “*Made in China 2025*” (Li, 2018) e em França o “*La Nouvelle France Industrielle*” (Liao et al., 2017).

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:



4. INICIATIVAS POLÍTICAS

Também em Portugal foi elaborado um plano estratégico onde se sintetizam as medidas iniciais que materializaram a estratégia definida em cada um de seis eixos de atuação prioritária: (1) Capacitação dos Recursos Humanos (2) Cooperação tecnológica (3) StartUp i4.0 (4) Financiamento e apoio ao investimento (5) Internacionalização (6) Adaptação legal e normativa (Deloitte, 2017). O governo Português nomeadamente o seu Ministério da Economia lançou a Estratégia Nacional para a Digitalização da Economia, essa iniciativa dá-se pelo nome (Portugal i4.0” ou ainda “i4.0: Indústria 4.0 – Economia Digital”. Nesse sentido em 2017 o Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação (IAPMEI) e lança o “Guia de Informação Indústria 4.0 Sistemas de Incentivos à Economia Digital” (IAPMEI, Portugal 2020 e União Europeia, 2017), apoiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) que faz parte do acordo de parceria entre Portugal e a Comissão Europeia através de cinco Fundos Europeus Estruturais e de Investimento com destaque para as políticas de desenvolvimento social, económico e territorial, denominado “Portugal 2020”.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

O IAPMEI que tem como visão a parceria estratégica com as pequenas e médias empresas, nomeadamente os seus empresários ou empreendedores, tendo como foco a inovação e o crescimento. Esta iniciativa foca-se em três objetivos centrais:

- 1) “acelerar a adoção da i4.0 pelo tecido empresarial português”;
- 2) “promover os fornecedores tecnológicos portugueses como players i4.0”;
- 3) “tornar Portugal um polo atrativo para o investimento em i4.0”.

Na prática os três campos são a Inovação e Desenvolvimento, Inovação Produtiva e Economia Digital. Estes programas são destinados a empresários e instituições portuguesas do setor automóvel, moda e retalho, agroalimentar e ainda a nível do turismo, estes são os setores com maior importância na economia nacional, logo é do interesse de todos a sua transformação para era digital de forma a competir com os mercados dos outros países.

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:



4. INICIATIVAS POLÍTICAS

Podemos resumir algumas iniciativas na tabela abaixo.

Tabela 2 – Iniciativas da Indústria 4.0

País	Ano	Investimento euros	Política
França	2015	10 biliões	Estado e privado
Alemanha	2011	200 milhões	Estado e privado
Países Baixos	2012	45 milhões	Estado
Suíça	2014	25 milhões	Estado e privado
Itália	2016	97,5 milhões	Estado
Espanha	2013	50 milhões	Estado e privado
Inglaterra	2016	164 milhões	Estado e privado

Da Itália “O projeto de cluster de fábrica inteligente” era baseado no “Roteiro para a inovação” italiano, uma estratégia mais ampla nas três áreas socioeconómicas desafiadoras que a Itália está enfrentando, incluindo: mudança climática, escassez de recursos, crescimento populacional.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

A França e os Países Baixos definiram claramente as razões para lançar iniciativas políticas. Na França, a falta de investimento e as questões de desenvolvimento da indústria digital são a força motriz por trás da criação de políticas. Na Holanda, por outro lado, a percentagem relativamente baixa de pessoas que trabalham no setor manufatureiro levou a uma indústria inteligente.

Em particular, o Esquema “Indústria para o Futuro” da França está vinculado ao Programa “Indústria da Normandia”.

Em alguns países, as iniciativas de políticas foram um resultado direto de uma estrutura e/ou agenda estratégica nacional. O projeto “Plataforma Industrial 4.0” da Alemanha começou como um dos dez projetos do Plano de Ação de Estratégia de Alta Tecnologia até 2020.

No caso da Espanha, o Esquema era uma parte digital do Programa de Fortalecimento da Indústria e é gradualmente transformado no Esquema “Indústria de Conexão 4.0”.

Enquanto isso, o Projeto “Lançamento de produção de alto valor agregado” no Reino Unido mostra como o governo do Reino Unido agiu ao propor estratégias de política para estabelecer uma série de centros de tecnologia na indústria.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.2 FOCO

Na política industrial 4.0 dos países da EU existe uma grande sobreposição de metas e objetivos. Olhando para objetivos específicos da estratégia nacional, grande parte de suas políticas visam aumentar a competitividade e modernizar a indústria nacional.

O objetivo mais óbvio é o de garantir o crescimento sustentável da indústria. Fundamentalmente, numa política nacional, os objetivos económicos são frequentemente combinados com objetivos sociais e ambientais. Todavia, atingir metas económicas exige uma diferença nas políticas e nos ajustes gerais das metas.

Enquanto isso, o elemento mais exclusivo no Reino Unido envolve o fornecimento de tecnologia em escala industrial e expertise para empresas para reduzir o risco de inovação tecnológica por meio do estabelecimento de sete centros de tecnologia. Desta forma, os centros proporcionam um ambiente favorável à cooperação entre a indústria, a investigação e as agências governamentais e/ou entre as partes regionais e nacionais.

Na França, a fundação do Esquema “Indústria para o Futuro” facilita a cooperação entre as partes interessadas industriais e civis. Enquanto isso, o Esquema “Indústria 4.0” da Alemanha permite que os formuladores de políticas promovam a liderança nas questões da indústria 4.0 em todos os níveis de gestão.

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

Por outro lado, o “Smart Cluster Scheme” italiano incorpora políticas regionais e nacionais da Indústria 4.0, em conformidade com as diretrizes da EU.

Tabela 3 - Foco Estratégico e Tecnológico para a Indústria 4.0

País	Nome	Implementação (aplicação)
França	Indústria para o futuro	Transporte, IoT, inteligência artificial, big data, tecnologia digital, saúde, cidades inteligentes
Alemanha	Plataforma da indústria 4.0	Sistema de realidade virtual, IoT
Países Baixos	Indústria inteligente	Pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico
Suíça	Produção 2030	Setor inteligente (geral)
Itália	Cluster de fábrica inteligente	Plataforma digital, big data, aplicativo de colaboração
Espanha	Conectividade da indústria 4.0	Setor inteligente (geral)
Inglaterra	Plataforma de lançamento para produzir alto valor agregado	Aeroespacial, automóveis, produtos químicos, nucleares, farmacêuticos, eletrônicos

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

Todas as políticas analisadas foram definidas para acelerar a implantação e aplicação das tecnologias. Apenas o esquema italiano de “cluster inteligente” se concentrava mais na pesquisa, especialmente no desenvolvimento de novas tecnologias para enfrentar os desafios da criação de inovação.

De realçar que não havia uma tecnologia clara ou um foco industrial nas políticas nacionais. Embora a internet das coisas/sistemas de realidade virtual sejam as áreas de tecnologia mais comum, elas foram apenas consideradas como uma meta na política alemã e francesa.

Ao nível do setor e da manufatura, não existiam modelos específicos. Isso mostra que as iniciativas políticas dos países líderes na Indústria 4.0 tendiam a ser relativamente abertas à aplicação de tecnologias 4.0 específicas ou tecnologias específicas da indústria. Aumentar a sustentabilidade da produção é uma área comum de impacto visada pelas iniciativas suecas e italianas. Enquanto isso, a Espanha procurava fornecer informações e suporte de implementação às empresas para melhor explorar as oportunidades oferecidas pela indústria 4.0. Na Holanda, o objetivo era maior flexibilidade na produção, eficiência, custo e necessidades do cliente.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.3 FINANCIAMENTO

Embora as políticas industriais nacionais 4.0 sejam baseadas principalmente em financiamento público, os investimentos privados adicionais também são importantes, com significativa eficiência de alavancagem. No entanto, o volume do aumento da alavancagem no investimento entre as políticas em consideração é muito diferente. Da mesma forma, as medidas adotadas por iniciativas políticas para garantir o investimento privado variam por tipo de atividade. É de realçar que as informações sobre a alavancagem privada não estão disponíveis para todas as iniciativas de políticas, dificultando as comparações entre as mesmas.

No caso de Espanha, o custo coberto por um empréstimo depende do âmbito da operação e do tipo de negócio, entre o custo de 25% e 70%.

O esquema “Indústria para o Futuro” da França combina uma variedade de ferramentas de financiamento, por exemplo, empréstimos e incentivos fiscais com investimento privado em pesquisa científica e desenvolvimento de tecnologia (I&D).

O regime de “Produção 2030” da Suécia é fortemente controlado e financiado pela indústria para garantir o impacto industrial e a sustentabilidade a longo prazo.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

O projeto do Reino Unido “Plataforma de lançamento de produção de alto valor agregado” passou por uma revisão abrangente do efeito de alavancagem do investimento público. Com uma alavancagem de 17/1, a “Plataforma de lançamento de produção de alto valor agregado” excedeu a alavancagem de qualquer outra iniciativa de política. Em grande medida, esse sucesso pode ser atribuído à receita considerável da atividade comercial que a “plataforma de lançamento da produção de alto valor agregado” obteve por meio de contratos competitivos de I&D.

Os dois projetos “Indústria para o Futuro” e “Lançamento de uma produção de alto valor agregado” proporcionavam as medidas mais abrangentes. “Indústria para o Futuro” oferecia incentivos fiscais para investimentos privados em I&D. Além disso, “pioneiros de produção de alto valor agregado” proporcionava a participação estratégica com importantes parceiros da indústria e apoiava programas para a participação de pequenas e médias empresas.

Embora existam mecanismos reais para melhor garantir o investimento privado - isto é, encorajar ou exigir o investimento privado - as iniciativas de política nacional tendem a ser beneficiadas, em termos de articulação mista.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

Tabela 4 - Financiamento de políticas

País	Montante	Resultados
França	10 mil milhões	800 empréstimos a empresas; 3.400 empresas modernizam a produção, 300 especialistas são identificados; Participação de 18 regiões e territórios
Alemanha	200 milhões	Redução de divisões da indústria; converter o programa de pesquisa em prática, desenvolver uma rede de afiliados, criar uma fundação com 150 membros
Países Baixos	45 milhões	Criação de 14 laboratórios de campo até o final de 2016: cada laboratório de campo tem vendas de 250.000 a 4 milhões de euros por ano.
Suíça	25 milhões	Financiar 30 projetos, envolvendo mais de 150 empresas, estabelecendo uma escola de formação de doutorado e ganhando 50% de apoio financeiro adicional para todas as atividades e aquisição de ferramentas
Itália	97,5 milhões	Crie uma plataforma para conectar a produção e realizar quatro projetos-chave de pesquisa
Espanha	50 milhões	Estabelecer programas de inovação e pesquisa e programas piloto de apoio a negócios
Inglaterra	164 milhões	O valor da reforma representa 123% do plano; Cada 1 euro de orçamento público é gerado 17 euros

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.4 RESULTADOS E EFICIÊNCIA TRAZIDOS

As políticas nacionais para a Indústria 4.0 na UE produziram resultados qualitativos e quantitativos. Os resultados qualitativos e quantitativos estão incompletos para a França, Holanda, Suécia e Reino Unido. Na “Indústria para o Futuro” na França foram apoiados mais de 800 empréstimos corporativos e 3.400 casos, enquanto a Suécia, “Produção 2030” financiou 30 projetos com a participação de mais de 150 empresas. Enquanto isso, para a iniciativa política da Indústria 4.0 da Alemanha, resultados qualitativos excepcionais foram registados, como redução das divisões da indústria, transformação da investigação aplicada prática e criação de redes com uma plataforma de 150 membros.

Independentemente dos resultados importantes alcançados, a falta de objetivos claros de curto, médio ou longo prazo, muitas vezes significa que não está claro se os objetivos das políticas foram alcançados.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.5 IMPLEMENTAÇÃO

Além da estratégia geral ou roteiro para identificar os principais objetivos e etapas de ação, é necessário o uso de propostas, grupos de trabalho, consultas aprofundadas e comitês de direção com ampla participação.

Dentro de várias iniciativas de política, foram executadas iniciativas adicionais para coordenar a implementação. Para finalizar o desenho da política e implementar foram realizadas consultas e chamadas à apresentação de propostas.

Na Espanha, as consultas às partes interessadas são bastante abrangentes. Ao longo de quase 5 meses, “Indústria 4.0” organizou uma série de seminários e encontros dirigidos a todos os participantes. Além disso, três grandes parceiros do setor (Santander, Indra e Telefónica) ajudaram a estabelecer modelos estratégicos e de governança.

Na Suécia, o uso de grupos de especialistas contribuiu para o desenvolvimento de novos conteúdos e comentários sugestivos, bem como a criação de novas visões e propostas de políticas.

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.6 TIPOLOGIAS DE POLÍTICA DE INDÚSTRIA 4.0

4.6.1 ESPAÇO DE POLÍTICA

Em primeiro lugar, em termos de investimento, o financiamento da indústria 4.0 veio principalmente dos setores público e privado. Em segundo lugar, em termos de orientação e política para a indústria 4.0, houve uma tendência de foco em tecnologia e infraestrutura, seguido pelo desenvolvimento de habilidades de produção. A notável exceção foi o esquema sueco “Produção 2030”, que envolvia a participação de uma universidade nacional relevante para o setor industrial. O esquema “Produção 4.0” na República Checa também mostrava uma grande orientação para habilidades de produção, especialmente habilidades digitais.

Em terceiro lugar, em termos de gestão e implementação, a maioria das políticas nacionais na indústria 4.0 teve uma abordagem do topo para baixo, permitindo projetar, iniciar e implementar iniciativas de política. Isso significa que, embora outros stakeholders tenham sido consultados e contribuído para a implementação das políticas, os governos ainda estavam no controlo das iniciativas.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

Uma vez mais, a exceção notável foi o programa de “produção 2030” da Suécia, em que a indústria, a academia e os grupos de investigação foram responsáveis pela conceção e operação das iniciativas políticas. A “indústria inteligente” holandesa foi também outra exceção. A “indústria inteligente” foi baseada em princípios e uma abordagem ascendente baseada em três pilares, com a participação da indústria, universidades e outros parceiros de pesquisa. O setor público desempenhou o papel de estabelecer e complementar as atividades essenciais.

4.6.2 FATORES DE CONTROLO DA POLÍTICA INDUSTRIAL 4.0

Em termos de capacidade de coordenação entre as partes e entre os diferentes níveis de gestão, o projeto “Lançamento de produção de alto valor agregado” estabeleceu um mecanismo eficaz para facilitar a cooperação. Nesses fóruns, representantes de todos os centros colaborativos, identificam desafios e oportunidades tecnológicas a serem enfrentados, aproveitando as capacidades combinadas dos centros. Além disso, houve um orçamento dedicado para apoiar projetos de tecnologia transversais.

Em geral, a participação de diferentes stakeholders foi um ponto forte para definir as políticas nacionais do setor 4.0.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

A colaboração com os stakeholders da indústria é mais frequentemente mencionada pelas agências de implementação como uma força motriz. Em alguns casos, a indústria incentiva de forma proativa a criação de iniciativas - por exemplo, na Holanda e na França - para criar incentivos.

O envolvimento das autoridades regionais na aplicação das estratégias da indústria 4.0 a nível regional - frequentemente no quadro de estratégias de especialização inteligente - foi frequentemente utilizado, contribuindo para um forte alinhamento das políticas entre os níveis nacional e regional.

Por último, mas não menos importante, a iniciativa das autoridades públicas para promover a política industrial 4.0 é também um dos principais motores. A dinâmica pública pode ser particularmente útil quando os setores estão muito isolados ou fragmentados para chegar a um consenso entre os participantes do setor. Por exemplo, a “Plataforma da Indústria 4.0” da Alemanha mostrou que uma grande plataforma da indústria 4.0 pode reduzir a segregação da indústria e melhorar as redes de produção.

4.6.3 BARREIRAS ENFRENTADAS NA POLÍTICA INDUSTRIAL 4.0

Nenhuma barreira específica se destaca como denominador comum das políticas industriais nacionais 4.0.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

Mas podem ser apontados diferentes aspetos como os recursos. A falta de recursos e a participação ineficaz de pequenas e médias empresas têm desafiado a implementação de iniciativas políticas. Como qualquer outro projeto de política de grande escala, o orçamento inicial do estado é crítico para que as políticas industriais 4.0 acelerem e desenvolvam a capacidade necessária para um funcionamento eficaz.

A experiência mostra que, embora as grandes empresas estejam frequentemente familiarizadas com o processo de procura de financiamento para a produção, as pequenas e médias empresas precisam de mais apoio para solicitar financiamento.

4.6.4 POLÍTICA DA INDÚSTRIA 4.0 DE UMA PERSPETIVA SWOT

O resultado da análise SWOT da política de desenvolvimento industrial 4.0 mostra um baixo nível de convergência.

Entre os principais pontos fortes, está o apoio às empresas, a articulação entre os níveis de administração das políticas, bem como o cofinanciamento da indústria.

Em contraste, as principais deficiências identificadas estão intimamente relacionadas a barreiras, como restrições de financiamento, falta de capacidade,

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

planejamento e monitoramento deficientes e formas de envolver as PMEs. Na França, há dúvidas sobre a capacidade de medir com eficácia as realizações das políticas. A Espanha, no momento, não tem uma definição clara de objetivos.

A Indústria 4.0 gera expansibilidade e transferibilidade, novos mercados e oportunidades de cooperação internacional.

Na Suécia, o potencial para expandir a escala de produção para os países nórdicos era uma oportunidade. Na Itália, a política de Indústria 4.0 abriu novas oportunidades para negócios.

Em termos de ameaças, é bastante claro o desequilíbrio entre as formas a conceção das políticas e a sua gestão administrativa, bem como o conflito de interesses entre setores e mesmo dentro de cada setor.

Como exceção, a “plataforma de lançamento de produção de alto valor agregado”, do Reino Unido, tentou manter um modelo de financiamento equilibrado, com os lucros a superarem as expectativas. O modelo de financiamento equilibrado é importante para garantir uma harmonia entre encorajar o crescimento e estimular a inovação em áreas que são benéficas para a indústria.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.6.5 PRINCIPAIS LIÇÕES DE POLÍTICA

1. Envolver Stakeholders

Em primeiro lugar, parece que a questão do envolvimento de diferentes stakeholders é fundamental. Diferentes estruturas, partes interessadas como indústria, tecnologia e investigação, bem como associações, são atores fundamentais para o sucesso da política. Note-se que, muitas vezes, a escassez de soluções digitais foi resolvida com o envolvimento dos players digitais na implementação do projeto. As autoridades suecas desenvolveram um modelo ascendente, que dependia fortemente dos decisores políticos e dos grupos de investigação. Na Alemanha, as lições aprendidas com essa política incluem a experiência de expandir a rede e os padrões e normas comuns dos membros, a fim de reduzir a concorrência.

2. Financiamento para PME

A segunda lição de política aprendida inclui a necessidade de fornecer ferramentas de financiamento claramente direcionadas, a fim de atrair as PME para uma participação mais eficaz. Abordagens direcionadas para pequenas e médias empresas também incluem assistência especializada na integração de pequenas e médias empresas na indústria 4.0 e cadeias de valor globais porque as pequenas empresas são menos propensas a se preparar para o ajuste de tecnologia devido à falta de pessoal especializado ou desconhecimento das novas tecnologias. A abordagem

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

de criação de um laboratório experimental ofereceu perspectivas interessantes na Holanda. A proximidade de empresas e laboratórios de campo e a operação de laboratórios de campo em diferentes regiões tem enfatizado o acesso ao conhecimento.

3. Clusters

A terceira lição aprendida com o “Cluster de Fábrica Inteligente” da Itália relaciona-se ao papel estratégico dos clusters na determinação da política industrial. Como a política industrial é fragmentada na Europa em geral - em comparação com os Estados Unidos e a China - um cluster industrial especializado é formulado por formuladores de políticas com o objetivo de unir ciência, tecnologia e tecnologia. entre os membros do cluster e mais conveniente no fornecimento de serviços de suporte

4. Inovação avançada

Em quarto lugar, a principal lição aprendida com o Reino Unido realça o valor da inovação em “estágios avançados” para o crescimento económico. É aqui que a tecnologia, em escala industrial, pode atuar como fator de sucesso.

5. Financiamento Equilibrado

Finalmente, o modelo de financiamento equilibrado reduz o risco de volatilidade, facilitando a realização de compromissos de longo prazo para melhorar a inovação.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.6.6 QUESTÕES TRANSVERSAIS PARA POLÍTICAS INDUSTRIAIS EFICAZES 4.0

1. As políticas industriais 4.0 beneficiam do estabelecimento de metas claras com metas/marcos de medição apoiados por indicadores qualitativos e quantitativos, bem como mecanismos de monitoramento e avaliação rigorosos.

2. embora o financiamento público seja necessário, o financiamento privado para as políticas industriais 4.0 também é importante. Portanto, os formuladores de políticas devem prever medidas para garantir o financiamento privado - seja voluntário ou obrigatório. Da mesma forma, a alavancagem da sociedade com investimentos que podem aumentar o impacto das políticas precisa ser considerada para superar os desafios, para colher os lucros dos resultados das operações. I&D, em aplicações comerciais viáveis da UE. É necessário um alto nível de financiamento das partes interessadas da indústria para aumentar a sustentabilidade da iniciativa.

3. Abordagem setorial (ou ascendente) para a abordagem de governança descendente garante uma participação mais ativa de campos profissionais em profundidade. Desta forma, os membros de cada indústria têm a oportunidade de participar ativamente, promover o desenvolvimento de áreas produtivas específicas.

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4. Devem igualmente ser considerados instrumentos de financiamento inovadores e mais próximos do mercado, por exemplo, empréstimos comerciais e incentivos fiscais.

5. A participação efetiva de pequenas e médias empresas muitas vezes requer uma abordagem mais flexível, ou seja, fornecer ferramentas de financiamento específicas.

6. A lentidão na execução dos projetos pode reduzir a oportunidade de obtenção de resultados importantes.

7. A tendência foi a criar grandes plataformas, muitos investidores, mas a maioria das políticas é voltada para o aumento da implementação ou adoção de tecnologia, criando programas de assistência mais próximos às necessidades de transformação digital das empresas.

A análise acima não cobre todas as atividades relacionadas com a política industrial 4.0 nos países da União Europeia. No entanto, a análise também nos dá uma visão geral dos caminhos dos países que são considerados os mais dinâmicos, ricos em potencial e também os mais promissores na atual.

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

4.6.7 TRANSFORMAÇÃO SOCIAL E POLÍTICAS REGIONAIS - O CASO ESLOVENO

I4.0 é um processo transformador, não apenas para a economia, mas também para a cultura e a sociedade em geral. Não ser capaz de embarcar nas transformações necessárias significará que as regiões atrasadas permanecerão presas num ciclo descendente. No entanto, se tais transformações forem implementadas, elas podem oferecer uma grande oportunidade para eliminar algumas das velhas dinâmicas que impedem o desenvolvimento regional.

Os programas de inovação da UE devem reconhecer este fim, aumentando o conhecimento sobre as tecnologias I4.0 em regiões atrasadas e garantir que sejam mais amplamente acessíveis às empresas em diferentes regiões, criando mecanismos de transferência de conhecimento. Para empresas de setores relacionados e não relacionados, devem ser estabelecidas políticas que encorajem cruzamentos entre setores de manufatura e serviços, e entre indústrias que usam técnicas tradicionais e novas tecnologias I4.0.

A aplicação de tecnologias facilitadoras que oferecem um efeito de ponte entre os setores pode fornecer oportunidades para mudanças regionais. Essas perspectivas podem apoiar políticas de especialização cruzada onde o foco não se baseia apenas na variedade

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

relacionada; em vez disso, ao apoiar indústrias fortes (ainda não relacionadas), pode permitir novas pontes entre os domínios do conhecimento que reforçam as capacidades existentes ou permitem novos caminhos de crescimento.

Por outro lado, pode haver um papel mais proeminente das compras públicas na promoção de tais transformações. Esses processos servem de apoio a programas de empreendedorismo, intercâmbio de pessoal, colaboração em pesquisa e maior mobilidade de mão de obra entre setores.

São necessárias políticas industriais transformadoras e holísticas que abordem as falhas e obstáculos de todo o ecossistema regional. Tais políticas são tipicamente multidimensionais e não puramente focadas em instrumentos específicos.

Também são importantes políticas sociais que favoreçam a participação no mercado de trabalho, ou políticas de formação e educação, devem ser combinadas com instrumentos de política industrial mais diretos a fim de induzir transformações em caminhos desejáveis de desenvolvimento.

A Eslovénia oferece um exemplo de visão baseada numa resposta política integrada e colaborativa, tanto a nível regional quanto nacional, em relação às tecnologias I4.0.

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

A Indústria Eslovena 4.0 (S4) identificou prioridades e nichos de TIC relevantes nos quais o país podia adquirir uma vantagem competitiva de longo prazo. Essas áreas focais foram sinalizadas por tecnologias emergentes e existentes e atividades de investigação conjunta. Isso foi seguido por esforços para lançar tecnologias em novas áreas de aplicação e encorajar sua convergência, criando uma rede de fornecedores de serviço I4.0 de alto desempenho.

Estas iniciativas do lado da oferta foram combinadas com o lado da procura. As empresas foram incentivadas a identificar oportunidades para I4.0, muitas das quais que exigiam modelos de negócios transformadores. O apoio público para a introdução desses novos modelos de negócios veio por meio de esquemas de vouchers apropriados e do fornecimento de mentores dedicados.

No S4, o governo esloveno também criou o programa Fábricas do Futuro de Parcerias Estratégicas de Pesquisa e Inovação (SRIPs) para se concentrar na capacidade de nacional de integração com tecnologias internacionais. Usando financiamento dedicado, SRIP trabalha com os pilotos da Iniciativa Vanguard e Plataformas Temáticas de Especialização Inteligente Europeia em níveis regional e nacionais para conectar a Eslovénia com parceiros internacionais.

Para facilitar a transformação I4.0 da Eslovénia, a força de trabalho também precisa de renovação, pelo

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

que uma abordagem ambiciosa de três estágios foi projetada:

- (1) uma avaliação a nível micro para compreender as habilidades necessárias para a I4.0;
- (2) a tradução das necessidades educacionais adequadas para fornecer a força de trabalho do futuro; e
- (3) o fornecimento de programas de (re) treinamento direcionados aos funcionários atuais para atender às necessidades mais imediatas, usando centros de competência de recursos humanos que devem evoluir progressivamente para atender às prioridades S4.

Resultados em fábricas

As fábricas avançadas se distinguem pela sua liderança na Fábrica do Futuro e organização digital. Essas dimensões capacitadoras são essenciais para promover um ambiente no qual a Indústria 4.0 possa florescer. As primeiras plantas entendem a importância dessas dimensões, mas ainda estão investindo pouco nelas. O fluxo de material automatizado e a força de trabalho com tecnologia aumentada oferecem oportunidades significativas para fábricas avançadas e iniciais. Essas dimensões mostraram as piores pontuações para plantas avançadas e iniciais. 360º Sistemas de visibilidade de fábrica (página 15) e fluxo de dados automatizado (página 10) são áreas relativamen-

Cofinanciado por:

4. INICIATIVAS POLÍTICAS

te maduras para plantas avançadas e iniciais. Ambas as plantas iniciais e avançadas têm algumas de suas pontuações médias mais altas nessas dimensões. Produção e qualidade são áreas em que as primeiras fábricas usam uma combinação de tecnologias convencionais e trabalho manual, enquanto as fábricas avançadas estão adotando novas tecnologias em um ritmo mais lento em comparação com outras dimensões. Enquanto para a dimensão de manutenção as plantas avançadas definiram o caminho e as plantas iniciais estão lutando para seguir, para a dimensão de infraestrutura, há uma diferença menor - mas ainda significativa - em comparação com outras dimensões entre as plantas avançadas e as primeiras.

Cofinanciado por:

CASOS DE ESTUDO

5.

Cofinanciado por:



Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

ESTUDO de
BENCHMARKING INTERNACIONAL
Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0



5. CASOS DE ESTUDO

5.1 CASO DE ESTUDO LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL (TDLAB) DE GIPUZKOA³

5.1.1 O TDLAB

O Laboratório de Desenvolvimento Territorial (TDLab), é uma iniciativa do governo do Provincial do Conselho de Gipuzkoa (PCG) e foi iniciado em 2009. TDLab é o contexto onde vários programas de políticas foram desenvolvidos de forma colaborativa e seu sistema de governança envolve múltiplas escalas e atores.

TDLab é o primeiro estudo de caso que se concentra especificamente em Políticas da Indústria 4.0, que

- (i) 6 investigadores sociais,
- (ii) 10 funcionários da agência de desenvolvimento do condado,
- (iii) representantes dos centros de formação profissional e
- (iv) 354 representantes das PME industriais.

³ Baseado em Larrea, M. & Estensoro, M. (2021), Governance of Industry 4.0 policies: making knowledge services accessible for SMEs. Regional Studies.

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

começaram em 2017. Entre os participantes na fase 2 do projeto estão:

Quanto aos resultados do projeto, 84 PME das 354 que participaram do diagnóstico inicial da fase 1 estão atualmente a participar em processos colaborativos para integrar tecnologias da Indústria 4.0 nas suas linhas de produção ou em processos organizacionais para melhorar suas capacidades não tecnológicas para fazer uso eficiente de 4.0 tecnologias. Um exemplo de processo colaborativo é aquele no condado de Bidasoa, onde a agência de desenvolvimento do condado e um fornecedor privado de tecnologia estão a colaborar com PMEs para investir em tecnologias de Big data. Outro exemplo é o Laboratório 4.0 no condado de Urola Garaia, que é o resultado da colaboração entre a agência de fomento do condado e o centro de formação profissional. Neste laboratório, as PME podem testar tecnologias antes de investir nelas.

O papel que cada tipo de participante desempenha está no cerne da governança da política da Indústria 4.0. A posição privilegiada dos investigadores ajudou-os a oferecer uma descrição diferenciada das funções desempenhadas pelo governo provincial (PCG), agências de desenvolvimento do condado e centros de treinamento vocacional. Além disso, a posição do insider fornece evidências de como os investigadores sociais podem ser agentes de inovação nas relações sociais para a construção da governança das políticas da Indústria 4.0.

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

Finalmente, a iniciativa TDLab é complementar a outras políticas que apoiam a adoção e difusão da Indústria 4.0, a nível provincial e regional. Essas outras políticas incluem uma gama de serviços de sensibilização, formação, I&D e apoio financeiro para investimentos. A singularidade do TDLab neste contexto é que ele suporta o estágio de diagnóstico além do estágio de implementação; atinge PMEs com qualquer nível de tecnologia, enquanto outros atingem principalmente PMEs de média-alta ou alta tecnologia e também financia agências de desenvolvimento de condados, para fomentar um relacionamento de longo prazo entre PMEs e governos locais.

5.1.2 ETAPA 1 (2009-2017): CONSTRUÇÃO DE GOVERNANÇA MULTI-ESCALAR PARA POLÍTICAS DE PMES

O programa TDLab foi lançado em 2009 pelo PCG. Em 2013, em conjunto com os investigadores da ação, o PCG e as agências de fomento do condado criaram dois espaços principais de diálogo. Um era a “Mesa Inter-regional”, onde representantes do conselho provincial e agências se reuniram para identificar os principais desafios para a província em termos de desenvolvimento socioeconómico e estabelecer as prioridades de colaboração. O segundo espaço foi chamado “Processos de investigação-ação” Por meio desses processos, as decisões foram operacionalizadas, implementadas e avaliadas por meio de experimentação.

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

Os investigadores co-facilitaram esses espaços trazendo conteúdos metodológicos e conceptuais que ajudaram a apontar os problemas e enquadrar o projeto e as soluções. Juntos, eles desenvolveram programas de apoio à modernização das PMEs e à implantação de medidas de eficiência energética.

Em 2017, o PCG e os legisladores do condado, num processo novamente facilitado por investigadores, acordaram os critérios para um plano de ação anual e seu cofinanciamento para:

- (i) discutir os principais desafios de desenvolvimento territorial de Gipuzkoa e estabelecer as prioridades de colaboração (Junho-julho);
- ii) incluir projetos colaborativos nos orçamentos do conselho e das agências (setembro-dezembro);
- (iii) desenvolver programas de política colaborativa para enfrentar os desafios (janeiro-dezembro);
- (v) avaliar as políticas em andamento e discutir novos desafios (junho-julho).

A Etapa 2 foi desenvolvida no contexto dos espaços de diálogo e procedimentos descritos nesta seção.

5. CASOS DE ESTUDO

5.1.3 ETAPA 2 (2017-2020): INDÚSTRIA 4.0 PARA PMES NO CONTEXTO DA NOVA GOVERNANÇA

Esse processo envolveu quatro etapas.

5.1.3.1 Etapa 1. 2017: Negociação de funções

Essa etapa ocorreu entre abril de 2016 e abril de 2017, pouco antes da decisão de atacar a Indústria 4.0. Nos workshops realizados para a formulação de políticas colaborativas, o PGC e as agências de desenvolvimento do condado tiveram posições conflitantes. Uma opinião, centrada no condado, era a de que as agências de desenvolvimento do condado às vezes forneciam serviços abrangentes às empresas e, portanto, apesar de serem organizações pequenas, tentavam oferecer expertise em questões tecnológicas. A segunda visão, a perspectiva centrada no conselho, sustentava que o conselho era a instituição que liderava a formulação de políticas na província e que eles eram a principal referência para políticas públicas no que se refere a empresas. De acordo com o conselho provincial, ao invés de responder diretamente às empresas e suas necessidades, as agências deveriam concentrar-se na sensibilização das empresas.

5. CASOS DE ESTUDO

Os investigadores facilitaram o diálogo entre o conselho e as agências com base em diferentes conceitos e estruturas da literatura de sistemas de inovação regional, e as agências aceitaram que havia outros atores territoriais (universidades, centros de tecnologia) que estavam mais bem preparados do que para fornecer às empresas serviços especializados. Assim, a missão das agências era orientar as empresas sobre como colaborar com esses atores. No entanto, o conselho também teve de aceitar que as agências desempenhavam um papel que ia além da sensibilização. Portanto, juntos, eles estabeleceram uma nova função chamada iniciação, comparando-o com a função de médicos de família no sistema de saúde. No final do processo de investigação-ação, o PCG e os representantes da agência concordaram que: “O processo para ajudar as PME é cíclico e essas são suas etapas: sensibilização, iniciação, serviços especializados e acompanhamento. O papel das agências é começar com a sensibilização e iniciação, a seguir orientar a empresa para outras organizações que possam prestar serviços especializados e, em seguida, manter contato com a empresa para avaliar todo o processo e conectar a empresa com o próximo ciclo.”

Este acordo foi a principal conquista nesta etapa, e a lição aprendida foi a de que a investigação-ação poderia ajudar na negociação dos papéis dos participantes na governança das políticas da Indústria 4.0 e no processo de aprendizagem.

5. CASOS DE ESTUDO

5.1.3.2 Etapa 2. 2017-2018: Diagnóstico da situação

Em abril de 2017, durante uma reunião da Mesa Inter-regional, o diretor de inovação do PGC apresentou a Indústria 4.0 para PME como uma prioridade da diretoria. Ele estava preocupado com a possibilidade das PME ficarem para trás na transformação para a Indústria 4.0 e propôs começar, juntamente com os investigadores, a diagnosticar a situação de 529 PME industriais localizadas em Gipuzkoa que tinham entre 20 e 99 trabalhadores.

As agências concordaram imediatamente com isso, e um processo de um ano com duração de maio de 2017 a junho de 2018 foi projetado. A meta foi: “avaliar a situação das empresas e as suas condições para tirar partido da Indústria 4.0 no futuro”. Isso significa que o diagnóstico não foi um fim, mas uma primeira etapa do processo.

Nos primeiros três workshops de investigação-ação, os formuladores de políticas do conselho e da agência, juntamente com os investigadores, desenvolveram definições de trabalho da Indústria 4.0 e estabeleceram um procedimento de entrevista e uma metodologia para rotular as informações coletadas das PME. Eles co-geraram uma definição tripla da Indústria 4.0:

5. CASOS DE ESTUDO

- (i) como um fenómeno global de “transformação em profundidade” (para os investigadores),
- (ii) uma estratégia para alcançar “processos mais eficientes [...], produtos de melhor qualidade [...], Mais flexibilidade [...], novos serviços [...], e empresas híbridas industriais e de TIC ”(para as PME), e
- (iii) uma “estratégia territorial [...] para garantir o futuro do território ”(para o formuladores de políticas). E, mais uma vez, a investigação foi o procedimento para construir a governança das políticas da Indústria 4.0.

Os decisores políticos estavam, no entanto, preocupados com o facto de que muitas PME não teriam as condições que a literatura afirmava serem necessárias para serem capazes de integrar a Indústria 4.0. Consequentemente, eles decidiram definir as pré-condições para a Indústria 4.0, que eram as características específicas que as PME precisavam melhorar (como desenvolver processos de inovação ou ter uma estratégia clara) antes de começarem a trabalhar com as condições reais (como ter uma indústria específica 4.0 plano e alinhando-o com o pensamento estratégico da empresa). Das 506 PME visadas, 354 aceitaram ser entrevistadas (70%).

Uma das principais características que diferenciam esse processo de dentro para fora de outros diagnósticos

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

semelhantes, usando uma abordagem de fora para dentro, é que os investigadores ainda faziam parte dele quando o conflito surgiu após a realização das primeiras entrevistas. Um dos representantes da agência expressou que não se sentia à vontade em visitar as PME sem uma proposta clara de melhoria. Ele também sentiu que os programas governamentais em questão não ofereciam soluções adequadas para os problemas que as PME compartilhavam: “Que kit de ferramentas queremos levar para a segunda reunião?” “Qual é a motivação das empresas para continuar nesses processos?” (Novembro de 2017, workshop).

A metodologia foi redefinida e a segunda visita tornou-se opcional. A incerteza sobre até que ponto a política poderia ajudar as PME era evidente. Embora as agências tenham afirmado anteriormente que o seu papel de iniciação em relação às PME e à Indústria 4.0 foi mais do que mera sensibilização, nesta fase, argumentaram que não tinham o conhecimento e as capacidades para permitir às PME dar o próximo passo

5.1.3.3 Etapa 3.

2018-2019: Processos de atualização colaborativa com as primeiras 40 PME

Em resposta às lições aprendidas e às tensões explicitadas na etapa anterior, um novo processo de programa/investigação-ação foi lançado pelo conselho. As dez agências que participaram da etapa anterior

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

voltaram a fazê-lo. Durante um ano, os formuladores de políticas do conselho e das agências, juntamente com investigadores de ação, trabalharam com 40 PME (4 em cada condado) que tinham condições de implementar a Indústria 4.0, mas não estavam fazendo isso. Todos eles concordaram com a meta de ajudar essas PME a desenvolver um plano para integrar um tipo de tecnologia da Indústria 4.0 dentro da empresa (as mais frequentemente escolhidas foram as tecnologias que visam a integração de sistemas horizontal e vertical, automatização de processos, sistemas de sensores embutidos e análise de big data).

Seguindo a metodologia de cogeração, cada empresa também optou por trabalhar num determinado recurso não tecnológico que facilitasse a integração da tecnologia (a maioria delas optou por elaborar um plano da Indústria 4.0, para analisar a receptividade do mercado do ambiente à Indústria 4.0 ou à treinar os funcionários da empresa).

Os colaboradores da agência ficaram encarregues de contactar as PME e desempenhar a função de iniciação (“médico de família”) de forma a encorajar estas empresas a iniciarem um processo de transformação. Os investigadores consideraram explicitamente as tensões geradas na etapa anterior. Aparentemente, esses problemas foram resolvidos com a governança colaborativa acordada no papel, que afirmava que as agências orientariam as PME em direção a centros

5. CASOS DE ESTUDO

de tecnologia e universidades com o conhecimento apropriado durante a fase de iniciação. No entanto, uma interpretação mais subtil de dentro do processo mostrou aos investigadores que:

- (a) as PME que foram contactadas raramente sabiam de qual tecnologia precisavam e, consequentemente, parecia que a equipe da agência não era capaz de escolher o centro de tecnologia certo ou departamento da universidade que poderia ajudá-los;
- (b) mesmo quando eles sabiam, algumas PME eram frequentemente consideradas clientes muito pequenos para universidades e centros de tecnologia.

Um novo conceito foi então proposto pelos investigadores para ser acordado: “amigos de viagem”. Um “amigo de viagem” era uma organização que, sem ser especialista numa tecnologia específica, tinha conhecimento suficiente para entender as necessidades tecnológicas das PME e assim poderia ajudar essas empresas não só a escolher a melhor tecnologia para elas, mas também orientá-las para os especialistas mais adequados que poderia ajudá-los com essa tecnologia. Os decisores políticos do conselho e das agências aceitaram-no como uma definição de trabalho e surgiu o debate sobre quem poderia desempenhar este papel e prestar este serviço no País Basco.

5. CASOS DE ESTUDO

Por um lado, havia alguns KIBS⁴ privados capazes de fornecer apoio rápido (embora caro) às PME. Por outro lado, alguns formuladores de políticas preferiram investir no desenvolvimento de serviços públicos que pudessem atender a essa necessidade. No final, o conselho e as agências concordaram que os centros de formação vocacional/profissional (EFP) poderiam desempenhar esse papel.

Para responder aos processos de aprendizagem e negociação facilitados por investigadores de ação, os legisladores do conselho desenvolveram um programa no qual as PMEs e funcionários da agência poderiam decidir juntos se trabalhariam com um “amigo de viagem” ou não e, em caso afirmativo, que tipo de “amigo de viagem” poderia ser contratado o dinheiro fornecido pelo conselho.

Um resultado direto deste processo foi a conclusão de 44 planos da Indústria 4.0. No entanto, houve duas outras conquistas no que diz respeito à governança, a definição de um novo tipo de serviço que definimos como o “amigo de viagem” e a decisão do governo de apoiar as PMEs na contratação desses “amigos de viagem” usando fundos de seu programa Indústria 4.0.

A principal lição aprendida foi que os investigadores podiam inovar nas relações sociais desenvolvendo um

⁴ Knowledge Intensive Business Services – Serviços de negócio intensivos em conhecimento.

5. CASOS DE ESTUDO

novo tipo de relacionamento entre empresas, agências, VET e o conselho, porque podiam compreender o processo político por dentro.

5.1.3.4 Etapa 4. **2019-2020: Procedimentos de atualização colaborativa com outras quarenta PMEs**

Em maio de 2019, a Mesa Intercounty aprovou uma proposta para um novo ciclo de políticas no processo Indústria 4.0. Estava previsto que esta nova etapa duraria de junho de 2019 a julho de 2020, e a meta acordada pelos formuladores de políticas e investigadores foi a de que outras 40 empresas desenvolveriam planos da Indústria 4.0, enquanto a equipa da agência avaliava o desempenho dos outros 44 planos anteriores.

Este novo ciclo de investigação-ação foi realizado no momento da redação deste artigo. Os formuladores de políticas do conselho e o pessoal da agência decidiram, em colaboração, que no novo ciclo, a participação dos centros de formação profissional como “amigos de viagem” seria obrigatória (na fase anterior, era opcional). Esta decisão foi facilitada pelos investigadores.

No início do processo, (a) o conflito surgiu quando o papel das agências como iniciadoras foi considerado suspeito pelos representantes do EFP. Eles temiam

5. CASOS DE ESTUDO

que a governança colaborativa subordinasse seu papel ao das agências. A compreensão diferenciada dos investigadores sobre os sentimentos dos participantes e as interpretações da governança, que poderiam obter por meio de sua posição como insiders, permitia-lhes desempenhar um papel, mais uma vez, na busca pela inovação nas relações sociais.

Através de três workshops, os investigadores criaram os espaços e procedimentos para os representantes do EFP refletirem, discutirem e negociarem o seu próprio papel. Posteriormente, os centros de formação profissional decidiram participar na governação da política da Indústria 4.0 como membros titulares e não apenas como “convidados”. No workshop de 6 de novembro de 2019 propuseram-se a: “Fortalecer as redes locais e, principalmente, a colaboração entre as agências de fomento do condado e os centros de formação profissional.

Portanto, a principal conquista desta fase não foi apenas a avaliação de outras 40 empresas, mas também a inclusão dos centros de formação profissional como membros titulares no processo

5.1.4 PRINCIPAIS RESULTADOS

O caso mostra resultados não só ao nível da empresa (as PME estão a integrar tecnologias 4.0 nos seus planos), mas também em termos de desenvolvimento

5. CASOS DE ESTUDO

territorial, uma vez que as externalidades podem ser observadas graças à prestação de serviços da Indústria 4.0 para as PME.

O caso mostrou que, potencialmente, a maneira mais rápida das empresas encontrarem respostas para suas necessidades de mercado é por meio do KIBS; no entanto, a maioria das PMEs não tem acesso a esses serviços. Primeiro, porque os serviços avançados são muito caros para eles e, segundo, porque são muito pequenos para se tornarem clientes de centros de tecnologia e universidades. Como consequência, no caso estudado, o governo decidiu que uma política pública deveria ser desenhada para ajudar as PMEs a aceder a este tipo de conhecimento.

Um sistema de financiamento público que proporcionasse fundos diretos às PME poderia ter dado resposta às necessidades de algumas PME que, desta forma, poderiam pagar os serviços disponíveis no mercado. Não obstante, o governo tomou a decisão de criar uma rede de agentes do setor público (governo, agências, centros de formação profissional) como os prestadores de serviços preferenciais. Isso exigia uma governança colaborativa entre eles e as PMEs. Nessa governança, as agências trabalham com as PMEs nos estágios iniciais para que essas empresas possam aprender e para que sua demanda por serviços tecnológicos e não tecnológicos da Indústria 4.0 se torne mais sofisticada. O papel dos centros de EFP é aconselhar quando as PMEs precisam de apoio para decidir

5. CASOS DE ESTUDO

que tipo de tecnologia usar, quando seus projetos tecnológicos são muito pequenos para centros de tecnologia ou universidades, ou quando esses serviços são muito caros para as PME contratarlos no mercado.

Que políticas devem ser construídas para otimizar a inter-relação entre as PME e esses prestadores de serviços?

Respondemos a essa pergunta abordando cinco características desses processos, que resultaram das lições aprendidas por investigadores dentro do processo político. Eles são a principal contribuição deste artigo para a literatura da Indústria 4.0, uma vez que são características processuais cruciais para as políticas da Indústria 4.0 e sua governança, que foram pouco estudadas na literatura apresentada anteriormente na seção de estrutura conceitual.

Investigadores como facilitadores da governança da Indústria 4.0

Os investigadores sociais podem desempenhar um papel de facilitadores da inovação nas relações sociais que resultam em novos modos de governança das políticas da Indústria 4.0. Portanto, a função das universidades é dupla em relação às políticas da Indústria 4.0. Por um lado, são fornecedores de conhecimento tecnológico e, por outro, podem fornecer conhecimentos e metodologias de inovação nas relações sociais. No caso estudado, conceitos como médico de família e amigos de viagem, cogerados por

5. CASOS DE ESTUDO

meio da pesquisa-ação, deram lugar a novos padrões de comportamento colaborativo que se institucionalizaram na forma de uma nova governança das políticas da Indústria 4.0.

Transformar processos de política hierárquica em colaboração

As relações (verticais) entre o conselho provincial e as agências de desenvolvimento do condado e as relações (horizontais) entre essas agências e os centros de EFP mostraram que, para as tecnologias da Indústria 4.0 se tornarem acessíveis para as PME, eram necessárias formas inovadoras de lidar com as relações de poder. Consequentemente, o desenvolvimento não está relacionado apenas com capacidades tecnológicas e a inovação, mas também às capacidades sociais e à inovação.

Institucionalizar espaços específicos e formalizar procedimentos para as políticas da Indústria 4.0

Neste caso, quando os formuladores de políticas e investigadores ganharam consciência dos desafios enfrentados pelas PME, acabaram por gerar pressão mútua, o que levou a soluções sinérgicas. Isso aconteceu graças à existência de espaços e procedimentos de experimentação bem definidos, no caso, a Mesa Interegional e os processos de pesquisa-ação. Esses espaços e procedimentos estão no cerne da governança multi-escalar e facilitam a discussão e a negociação sobre os papéis que cada ator desempenha no desenvolvimento territorial.

5. CASOS DE ESTUDO

Discutir e negociar funções continuamente

Uma das características proeminentes da governança das políticas da Indústria 4.0, neste caso, foi a discussão contínua sobre os diferentes papéis. Os papéis nele definidos e nomeados pelos participantes como “médicos de família” e “amigos de viagem” são compatíveis com categorias já existentes na literatura de desenvolvimento regional para atores do sistema de inovação regional: formuladores de políticas e fornecedores de conhecimento. Mas, como resultado dos processos de aprendizagem e negociação realizados para defini-los, esses conceitos são mais bem-adaptados às necessidades das PME's do que as categorias conceptuais genéricas fornecidas pela literatura. Consequentemente, fornecem uma base mais sólida para as políticas da Indústria 4.0 orientadas para as PME's.

Manter uma perspetiva de longo prazo

Leva muito tempo para construir a governança, mas depois de operacionalizada, a velocidade dos processos de política aumenta. As decisões para abordar de forma colaborativa a Indústria 4.0 desde 2016 têm sido muito rápidas porque as metas, funções e critérios de financiamento foram negociados e acordados de antemão como parte de um processo experimental em execução contínua desde 2009. A boa governança pode acelerar a formulação de políticas, mas deve-se fazê-lo, é fundamental investir primeiro em processos de longo prazo

5. CASOS DE ESTUDO

5.2 CASO DE ESTUDO “MITTELSTAND 4.0”⁵

5.2.1 ESTRUTURA MITTELSTAND 4.0

A iniciativa “Mittelstand 4.0: Produção Digital e Processos de Trabalho” pertence à “Estratégia Digital 2025”, a estratégia alemã voltada para a transformação digital da economia nacional. A iniciativa visa apoiar a German Mittelstand, especificamente o grupo SME, a começar a usar as tecnologias e soluções digitais da Indústria 4.0.

A iniciativa é baseada nas primeiras investigações empíricas sobre o estado da arte da indústria digital na Alemanha, destacando que o grupo de Mittelstand de pequeno e médio porte estava relutante em se envolver com o processo de digitalização.

Em 2016, a maioria das PME's na Alemanha ainda adotava lentamente tecnologias digitais: 34,6% delas tinham um nível de digitalização muito baixo, com apenas 5,3% usando análises de big data, em comparação com quase 10% das PME's na UE como um todo (CE, 2018); mais de 30% do Mittelstand introduziu apenas elementos básicos de digitalização, e apenas 20% apresentaram maturidade digital avançada em seus processos operacionais (ZEW, 2016).

⁵ Baseado em Prodi et al. (2021).

5. CASOS DE ESTUDO

Além disso, a gestão das PME alemãs parece não estar totalmente ciente das oportunidades econômicas decorrentes da transformação digital de seus negócios; muitos deles carecem de visão gerencial de alto nível, habilidades de computação e planejamento, ou mesmo uma estratégia. Além disso, a baixa interoperabilidade e as conexões entre os sistemas de TIC das empresas impedem que as PMEs se beneficiem do uso industrial das tecnologias da Indústria 4.0 (Sten-toft e Brinch, 2020).

A iniciativa “Mittelstand 4.0” teve início em 2015 e conta com a criação de 26 centros de competência em todo o país. Os centros de competência (CCs) têm a tarefa de aconselhar o pequeno e médio grupo Mittelstand sobre os benefícios econômicos, bem como sobre as questões relacionadas ao uso de tecnologias da Indústria 4.0 e apoiá-los no desenvolvimento de soluções personalizadas para otimização de negócios.

Um CC é uma rede de atores não mercantis (de 4 a 10) com experiência em desenvolvimento de tecnologia e atividades de transferência de conhecimento. Em particular, os CCs alavancam o ambiente institucional existente e incluem aproximadamente duas categorias de parceiros:

1) instituições de investigação (como universidades e institutos Fraunhofer), onde a maioria das aplicações e tecnologias da Indústria 4.0 são desenvolvidas e testadas;

5. CASOS DE ESTUDO

2) parceiros de transferência (como câmaras de comércio ou organizações da indústria), familiarizados com as necessidades específicas das PME. Isso garante uma combinação adequada de investigação de fronteira, experiência em transferência de tecnologia e especialização para enfrentar os desafios que as PMEs enfrentam na expansão de seus negócios.

Os CCs foram selecionados através de concursos públicos e receberam financiamento em três ondas temporais diferentes ao longo do período 2015-2018 (com um orçamento total de 140 milhões de euros). Dezoito deles apresentam um claro enfoque regional, atendendo ao propósito do governo federal de ter pelo menos um CC localizado em cada um dos 16 estados.

Além disso, 8 CCs foram estabelecidos com um âmbito nacional mais amplo e com foco em setores e campos específicos. Os últimos oferecem serviços especializados para indústrias muito específicas e lidam com desafios de digitalização que não são abordados pelos CCs regionais.

Cada centro selecionado recebeu um financiamento de três anos (mais dois anos adicionais) de aproximadamente 5 a 6 milhões de euros. O orçamento pode parecer baixo, mas é apropriado para as atividades de transferência de tecnologia e conhecimento financiadas.

5. CASOS DE ESTUDO

Na verdade, Os CCs são estabelecidos usando as instalações existentes e aproveitando as competências específicas dos parceiros, e o financiamento não pode ser usado para conduzir novas atividades de I&D.

Os CC Regionais atendem exclusivamente PMEs e indústrias situadas no seu estado de referência e oferecem-lhes quatro tipologias de serviços gratuitos:

- i) atividades de informação e sensibilização;
- ii) atividades de demonstração, como visitas a fábricas inteligentes e fábricas de produção digitalizadas, juntamente com acesso a ambientes para teste de soluções e aplicações;
- iii) cursos de formação e workshops oferecidos tanto a gestores como a empregados da empresa;
- iv) desenvolvimento de conceito sob medida e serviços de caso de uso adequados a ciclos de produção específicos para PMEs para otimizar seus negócios.;

Todos os CCs regionais apresentam foco intersectoriais e temáticos. Os CCs tentam oferecer serviços direcionados a tecnologias e aplicativos que cobrem todas as dimensões da mudança (tecnologia, organização, humanos).

5. CASOS DE ESTUDO

Tabela 5 - Focos temáticos e setoriais dos Centros de Competência

Localização	Foco			Foco od Setor	Financiado em
	Tecnologia	Humano	Organização		
Berlim	x	x	x		2015
Darmstadt	x	x	x	A, C, E, F, M, L, S, T	2015
Dortmund	x		x	A, C, E, F, M, L, S, T	2015
Hannover	x	x	x	C, E, M, L	2015
Kaiserslautern	x	x	x	C, E, M	2015
Augsburg	x	x	x	C, E, M	2017
Chemnitz	x	x	x	C, E, M, L, S	2017
Hamburgo	x	x	x	C, E, M, L	2017
Ilmenau		x	x	C, E, S, M	2017
Stuttgart	x	x	x	C, H, M, L	2017
Bremen	x			A, F, M, L	2018
Cottbus				A, C, E, F, M, L, S, T	2018
Lingen	x		x	A, C, E, F, M, T	2018
Magdeburg	x	x	x	A, C, E, F, M, L, S, T	2018
Rostock	x	x		EM	2018
Saarbrücken		x	x	C, E, M, L, S	2018
Siegen			x	C, E, M	2018
Kiel			x	M	2018

Legenda: A: Agricultura e silvicultura; C: Construção; E: Energia; F: Pesca; H: Saúde; M: Manufatura e artesanato; L: Logística (tráfego de transporte) e mobilidade; S: Serviços; T: Comércio
Fonte: Prodi et al. (2021)

5. CASOS DE ESTUDO

No topo, uma agência nacional independente agindo em nome do Governo Federal Alemão, a WIK GmbH, monitora a implementação da iniciativa. Dados da agência para 2018 relatam que as medidas de transferência de conhecimento e tecnologia implementadas pelos CCs atingiram mais de 60.000 PME (envolvendo quase 107.000 funcionários) e aproximadamente 78.000 associações de empregadores e câmaras (envolvendo quase 167.000 pessoas).

Os resultados seguintes resultam de uma metodologia baseada na análise de informação secundária e de várias entrevistas levadas a cabo por Prodi et al. (2021).

5.2.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

5.2.2.1 Nutrindo a circulação e absorção do conhecimento

Os principais serviços oferecidos às PMEs por cada CC regional giram em torno do conhecimento científico e técnico produzido internamente por seus parceiros de investigação, representados principalmente por universidades técnicas e institutos Fraunhofer, que detêm o know-how de como realizar investigação aplicada em estreita cooperação com clientes da indústria e do setor público.

Os diretores dos CC são investigadores seniores empregados nessas instituições de investigação. Os de-

5. CASOS DE ESTUDO

mais sócios, como câmaras de comércio e organizações da indústria, ficaram a cargo dos esforços de marketing, atuando como um canal para entrar em contato com as empresas e atraí-las para visitar as instalações do CC e aceder aos seus serviços.

No entanto, os entrevistados relataram que a interação entre os parceiros de investigação e as PMEs, bem como as operações de transferência de tecnologia e conhecimento, não ocorreram tão bem quanto os funcionários do governo haviam previsto. De facto, os diretores dos cinco CCs criados ao longo da primeira onda de financiamento (2015-2018) concordam que o envolvimento em atividades de transferência de tecnologia e conhecimento sobre digitalização com as PMEs era mais difícil do que esperavam quando o CC foi criado. Eles enfatizaram que as PMEs têm pouca consciência de como usar os aplicativos da Indústria 4.0 para melhorar seus negócios e ser mais competitivas, uma vez que se concentram principalmente nas atividades diárias e não têm estratégias de longo prazo.

Nas palavras do diretor do CC Stuttgart, um dos mais ricos em número e tipologia de sócios envolvidos:

“Adaptar tecnologias digitais e de produção avançadas às PMEs é bastante complicado, e ainda mais complicado no caso do artesanato, já que as tecnologias geradas por investigadores como eu e meus colegas empregados na Fraunhofer são geralmente concebidas para se adequar aos ciclos de produção

5. CASOS DE ESTUDO

de grandes empresas. Eles precisam ser adaptados aos suportes tecnológicos nas PMEs, e estas apresentam um grau heterogêneo de prontidão tecnológica”.

Na tentativa de facilitar a sua interação com as PMEs e aumentar sua conscientização sobre os aspetos e características básicas da Indústria 4.0, os parceiros de investigação dos CCs adotaram uma abordagem orientada para a prática nas formas de linguagens amigáveis, formatos de aprendizagem combinada e personalizados formação no local de trabalho, baseado em sua experiência em investigação aplicada e transferência de tecnologia.

Todos os CCs foram envolvidos na criação de conteúdo informativo e orientado para o utilizador, como webinars, vídeos e estudos de caso coletados em fichas técnicas que poderiam ser facilmente acedidas online para facilitar a transferência de conhecimento e a interação com as PMEs.

Durante o trabalho de campo, surgiram grandes diferenças entre os CCs sobre o enfoque temático e o conteúdo dos serviços prestados. Esta heterogeneidade foi motivada, por um lado, pelos conhecimentos e equipamentos específicos dos parceiros responsáveis pela gestão dos CC e, por outro, pela necessidade de adequar os serviços às necessidades das PME localizadas no respetivo estado. Claramente, as consultas das PMEs originaram-se de diferentes setores e ramos, refletindo a especialização econô-

5. CASOS DE ESTUDO

mica idiossincrática e a composição setorial de um determinado estado.

No que diz respeito ao primeiro driver, surgiram diferenças, em particular com os serviços de “demonstração”. Por serem realizados maioritariamente nas instalações dos sócios de cada CC, o tipo de atendimento dependia dos equipamentos dos próprios sócios. Em geral, foram organizadas mostras e as PME incentivaram a visitá-las e a testar tecnologias e soluções específicas.

Da pesquisa, constatou-se que apenas os CCs em Kaiserslautern e Dortmund ofereceram visitas guiadas a uma fábrica inteligente, mostrando assim apenas para PMEs localizadas nessas áreas como funciona um processo de produção totalmente em rede. CCs localizados em outros estados ofereceram acesso a mais serviços limitados, embora ainda avançados, como laboratórios onde foram disponibilizados bancos de ensaio e fábricas de demonstração.

O mesmo se aplica aos serviços de formação, cujo enfoque temático refletia as competências internas dos parceiros do CC. Por exemplo, vários CCs declararam oferecer formação em “trabalho 4.0”. No entanto, dado que o último tópico é complexo e multifacetado, o trabalho de campo revelou que os CCs abordavam apenas aspetos específicos dele, por exemplo, gestão de recursos humanos e atualização de habilidades, qualificação e aprendizagem ao longo

5. CASOS DE ESTUDO

da vida de funcionário, ergonomia e interações homem-máquina.

A este respeito, os entrevistados referiram que os conselhos de trabalhadores e os colaboradores das PME foram particularmente sensíveis às consequências das aplicações da Indústria 4.0 no mercado de trabalho. Como um oficial do CC Kaiserslautern relatou:

“Organizamos vários eventos, também nas instalações das empresas, para informar os colaboradores que a utilização de tecnologias digitais no chão de fábrica torna os processos mais eficientes sem necessariamente despedir trabalhadores. Em vez disso, pode implicar em qualificação e nova organização da força de trabalho”.

Na mesma linha, as empresas localizadas nos arredores de Stuttgart, uma área onde as empresas são altamente sindicalizadas, tiveram que enfrentar o ceticismo dos conselhos de trabalhadores locais. Assim, o CC Stuttgart expandiu seu portfólio inicial de serviços para incluir questões de trabalho 4.0 e encorajou sindicatos de todos os setores a participarem de eventos e formações para ter uma melhor compreensão de como as tecnologias podem remodelar as tarefas dos funcionários.

Juntamente com informações, demonstrações e serviços de formação, todos os CCs tiveram que se comprometer com o desenvolvimento de conceitos e casos

5. CASOS DE ESTUDO

de uso da Indústria 4.0 sob medida para as empresas, adequando-se a seus ciclos de produção específicos e visando a otimização de seus negócios. Gradualmente, esses “microprojetos” ganharam popularidade entre as empresas, e sua procura se intensificou em todos os CCs, que se ofereciam para gerenciar a implementação dos conceitos gratuitamente.

No geral, o portfólio de serviços oferecidos pelos CCs e sua abordagem orientada para a prática distinta foi particularmente útil para eliciar uma procura latente por inovação das empresas. Eventos informativos, vitrines, formação e projetos reuniram vários stakeholders e desencadearam atividades colaborativas ascendentes de partilha de conhecimento e transferência de tecnologia em nível local. Isto acabou por conduzir a métodos de colaboração sem precedentes entre os parceiros científicos dos CCs e das PME, bem como entre as próprias PME.

5.2.2.2 Networking para a complementaridade

Desde o início da iniciativa, a colaboração entre os CCs foi incentivada pelo governo federal por meio de uma plataforma online comum e por meio de conferências que os CCs tiveram que organizar duas vezes durante o período de financiamento para divulgar publicamente suas atividades. No entanto, num estágio inicial, a colaboração entre os cinco CCs criados por meio da primeira onda de financiamento foi limitada.

5. CASOS DE ESTUDO

Embora os parceiros do CC sentissem a necessidade de aceder a conhecimentos complementares para responder às perguntas das PMEs, eles estavam muito distantes para organizar iniciativas conjuntas e os custos de viagem não eram cobertos pelo orçamento. Além disso, os parceiros de CCs incipientes estavam ocupados construindo seu portfólio de serviços e ainda não havia incentivo para troca de conhecimento entre eles.

Esta investigação revelou que, após o início da segunda onda de CCs em 2016, muitos CCs começaram espontaneamente a procurar cooperação entre si. Por exemplo, as primeiras atividades de colaboração espontânea surgiram entre os parceiros da CC Kaiserslautern e seus parceiros vizinhos em Darmstadt e Saarbrücken sobre os tópicos de gestão de recursos humanos e segurança de TI. Colaborações semelhantes intensificaram-se progressivamente entre todos os CCs na forma de serviços agrupados para expandir seu portfólio, principalmente com os CCs vizinhos para reduzir os custos de viagens.

Proximidade física e especialização complementar em tópicos de interesse mútuo representam uma justificação recorrente que fundamenta a colaboração na maioria das entrevistas. Por exemplo, citando o diretor do CC Augsburg:

“Começamos a colaborar com os colegas dos CCs em Stuttgart, mas aos poucos nos envolvemos em

5. CASOS DE ESTUDO

outras atividades com os CCs em Chemnitz e Darmstadt. Encontramos temas de interesse mútuo e temos conhecimentos complementares em nossas respectivas áreas de atuação. Além disso, os CCs acima mencionados estão localizados a apenas algumas horas de carro de Augsburg. Seria muito mais difícil cooperar com colegas localizados mais distantes na Alemanha”.

Todos os CCs declararam que colaboram de forma constante com outros CCs, normalmente a cada 4 a 6 semanas, dependendo dos pedidos específicos apresentados pelas PME. De fato, as atividades cooperativas foram impulsionadas pela procura por serviços proveniente de empresas e na maioria dos casos ocorreram na forma de iniciativas bilaterais de interesse mútuo, que vão desde a produção conjunta de fichas informativas de fácil utilização sobre a aplicação Indústria 4.0 (por exemplo, CC Hamburgo e CC Hannover em retrofitting de máquinas industriais) para a organização conjunta de seminários e conferências (por exemplo, CC Augsburg e CC Stuttgart sobre tecnologias de produção) para o intercâmbio de pessoal para eventos e sessões de formação (por exemplo, CC Ilmenau e CC Chemnitz sobre o tema de Segurança de TI).

A cooperação bilateral entre CCs também surgiu como esforço de capacitação: Os CCs criados durante a primeira onda de financiamento tiveram uma vantagem sobre os outros em termos de experiência,

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

especialmente em como se envolver com as PME. Por exemplo, o centro incipiente de Hannover procurou o apoio do seu centro vizinho e maduro em Kaiserslautern. para estabelecer um “procedimento de verificação de prontidão” específico para avaliar a maturidade digital das PMEs e, de forma mais geral, para classificar seu portfólio de serviços.

Assim, tal cooperação revela que nenhum dos CCs, nem mesmo os mais ricos em termos de número de parceiros e equipamentos avançados, é capaz de oferecer um portfólio abrangente de soluções para a Indústria 4.0. A prática de ancorar conhecimento externo e complementar na forma de colaboração bilateral em temas de interesse mútuo permitiu aos CCs evitar situações de lock-in e comportamentos introspectivos, aumentando sua capacidade de atender à procura das empresas por serviços em suas respectivas regiões.

5.2.2.3 Coordenação direcional multinível

A investigação permitiu verificar o surgimento gradual de mecanismos espontâneos estabelecidos pelos CCs para coordenar suas atividades. Os entrevistados revelaram que as conferências organizadas por cada CC ,para divulgar publicamente as suas atividades, representaram uma ocasião para os diretores e dirigentes de todos os CCs se encontrarem e partilharem as suas práticas, permitindo-lhes conhecer

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

as atividades desenvolvidas pelos CCs mais distantes com os quais não colaboravam ainda.

Esses mecanismos espontâneos de coordenação nasceram em torno de tópicos altamente multifacetados, que a colaboração bilateral entre CCs vizinhos não foi capaz de enfrentar em toda a sua complexidade, como organização da força de trabalho e requalificação, bem como questões de segurança de TI. Em particular, os “grupos de trabalho” (WGs) informais se auto-organizaram para unir forças reunindo recursos e trocando práticas de forma complementar. Em uma fase posterior, conforme relatado por um funcionário da agência WIK GmbH e confirmado por outros entrevistados:

“A agência nacional independente WIK GmbH encorajou essa coordenação esforços e a institucionalização dos grupos de trabalho”

Em março de 2019, seis WGs permanentes foram formalmente estabelecidos como constituintes da política: quatro WGs temáticos, a saber, “WG Law”, “WG IT security”, “WG Qualifications, human resources management and Work 4.0”, WG “Informação e Demonstrações de tecnologia”, e dois WGs estratégicos, “WG Marketing ”e “WG Liderança”.

Para os quatro WGs temáticos, a WIK GmbH incentivou a participação de pelo menos um representante por CC para promover a aprendizagem coletiva, a

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

transparência e a circulação de conhecimento entre eles. Para os WGs estratégicos, o WG “Marketing” visa sensibilizar as PMEs para a existência e os serviços prestados pelos CCs; o WG “Liderança” reúne todos os diretores dos CCs para garantir o alinhamento entre as práticas de CC, bem como a coerência entre tais práticas e a abordagem multidimensional da Indústria 4.0 concebida coletivamente pela “Plataforma Indústria 4.0”, que representa o local virtual onde o governo federal, representantes da ciência e negócios e sindicatos definiram coletivamente um entendimento sócio-técnico da Indústria 4.0 em uma tentativa de promover a transformação digital da manufatura nacional de uma forma coordenada e holística. Em particular, por meio dos WGs, a WIK GmbH garante a coerência entre os tópicos abordados pelos CCs e as prioridades temáticas previstas pela Plataforma 4.0 e pelo governo em seus documentos de política estratégica na Indústria.

5.2.3 PRINCIPAIS RESULTADOS

A política em análise procurou os resultados desejados em termos de adoção pelas PMEs das características-chave da Indústria 4.0, seguindo um caminho adaptativo que os formuladores de políticas não haviam prefigurado no estágio inicial do desenho da política.

Em primeiro lugar, nenhum CC sozinho foi capaz de oferecer um portfólio de serviços abrangendo todas

5. CASOS DE ESTUDO

as relações em evolução entre os elementos socio-técnicos que distinguem a Indústria 4.0. No entanto, esta não foi uma questão de preocupação primária para os CCs, que no início tiveram que determinar uma forma de se comprometerem com a tarefa sem precedentes de transferência de tecnologia avançada para as PMEs e os setores do artesanato.

Só mais tarde os CCs começaram a perceber que seu objetivo de estimular a circulação e absorção de conhecimentos e tecnologias relacionados com Indústria 4.0 entre as empresas não atendia adequadamente à procura multifacetada e às preocupações provenientes das PMEs. Este último acabou por impulsionar os CCs para unir forças e colaborar reunindo seus portfólios de serviços em uma tentativa de integrar sua experiência, inicialmente abrangendo apenas um número limitado de elementos da Indústria 4.0.

Este afastamento espontâneo do desenho da política original, ajudou os CCs a remover parte das restrições que limitam sua capacidade de lidar com o grau heterogêneo de prontidão tecnológica e capacidade de absorção das PME. Particularmente, as interações repetidas e iterativas entre CCs ao longo do tempo protegeu os beneficiários da política contra circunstâncias de aprisionamento que poderiam ter impedido a modernização industrial, bem como aumentou a consciencialização dos CCs e das empresas sobre a natureza multifacetada e interligada das principais características da Indústria 4.0.

5. CASOS DE ESTUDO

As primeiras práticas de colaboração e networking ocorreram principalmente entre CCs vizinhos quando questões de interesse mútuo estavam em jogo. Além disso, os CCs foram além da colaboração bilateral episódica, criando alguns grupos de trabalho temáticos por meio dos quais canalizaram seus próprios conhecimentos e compartilharam os conteúdos das atividades de colaboração bilateral em que estiveram envolvidos, com o objetivo de diminuir a assimetria de informação entre os CCs, aumentando a transparência e circulação do conhecimento das práticas empreendidas bem como, por meio da auto-coordenação, fortalecer a capacidade da rede de CCs como um todo para atingir os objetivos da política.

O governo aprovou essas mudanças institucionais fragmentadas: por um lado, os CCs receberam financiamento adicional para realizar essa colaboração; por outro lado, os grupos de trabalho foram institucionalizados dentro da política. Em particular, estes últimos são considerados um constituinte fundamental da política para assegurar a coordenação direcional multinível tanto entre os CCs quanto entre os CCs e o entendimento sociotécnico da Indústria 4.0 previsto pela Plataforma Indústria 4.0, bem como pelo governo federal.

No geral, a iniciativa “Mittelstand 4.0” parece ter passado por um processo de adaptação contínua e atualização gradual em direção a uma abordagem sociotécnica envolvendo ajustes criativos e mudan-

Cofinanciado por:



5. CASOS DE ESTUDO

ças graduais impulsionadas por fundamentos específicos para atender às necessidades dos beneficiários da política.

Este estudo de caso permite o desenvolvimento de alguns princípios de política que apoiam a formulação de políticas para avaliar as características sociotécnicas da Indústria 4.0, bem como abordar as interdependências e complementaridades entre os elementos tecnológicos, organizacionais e humanos ao projetar iniciativas da Indústria 4.0.

5.2.4 CONCLUSÃO

A política envolvida numa transformação complexa de sistemas socioeconómicos e industriais, como a iniciativa “Mittelstand 4.0” em análise, deve ser concebida como um processo contínuo, iterativo e adaptativo, e não uma intervenção planeada e orquestrada uma só vez.

A adoção de soluções da Indústria 4.0 pelas PMEs não é um resultado político determinístico, pré-concebido ou o resultado de um plano com um caminho futuro conhecido. Neste caso, a política passou por uma mudança de trajetória que não podia ser prevista com antecedência. A implementação desta política ocorreu de forma gradual em resposta à crescente procura e questionamentos das PMEs relacionadas com as características da Indústria 4.0. Deste modo,

Cofinanciado por:



5. CASOS DE ESTUDO

a política é o resultado de um processo que envolve a participação em redes, bem como ações coordenadas para manter um sentido do propósito público da política, neste sentido específico, o aumento da competitividade da indústria nacional nos mercados globais.

Da mesma forma, dada a existência de uma pluralidade de direções possíveis nas transições sociotécnicas, a incerteza intrínseca dos cenários evolutivos levou à adoção de uma abordagem de portfólio: não há escolhas unidimensionais, mas um conjunto de opções alternativas, que podem gerar resultados positivos efeitos potencialmente excluídos da seleção de qualquer opção.

Uma política capaz de abranger todos os aspetos chave da Indústria 4.0 e atender plenamente à procura, tanto latente quanto explicitamente expressa pelas PMEs, exigiu o aproveitamento da expertise de toda a rede de CCs. Além disso, prevenir o surgimento de situações de lock-in é uma condição necessária para acomodar a adoção da Indústria 4.0.

A complexidade da Indústria 4.0 e os efeitos diferenciados nas PMEs fomentaram a necessidade de equilibrar a descentralização de tarefas e responsabilidades com um mecanismo de coordenação das operações das redes em vários níveis, para garantir o alcance dos resultados desejados. Quando surgiram oportunidades, o governo facilitou o seu surgimento,

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

forneceu recursos e motivou a ação coordenada dos atores políticos.

Mas todos sistemas socioeconómicos e industriais são idiossincráticos por definição, e a política deve ser moldada de acordo com a procura expressa pelas comunidades locais, bem como com seu grau de prontidão para abraçar a mudança, que deve ser alimentada gradualmente. Os resultados sugerem que a formulação de políticas deve encorajar os ambientes institucionais existentes e os constituintes políticos a adaptar continuamente suas missões para enfrentar os desafios imprevisíveis que surgem, bem como para lidar com resultados incertos. Nessa perspetiva, os CCs podem ser entendidos como intermediários de transição. cujo papel é interpretar a fase do ciclo de vida do processo industrial na região para impulsionar uma transição sociotécnica para a Indústria 4.0 em todas as suas dimensões. Em particular,

Para concluir, a avaliação inicial das iniciativas “Mittelstand 4.0” (BMBF e ACATECH, 2019) parece apontar para a eficácia preliminar desses princípios de política. Com efeito, as empresas envolvidas nas atividades dos CCs e que recebem os seus serviços avaliam a presença e o papel dos CCs regionais de forma muito positiva. As características mais apreciadas foram a proximidade física com tecnologias de ponta (devido à configuração regional da política), o carácter prático e operacional das atividades orientadas para a aplicação direta de novas soluções, a

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

pontualidade e capacidade de resposta dos serviços prestados, e sua natureza gratuita.

5.3 CASO DE ESTUDO SETORIAL - CLUSTER DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE CASTELLON

5.3.1 O CLUSTER DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS DE CASTELLON

O cluster de revestimentos cerâmicos de Castellon (Região de Valência, Espanha) representa mais de 95% da produção de revestimentos cerâmicos na Espanha. Esta região é dotada de organizações públicas de I&D de classe mundial (Institute of Ceramic Technology, ITC), centros educacionais como a universidade local (Universitat Jaume I) e instituições privadas, como associações comerciais (ASCER), todas focadas em ladrilhos cerâmicos, apoiando o cluster local.

A indústria de esmalte de Castellon (química para revestimentos cerâmicos) é a indústria auxiliar mais poderosa do cluster de Castellon e é a líder mundial

5. CASOS DE ESTUDO

absoluta na atividade de esmalte para azulejos, com ampla atuação em outros clusters em todo o mundo. Uma parte crucial do ‘motor de inovação’, e a verdadeira força do cluster Castellon, é o seu comportamento sistêmico, exemplificado pela interação interorganizacional do ITC, dentro da Jaume I Universitat, o subsector de químico e os produtores de revestimentos cerâmicos. Esse mecanismo de disseminação de inovação é muito difícil de replicar.

5.3.2 UM PROGRAMA BASEADO EM LOCAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0

A realização da política focal é o resultado da Agenda Digital i4.0 lançada na Comunidade Valenciana em 2017, sugerindo a necessidade de facilitar a digitalização, especialmente em clusters. A Agência Regional de Negócios e Competitividade Valenciana (IVACE) decidiu testar essa mudança potencial numa indústria avançada o distrito de cerâmicas de Castellon, iniciando o programa IMDEEA/2017/59 - CEBRA + (Ceramic Brain) para testar uma estratégia industrial baseada em digitalização.

O IVACE usou o financiamento do FEDER para apoiar o programa e promover a criação de uma task-force que envolveu atores públicos e privados do próprio cluster, desenvolvendo uma abordagem “bottom-up”, para entregar um programa sob medida naquele particular contexto, co-criando com outros atores

5. CASOS DE ESTUDO

públicos e privados e aproveitando as capacidades existentes do cluster.

O objetivo do CEBRA+ era desenvolver um novo design de tecnologia dominante para promover coletivamente a digitalização naquele distrito industrial. No geral, existiram três tipos de atores envolvidos na iniciativa de base local:

- (i) os atores coletivos (ASCER, a associação comercial regional e ITC, uma organização pública de investigação que fornece I&D ao cluster), que cooperam com o IVACE para mudar a tecnologia e as instituições;
- (ii) as empresas do design digital emergente (por exemplo, empresas de TI) que suportam a transição para a manufatura digital e;
- (iii) as empresas do cluster que potencialmente podem aceder a esse conhecimento uma vez desenvolvido.

Para isso, o ITC projetou e montou uma plataforma de demonstração de fabricação, comprometeu-se a desenvolver, testar e, eventualmente, difundir a tecnologia de fabricação digital de revestimentos cerâmicos, inscrevendo um locatário âncora e uma das empresas mais inovadoras do distrito (Colorker SA). Este programa, e a plataforma digital, na sua primeira fase, visavam produzir um projeto dominante

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

provisório introduzindo tecnologias digitais. Na sua segunda etapa, difundiram a arquitetura tecnológica para digitalizar a produção de revestimentos cerâmicos.

O acordo do programa CEBRA+ consistiu em desenvolver integralmente a digitalização da fabricação de ladrilhos na Colorker, como um verdadeiro “testbed”, apoiado financeiramente pelo IVACE (ator de política), em troca da abertura da plataforma e realização de demonstrações para empresas locais do cluster, para os seus concorrentes locais (supervisionados pelo ITC).

A ASCER, a associação comercial privada de revestimentos cerâmicos, foi o elo entre a ITC e a Colorker, e facilitou a criação de fóruns e encontros para difundir a iniciativa. A empresa líder em inovação Colorker atuou como uma desenvolvedora e demonstradora (os concorrentes eram bem-vindos para perceber), demonstrando os avanços da digitalização para o resto do cluster industrial.

5.3.3 O PAPEL DOS ATORES COLETIVOS: LIDERANÇA, COOPERAÇÃO E CO-DESIGN BASEADO NO LUGAR

As empresas do cluster concordaram que os atores coletivos (ITC - público e ASCER privado) possibilitaram o início da plataforma de fabricação (política baseada no local) para produção digital de azulejos.

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

A liderança dos atores coletivos foi fundamental para o desenho da nova iniciativa. Além disso, o desenho da iniciativa, transferindo as necessidades dos negócios locais para os formuladores de políticas (IVACE) foi crucial para lançar uma política real baseada no local, transformando uma iniciativa geral (digitalização) na procura específica da cerâmica e adequando-a às necessidades do distrito de revestimentos cerâmicos.

O IVACE afirmou que de facto, este foi um bom teste para a digitalização do fabrico na Região, sublinhando o carácter endógeno e bottom-up da iniciativa política que se baseou no consenso através da negociação com os atores coletivos do revestimento cerâmico (ITC e ASCER). O IVACE também reconheceu que para digitalizar é necessário contextualizar no local, criando um consenso com os formuladores de políticas.

O papel dos atores coletivos da região, juntamente com os formuladores de políticas, foi crucial para co-criar vantagem regional, procurando consenso e co-criando com os formuladores de políticas a estratégia regional de desenvolvimento, para capturar o valor cocriado da digitalização da manufatura no distrito. A liderança dos atores coletivos e a cooperação endógena de baixo para cima e a cocriação com os formuladores de políticas tornaram-se ingredientes-chave - Esta iniciativa de cooperação entre atores públicos e privados, em conjunto, promoveu e refor-

Cofinanciado por:



5. CASOS DE ESTUDO

çou uma nova lógica digital para o cluster, fomentando a cooperação e a competição para a introdução da Indústria 4.0 na região, evitando a inércia cognitiva e superando o forte carácter de funcionamento clássico, enraizado sobretudo em mudanças não radicais e propenso a sofrer aprisionamento (em tecnologias e processos incumbentes).

5.3.4 CAPITAL SOCIAL E DIFUSÃO

O programa CEBRA+ procurou não apenas o desenvolvimento da manufatura digital, mas também a difusão entre as empresas do cluster, e, eventualmente, a adoção das novas tecnologias.

A iniciativa digital lançada pelo IVACE, liderada pelo ITC e apoiada e facilitada pela ASCER, uma associação comercial formada por empresas locais dedicadas ao revestimento cerâmico que simultaneamente cooperam e competem, representou uma iniciativa endógena construída na ação coletiva e nas relações sociais, na medida em que o objetivo final foi difundir as novas tecnologias localmente, tentando evitar a inércia da região.

O caso da plataforma de demonstração digital foi apresentado no QUALICER, o congresso líder mundial em fabricação e química para cerâmica, em fevereiro de 2018, com 456 participantes internacionais da indústria. Outros seminários locais do cluster

Cofinanciado por:



5. CASOS DE ESTUDO

organizados pela ASCER também foram realizados ao longo de 2018, contando ao todo com mais de 300 participantes do setor. Até maio de 2019, realizaram-se até 20 demonstrações técnicas.

Com supramencionado, a cooperação (juntamente com a competição) é uma característica muito importante do cluster. As relações sociais existentes, uma forte identidade coletiva e uma visão compartilhada, todos juntos, facilitaram o entendimento compartilhado de todos os stakeholders (os atores coletivos, empresas e formuladores de políticas) - a base de consenso e as relações sociais existentes permitiram o co-design e o co-desenvolvimento da ação coletiva digital.

5.3.5 PROMOVEDO A CONSCIENTIZAÇÃO: CONSTRUINDO UMA NOVA SUB-IDENTIDADE

Além dos eventos (seminários, congressos, plataforma digital, etc.), o cluster foi exposto aos detalhes mais importantes sobre como empreender o novo processo digital. A política (CEBRA+) legitimou a mudança, construindo uma nova subidentidade (fabricação digital) compatível com a identidade coletiva existente. As empresas concordaram que os representantes do setor facilitaram as mudanças e promoveram a conscientização sobre a necessidade de ir gradualmente para o digital-

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

Os esforços conjuntos dos atores coletivos (ASCER, ITC) estimularam a mudança e promoveram a conscientização sobre a necessidade de planejar o novo imperativo digital. A iniciativa CEBRA+ foi um ponto de referência que permitiu que as empresas aprendessem e planeassem a mudança. Especificamente, usar uma empresa local para desenvolver a tecnologia.

5.3.6 RESUMO DAS CONSTATAÇÕES

Esta iniciativa permeou empresas e associações empresariais locais. Conforme apontado pelo ITC, até maio de 2019, a Colorker recebeu 20 organizações para visitar a plataforma piloto, incluindo 10 concorrentes locais diretos interessados na nova tecnologia. A partir de setembro de 2019, o ITC abriu um simulador virtual da Indústria 4.0 aplicado à produção de revestimentos cerâmicos, baseado no processo de aprendizagem com a Colorker, difundindo as principais funcionalidades da nova tecnologia, contribuindo para disseminar os novos habilitadores digitais entre o cluster. O ITC também preparou seminários e formação para difundir a tecnologia.

Resumindo, os resultados sugerem que a liderança dos atores coletivos e a cooperação endógena de “bottom-up” e a cocriação com os formuladores de políticas se tornaram ingredientes-chave da iniciativa baseada no local para construir uma vantagem

Cofinanciado por:

5. CASOS DE ESTUDO

regional específica existente. Os resultados também revelam que as relações sociais existentes, uma forte identidade coletiva e uma visão compartilhada facilitaram a compreensão compartilhada de todas as partes interessadas envolvidas no programa: as relações sociais permitiram o co-design e co-desenvolvimento da política baseada no local no distrito.

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:



6 CONCLUSÕES

Cofinanciado por:



ESTUDO de
BENCHMARKING INTERNACIONAL
Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0



6. CONCLUSÕES

Vários atores europeus, nacionais e regionais, empreenderam nos últimos 10 anos, um conjunto de iniciativas com vista à adoção da chamada indústria 4.0. O foco dos casos de estudo regionais deste trabalho, parece concordar num conjunto de lições que são de sobre importância para a formulação de política.

Não obstante as iniciativas nacionais e os fortes investimentos públicos europeus, percebemos que os casos de implementação de sucesso, de fomento da indústria 4.0 têm em comum os seguintes aspetos:

1. Forte foco local e “bottom-up” se os investimentos podem ser decididos nacionalmente, a adoção de tecnologias e a mudança organizacional não são feitas por decreto. Há uma imperativa necessidade de envolver as empresas na base, e os atores locais – associações, grandes empresas, PMEs, centros de I&D, etc.
2. Existência de uma diversidade de atores – instituições de ensino superior, centros de I&D, empresas (grandes e PMEs), empresas e serviços intensivos em conhecimento, associações, entidade de política local e nacional, são todos necessários para a implementação de políticas de I4.0.
3. Cooperação entre stakeholders – a confiança entre os diversos atores é fundamental. Lógicas de ganho individual imediato prejudicam a adoção de I4.0. é fundamental que entidades

Cofinanciado por:

Cofinanciado por:

6. CONCLUSÕES

públicas e privadas concordem na forma como levar a cabo um programa, partilhando uma visão e co-criando novas iniciativas. Esta cooperação deve ser estendida mesmo às empresas que, apesar de concorrentes, podem participar colaborativamente em processos de desenvolvimento de novo conhecimento, adoção de novas tecnologias.

4. Iteração - o caminho faz-se caminhando e nenhuma iniciativa ou programa é capaz de prever todo o futuro e planear para todas as contingências e desenvolvimento. Os programas devem ser adaptados à medida que o a região/cluster/ indústria vai evoluindo e novos investimentos devem ser canalizados em função desse caráter iterativo, já que é normal que mercado e tecnologia co-evoluam (mas também os próprios atores tendem a mudar).

5. Organismos de transferência - quer sejam centros de inovação, centros de I&D, associações ou mesmo empresas de serviços intensivas em conhecimento (KIBS) demonstraram ter um papel fundamental - quer como demonstradores, quer como catalisadores e desenvolvedores de novas tecnologias da I4.0. A típica PME não tem uma dimensão de pessoas dedicadas à I&D que lhe permita fugir ao aprisionamento a tecnologias antigas. Estas instituições têm um papel fundamental.

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:



REFERÊNCIAS



Cofinanciado por:



ESTUDO de
BENCHMARKING INTERNACIONAL
Melhores Práticas de Adoção de Princípios i4.0



7. REFERÊNCIAS

Bischof, Ch., Tschandl, M., Brunner, U. (2017). Potenciale der Digitalisierung für das Supply-Chain-Controlling, in: Dörner, K. F., Prandstetter, M., Starkl, F. P., Wakolbinger, T. (Edt.). Jahrbuch der Logistikforschung: Innovative Anwendungen, Konzepte & Technologien, LRA - Logistics Research Austria, Trauner Verlag. 117 - 134.

Bloomberg, J. (2018): Digitização, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them At Your Peril. <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitização-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/>

BMWI-Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2015). Industrie 4.0 und Digitale Wirtschaft. Impulse für Wachstum, Beschäftigung und Innovation. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/industrie-4-0-und-digitale-wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Brennen, S., Kreiss, D. (2014). Digitalization and Digitização.

<http://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitização/>

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:



7. REFERÊNCIAS

COM, (2014) „For a European Industrial Renaissance“
- Communication from the Commission to the
European Parliament, the Council, the European
Economic and Social Committee and the Committee
of the Regions

Curtarelli, M., Gualtieri V., Jannati M. S., Donlevy V.
(2017). ICT for work: Digital skills in the workplace,
European Commission, Doi:10.2759/498467. Retrieved
from [https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/
news/ict-work-digital-skills-workplace](https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ict-work-digital-skills-workplace)

Danjou, C., Rivest, L., & Pellerin, R. (2018). Douze
positionnements stratégiques pour l'Industrie 4.0:
entre processus, produit et service, de la surveillance
à l'autonomie.

David, Rodreck; Ngulube, Patrick; Dube, Adock (2013).
“A cost-benefit analysis of document management
strategies used at a financial institution in Zimbabwe:
A case study”. SA Journal of Information Management.
15 (2). doi:10.4102/sajim.v15i2.540

Delgado M., Ketels C., Porter M. E., Stern S., (2012).
„Determinants of National Competitiveness“, NBER
Design Conference, Bochum, Germany. Retrieved from:
<https://www.springer.com/gp/book/9783642308161>
European Commission (2015) Horizon 2020 First
results, European Union

7. REFERÊNCIAS

Fraysee, E. (2013). Tout savoir sur... Business is digital,
Editions Kawa, Bluffy.

Hermann, C., Schmidt, D., Kurle, S., & Thiede, S. (2014).
Sustainability in Manufacturing and Factories of the
Future. International Journal of precision engineering
and manufacturing-green technology. 1, 282-292.
<https://doi.org/10.1007/s40684-014-0034-z>

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design
principles for industrie 4.0 scenarios: A literature
review. Working paper No. 01/ 2015.

Hoa, P., Hoa, N. and Chau, P. 2019. Policy for Industrial
Development in Era 4.0 In Some Pioneering Countries and
Proposing to Vietnam. European Journal of Engineering
and Technology Research. 4, 9 (Sep. 2019), 129-134.
DOI:<https://doi.org/10.24018/ejers.2019.4.9.1527>.

Jose-Luis Hervas-Oliver, Sofia Estelles-Miguel,
Gustavo Mallol-Gasch & Juan Boix-Palomero (2019)
A place-based policy for promoting Industry 4.0:
the case of the Castellon ceramic tile district,
European Planning Studies, 27:9, 1838-1856, DOI:
10.1080/09654313.2019.1642855

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013).
Securing the future of German manufacturing
industry. Recommendations for implementing the
strategic initiative Industrie 4.0. Frankfurt: Acatech-
National Academy of Science and Engineering.

7. REFERÊNCIAS

Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft, Frankfurt/Main.

King, A. (2018), Industry 4.0 and SMEs, RMIT University. Retrieved from: <https://www.rmit.edu.au/industry/develop-your-workforce/tailored-workforce-solutions/c4de/articles/industry-and-smes>

Larrea, M. & Estensoro, M. (2021), Governance of Industry 4.0 policies: making knowledge services accessible for SMEs. *Regional Studies*

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239.

Liao, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G., & Venâncio, A. (2017). The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. *Production*, 28, e20180061. DOI: 10.1590/0103-6513.20180061

Lorenz, M., Küpper D., Rüßmann M., Heidemann A., Bause A., (2016). Time to Accelerate in the Race Toward Industry 4.0 The Boston Consulting Group, Inc. Retrieved from: http://www.metalonia.com/w/documents/BCG-Time-to-Accelerate-in-the-Race-Toward-Industry-4.0-May-2016_tcm80-209674.pdf

Cofinanciado por:

7. REFERÊNCIAS

Maresova, P., Soukal I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., Krejcar, O. (2018). Consequences of Industry 4.0 in Business and Economics, *Economies* 2018, 6, 46; doi:10.3390/economies6030046. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/326943099_Consequences_of_Industry_40_in_Business_and_Economics

Marginean Silvia, (2006). “Competitiveness: from microeconomic foundations to national determinants”, *Studies in Business and Economics Studies in Business and Economics*, Retrieved: <http://eccsf.ulbsibiu.ro/RePEc/blg/journal/113marginean.pdf>

Mario, M., Hihigoyen, S. (2019). Réussir le défi du digital en 2019, *Digital Conseil*, Bordeaux.

Matzler, K., Bailom, F., von den Eichen, St., Anschober, M. (2016). *Digital Disruption. Wie Sie Ihr Unternehmen auf das digitale Zeitalter vorbereiten.* Vahlen-Verlag, München.

Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*. 56(3), 1118-1136.

Mosconi, F. (2015). *The new knowledge management: Complexity, learning and sustainable innovation.* Amsterdam, The Netherlands: Buteworth-Heinemann.

Cofinanciado por:

7. REFERÊNCIAS

Müller, J.M., Kiel, D., Voigt, K. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability, *Open Access Journal*, vol. 10(1), 1-24. Retrieved from <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v10y2018i1p247-d127650.html>

Ning, H., & Liu, H. (2015). Cyber-physical-social-thinking space-based science and technology framework for the Internet of things. *Science China Information Sciences*, 58, 1-19. Doi:10.1007/s11432-014-5209-2

Obermeier, R. (2016). *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe*. Springer, Wiesbaden, 8.

Plattform Industrie 4.0. (2019). <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Internationales/EuropaeischeEbene/europaeischeEbene.html>

Popova, M, Ovcharova, Zh., Margenov, S., Todorov, G., Kamberov, K., Slavkov, V., Kostov, L. (2018), *Industry 4.0 - Challenges and consequences for the economic and social development of Bulgaria*, Friedrich-Ebert-Stiftung, ISBN 978-954-2979-32-6. Retrieved from <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/sofia/14601.pdf>

7. REFERÊNCIAS

Prodi, E., Tassinari, M., Ferrannini, A. and Rubini, L., (2021), *Industry 4.0 policy from a socio-technical perspective: the case of the “Mittelstand 4.0” initiative in Germany*, *Technological Forecasting and Social Change*.

Schallmo, D.R.A., Williams, C.A. (2018). *Digital Transformation Now!*, Springer, Wiesbaden.

Schröder, C., Philipps, R. (2016). *The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises*, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/305789672_The_Challenges_of_Industry_40_for_Small_and_Medium-sized_Enterprises

SMEunited (2019). *The EU Craft and SME Barometer*, Brussels, Belgium. Retrieved from <https://smeunited.eu/admin/storage/smeunited/190308-barometer-19h1.pdf>

Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M., (2016). *Industry 4.0, Policy Department A: Economic and Scientific Policy*, European Union. Retrieved from: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)

Tschandl, M., Kogleck R. (2018). *Controller als Innovatoren: Von der Digitalisierungs-Roadmap zum neuen Geschäftsmodell*, in: Gleich/Tschandl: *Digitalisierung & Controlling*. Haufe-Lexware, München.

7. REFERÊNCIAS

Türkcs, M., Oncioiu, I., Aslam, H., Marin-Pantelescu, A., Topor, D., Capus,neanu, S. (2019). Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania, Processes 2019, 7, 153; doi:10.3390/pr7030153. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2227-9717/7/3/153/pdf>

Vivier, E., Ducrey, V., (2019). Le guide de la transformation digitale, Eyrolles, Paris.

Wallmüller, E. (2017). Praxiswissen Digitale Transformation: Den Wandel verstehen, Lösungen entwickeln, Wertschöpfung steigern. Carl-Hanser-Verlag München.

Working Paper Seriesthe, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts,DOI: 10.3386/w18249

Young, A.; M. Yung (1996). Cryptovirology: extortion-based security threats and countermeasures. IEEE Symposium on Security and Privacy. pp. 129-140. doi:10.1109/SECPRI.1996.502676. ISBN 0-8186-7417-2

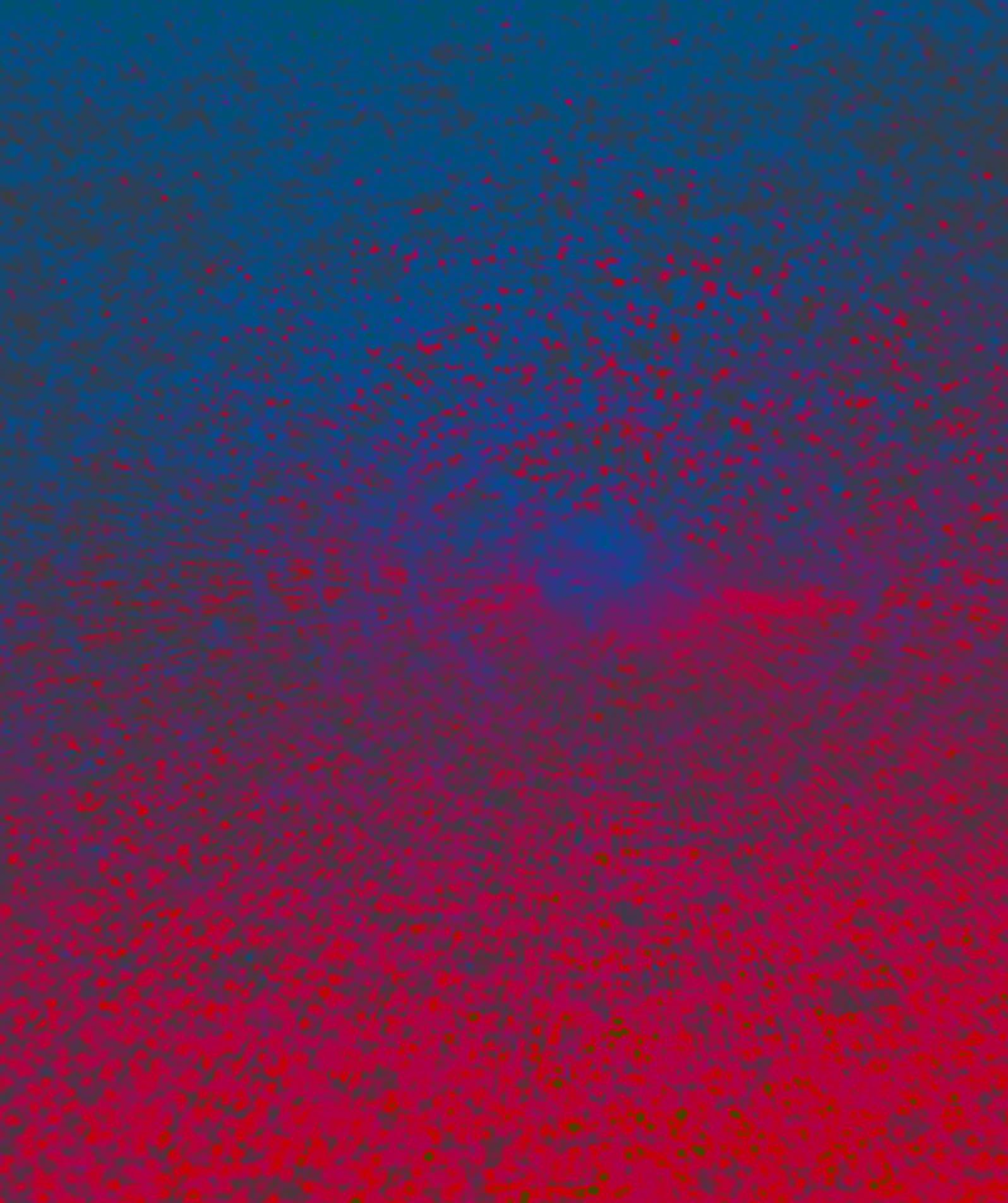
Zezulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0-An Introduction in the phenomenon. IFAC-PapersOnLine. 49(25), 8-12.

Cofinanciado por:



Cofinanciado por:





Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional