

**MESTRADO**  
**ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E  
INOVAÇÃO**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO**  
**DISSERTAÇÃO**

**O PERFIL DO GESTOR DE TOPO E A ADOÇÃO DA INDÚSTRIA  
4.0 POR PARTE DAS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS EM  
PORTUGAL**

**PATRÍCIA ALEXANDRA BATISTA DA SILVA**

**OUTUBRO – 2022**



Lisbon School  
of Economics  
& Management  
Universidade de Lisboa

## **MESTRADO**

**ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA,  
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

## **TRABALHO FINAL DE MESTRADO**

**DISSERTAÇÃO**

**O PERFIL DO GESTOR DE TOPO E A ADOÇÃO DA  
INDÚSTRIA 4.0 POR PARTE DAS PEQUENAS E MÉDIAS  
EMPRESAS EM PORTUGAL**

**PATRÍCIA ALEXANDRA BATISTA DA SILVA**

**ORIENTAÇÃO:**

**PROFESSOR DOUTOR RICARDO FIGUEIREDO BELCHIOR**

**OUTUBRO – 2022**

## AGRADECIMENTOS

Dedico esta tese aos meus pais e amigos mais próximos, que me apoiaram e ajudaram a superar todos os obstáculos intrínsecos à realização do meu trabalho final de mestrado. Desde o início acreditaram que eu era capaz, e transmitiram-me essa confiança e força para que este resultado fosse possível. Agradeço em especial ao meu namorado, pelo apoio e carinho e por me ter conseguido aturar, principalmente nesta fase final.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Ricardo Figueiredo Belchior, pela sua orientação, encorajamento, acompanhamento e reuniões que resultaram no trabalho desenvolvido e apresentado nesta tese de mestrado. Agradeço ainda, por me ter inculcido o gosto pela investigação.

Agradeço a todas as pessoas que me apoiaram na execução da tese, em particular, aos tradutores, que me ajudaram na tradução/retroversão dos constructos.

Agradeço o contributo de todos os gestores de topo que aceitaram participar neste estudo.

Para terminar, agradeço à ANI - Agência Nacional de Inovação por me ter proporcionado esta oportunidade de crescimento pessoal. Ao Luiz Lopes, a sua ajuda foi fundamental para a realização do inquérito e não podia deixar de agradecer à Rosalina Soares, que me apoiou bastante, particularmente na reta final.

## RESUMO

A Indústria 4.0 (I4.0) representa uma transformação e atualização exponencial da industrialização inteligente e, nesse sentido, resultado da sua relevância teórica e prática, tem sido alvo de uma atenção global significativa. Está a digitalizar processos industriais tradicionais, fazendo a ponte entre o mundo físico e virtual e abrindo possibilidades extraordinárias de crescimento empresarial. Desta forma, é vista como uma estratégia que visa reconstruir a cadeia de valor industrial através da descentralização da produção.

Neste estudo pretendeu-se analisar a relação entre os perfis e as perceções dos gestores das pequenas e médias empresas (PME) com as suas intenções de adotar a I4.0. Assente no modelo de Aceitação de Tecnologia, amplificado para conter as respetivas determinantes socioambientais e tecnológicas do modelo Tecnologia-Organização-Ambiente (TAM-TOE - Awa et al., 2010; Chatterjee et al., 2021), o teste quantitativo das hipóteses propostas baseia-se em dados recolhidos através de um inquérito realizado a 302 gestores de topo de PME portuguesas.

Os dados foram analisados pelo método dos mínimos quadrados parciais (PLS-SEM) e os resultados confirmam a relevância da utilidade percebida (PU) e da facilidade de uso percebida (FUP) como variáveis mediadoras das variáveis contextuais relevantes para a intenção de adoção da I4.0. Nomeadamente, das perceções de vantagem competitiva, de compatibilidade, de complexidade, de prontidão organizacional, do suporte de parceiros, de barreiras estratégicas, do volume de negócios e do nível de educação. Adicionalmente, verificou-se que o modelo TAM-TOE não se mostra suficiente para explicar a relevância da orientação empreendedora individual (OEi) do gestor de topo nas intenções de adoção da I4.0. Isto é, contrariamente ao que seria previsível, a PU e a FUP não medeiam integralmente o efeito adicional significativo da OEi nas intenções de adotar estas tecnologias.

Esta dissertação confirmou, pela primeira vez, a adequabilidade do TAM-TOE para explicar as intenções de adoção da I4.0 nas PME, e explorou a possibilidade da OEi dos gestores de topo adicionar poder explicativo para além deste modelo, o que se verificou. Estes resultados sublinham a relevância do modelo teórico testado no âmbito da aceitação da I4.0 por parte das PME e da relevância da OEi dos gestores de topo para a adoção de tecnologias e inovações mais disruptivas, como são as da I4.0. Do ponto de vista prático, promove uma melhor compreensão dos fatores que influenciam os gestores a adotar as tecnologias da I4.0, estes resultados poderão servir de referência para políticas que visem incentivar uma aceleração da mudança para este novo paradigma industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inovação, Indústria 4.0, TOE, TAM, Orientação Empreendedora Individual, Intenções de Adoção.

## ABSTRACT

Industry 4.0 represents an exponential transformation and upgrade of smart industrialization, and in that sense, as result of its theoretical and practical relevance, has received significant global attention. It is digitizing traditional industrial processes, bridging the gap between the physical and virtual worlds, and opening outstanding possibilities for business growth. Consists in a strategy that intends to restructure the industrial value chain by decentralizing production.

This study aimed to analyze the relationship between the profiles and perceptions of managers of small and medium-sized enterprises (PME) with their intentions to adopt I4.0. Based on the Technology Acceptance model, amplified to include the respective socio-environmental and technological determinants of the Technology-Organization-Environment model (TAM-TOE - Awa et al., 2010; Chatterjee et al., 2021), the quantitative test of the proposed hypotheses is based on data collected through a survey conducted to 302 top managers of Portuguese PME.

The data were analyzed through the partial least squares method (PLS-SEM) and the results confirm the relevance of perceived usefulness (PU) and perceived ease of use (FUP) as mediating variables of the contextual variables relevant to the intention to adopt I4.0. Specifically, the perceptions of competitive advantage, compatibility, complexity, organizational readiness, partner support, strategic barriers, I4.0 tools and education level. Additionally, it was found that the TAM-TOE model is not sufficient to explain the relevance of top managers' individual entrepreneurial orientation (OEi) in I4.0 adoption intentions. That is, contrary to what might be expected, PU and FUP do not fully mediate the significant additional effect of OEi on intentions to adopt these technologies.

This dissertation confirmed, for the first time, the adequacy of TAM-TOE to explain the adoption intentions of I4.0 in SME and explored the possibility of the OEi of top managers adding explanatory power beyond this model, which was verified. These results underline the relevance of the theoretical model tested in the context of the acceptance of I4.0 by SMEs and the relevance of the OEi of top managers for the adoption of more disruptive technologies and innovations, such as those of I4.0. From a practical perspective, promotes a better understanding of the factors that influence managers to adopt I4.0 technologies, these results may serve as a reference for policies aimed at encouraging an acceleration of the change to this new industrial paradigm.

**KEYWORDS:** Innovation, Industry 4.0, TOE, TAM, Individual Entrepreneurial Orientation, Adoption Intentions.

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	ii
ABSTRACT .....	iii
LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Conceito de Indústria 4.0 .....	3
2.2 Facilitadores e barreiras à adoção da I4.0 por parte das PME.....	5
2.3 Gestor de topo e a Inovação .....	8
2.4 Orientação Empreendedora Individual e a Inovação .....	10
2.5 Modelo de Aceitação de Tecnologia e Quadro Tecnologia-Organização-Ambiente.....	11
2.6 Modelo Conceptual e Hipóteses de Investigação.....	12
3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	17
3.1 Dados e Inquérito .....	17
3.2 Instrumentos de Medida.....	18
3.3 Método de Análise de Dados .....	19
3.4 Variância de Método Comum (Commom Method Variance).....	20
4. RESULTADOS.....	21
4.1 Caraterização da amostra .....	21
4.2 Estimação do Modelo de Medida (Outer Model).....	21
4.3 Estimação do Modelo Estrutural (Inner Model).....	25
5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	30
6. CONCLUSÕES.....	34
6.1 Recomendações.....	35
6.2 Limitações e Propostas para Futuras Investigações .....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela I: Matriz de Correlação entre Variáveis Latentes (*Fornell-Larcker\**)

Tabela II: Resultados do Modelo Estrutural

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura base TOE-TAM

Figura 2: Modelo Conceptual Proposto

Figura 3: Modelo Proposto e Resultados

## LISTA DE ABREVIATURAS

- AI - Inteligência artificial/*Artificial Intelligence*
- ANI – Agência Nacional de Inovação
- AVE - *average variance extracted*
- CMO - Competência Organizacional
- COMPETE 2020 - Programa Operacional Temático Competitividade e Internacionalização
- COO - Compatibilidade Organizacional
- COTEC - Associação portuguesa para a Inovação
- CXO - Complexidade Organizacional
- FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
- FUP - Facilidade de Uso Percebida
- HOC - Constructo de Ordem Superior/*Higher Order Construct*
- IAI - Intenção de adotar a Indústria 4.0
- I4.0 - Indústria 4.0
- IoT - Internet das Coisas/*Internet of things*
- LOC - Constructo de Ordem Inferior/*Lower Order Construct*
- OE - Orientação Empreendedora
- OEi - Orientação Empreendedora Individual
- PLS - Mínimos Quadrados Parciais
- PME - Pequenas e Média Empresa
- PRO - Prontidão Organizacional
- PU - Utilidade Percebida
- SUP - Suporte de Parceiros
- TAM - Modelo de Aceitação da Tecnologia
- TI - Tecnologia da informação
- TIC - Tecnologia da informação e comunicação
- TOE - Tecnologia-Organização-Ambiente
- VCO - Vantagem Competitiva
- VIF - *Variance Inflation Factor*
- VMC - Variância de Método Comum

## 1. INTRODUÇÃO

A era da Indústria 4.0 trouxe um enorme desenvolvimento nas tecnologias avançadas em campos tão diversos quanto os da nanotecnologia, computação quântica, biotecnologia, inteligência artificial, robótica, internet das coisas (*IoT*), tecnologia *wireless* de quinta geração, veículos totalmente autónomos, impressão 3D, entre muitos outros (Chatterjee et al., 2021).

O desempenho organizacional, no presente e no futuro, parece depender cada vez mais da capacidade de adotar atempadamente estas novas tecnologias. Segundo a teoria dos escalões superiores as escolhas estratégicas e o desempenho organizacional são afetadas pelas características dos gestores de topo e a interpretação que estes fazem dos seus objetivos e dos respetivos contextos (Hambrick & Mason, 1984). O apoio da gestão de topo é considerado um desafio vital na adoção de qualquer tecnologia inovadora numa organização (Pu et al., 2019). Assim, uma melhor compreensão das características individuais dos gestores de topo pode ser crítica na interpretação das suas decisões, nomeadamente, as relativas à adoção das tecnologias da I4.0. Adicionalmente, existe evidência empírica que indica a necessidade de existir uma gestão de topo dedicada à inovação digital quando a urgência de transformação e as necessidades de coordenação são maiores (Firk et al., 2021).

Na literatura, as características do gestor de topo têm sido objeto de interesse para investigar os antecedentes relativos ao desempenho das empresas, incluindo a inovação (Duran, 2020). No entanto, a evidência empírica sobre as características necessárias dos gestores de topo para facilitar a adoção da I4.0 permanece escassa. Dentro deste quadro, este estudo pretende identificar quais as características e perceções dos gestores de topo que são mais relevantes para a adoção das tecnologias da I4.0 por parte das PME em Portugal e qual a sua relevância quando comparadas com outras variáveis situacionais que certamente condicionarão também o seu desempenho.

Os gestores devem entender os benefícios provenientes das tecnologias inovadoras, orientá-los para os negócios e devem mobilizar os conhecimentos financeiros e técnicos para esta adoção (Alshamaila et al., 2013). A adoção de qualquer tecnologia no contexto dos aspetos socioambientais e tecnológicos pode ser interpretada em termos do quadro TOE (Hossain & Quaddus, 2011), uma vez que tem sido bem-sucedida na explicação da adoção do *e-commerce* e da *cloud computing* (Idris, 2015, Yang et al., 2015), da

inteligência artificial (Chatterjee et al., 2021) e também da I4.0 (Raj & Jeyaraj, 2022). Como tal, decidiu-se utilizar este quadro para identificar os fatores que afetam a adoção da I4.0 no contexto da atual investigação. O TAM é considerado um modelo influente comumente aplicado no campo dos sistemas de informação e permite explorar e prever a aceitação de uma vasta gama de tecnologias (Lee et al. 2003). A OEi refere-se à percepção individual de comportamentos inovadores, proactivos e de aceitação de risco nas empresas (Wang et al., 2021)

Além disso, existem alguns estudos que se pronunciam acerca da forma como o apoio da gestão de topo pode facilitar a adoção de tecnologias inovadoras nas empresas, mas, que não foi investigada de forma explícita (Pu et al., 2019). Assim, neste contexto, o presente estudo pretende abordar os seguintes objetivos principais: 1) identificar os antecedentes da intenção de adoção das tecnologias da I4.0 nas PME portuguesas, no contexto de um quadro alargado do TAM-TOE, 2) explorar a relevância da orientação empreendedora individual OEi do gestor de topo para a intenção da adoção de I4.0 e 3) verificar até que ponto é que o modelo TAM-TOE é suficiente para explicar este possível efeito da OEi nas intenções de adoção da I4.0.

Este trabalho pretende contribuir para o conhecimento dos antecedentes da adoção da I4.0 relacionados com as características e percepções dos gestores de topo das PME em Portugal. Pretende descrever de que forma os fatores relacionados com o ambiente externo das empresas podem influenciar a intenção de adoção da I4.0, se os gestores de topo reconhecerem que tal adoção é útil e fácil de utilizar. Por fim, propõe-se demonstrar que a OEi do gestor de topo tem impacto na intenção de adotar a I4.0.

O presente estudo está estruturado em seis capítulos. O presente capítulo é referente à introdução. O segundo capítulo é composto pela revisão de literatura, evidenciando os principais temas do estudo, e onde são ainda apresentadas as hipóteses. O terceiro capítulo incide sobre a metodologia utilizada, o método de elaboração do questionário e o tratamento dos dados. Nos capítulos quatro e cinco são analisados os resultados obtidos e é apresentada a discussão dos resultados. Para finalizar, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões e as principais contribuições, assim como as limitações sentidas e sugestões para futuros estudos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Conceito de Indústria 4.0*

O conceito de I4.0 foi lançado pelo Governo alemão em 2011, como parte da sua estratégia de tecnologia *high tech* para enfrentar os novos desafios e garantir a competitividade futura da indústria de produção alemã (Birkel & Müller, 2021). A I4.0 é também apontada como sendo a 4ª revolução industrial, dado o seu enorme potencial tecnológico, comparável às inovações técnicas que levaram às primeiras revoluções industriais: 1) o domínio da mecanização, 2) o uso da eletricidade e 3) o início da digitalização (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

Desde a publicação do termo em 2011, a transformação digital exigida pela I4.0 imediatamente captou a atenção dos empresários e dos governos em todo o mundo (Ghobakhloo, 2020). Neste sentido, programas de financiamento têm sido implementados pelo governo de vários países, como parte dos seus esforços para ganhar ou manter a liderança global nas indústrias de produção. A título de exemplo, o Governo português lançou o Programa Indústria 4.0, promovido pela COTEC e cofinanciado pelo COMPETE 2020, com um incentivo FEDER de 2,9 milhões de euros, sendo o seu principal objetivo acelerar a adoção da I4.0 pelo tecido empresarial.

A I4.0, e a respetiva transformação digital, está a progredir de forma exponencial e a reformular fundamentalmente a forma como os indivíduos vivem e trabalham (Ghobakhloo, 2020), sendo a sua principal essência o uso da tecnologia para uma produção eficiente (Oláh et al., 2020). Pode ser descrita como a crescente digitalização e automatização do ambiente de produção, assim como a criação de uma cadeia de valor digital que permite a comunicação entre os produtos e o seu ambiente e os parceiros de negócio, resultando em melhorias na qualidade do produto e na diminuição do tempo de colocação no mercado, bem como melhorias no desempenho das empresas (Oesterreich & Teuteberg, 2016). Representa uma construção futurística que estimula a evolução dos sistemas de produção autónomos, em que as suas tecnologias podem ser agrupadas em físicas e digitais. As tecnologias físicas referem-se particularmente a tecnologias de produção, como a fabricação aditiva, sensores e *drones*. As tecnologias digitais, referem-se principalmente às novas tecnologias de informação e comunicação (TIC), como *artificial intelligence* (AI), *big data and analytics*, *blockchain*, *cloud computing*, *Internet of Things*, simulação e robôs autónomos. Estas tecnologias podem potenciar um enorme

crescimento da inovação e competitividade e podem também melhorar a sustentabilidade do atual sistema industrial (Bai et al., 2020, Kumar et al., 2020).

Para a implementação da I4.0 são necessários os seguintes recursos-chave, frequentemente considerados como os seus conceitos básicos e as suas inovações mais importantes (Birkel & Müller, 2020): integração horizontal através de redes de valor, integração digital *end-to-end* de engenharia ao longo de toda a cadeia de valor e integração vertical e sistemas de produção em rede. No ambiente da I4.0, os computadores interligados, materiais e máquinas inteligentes comunicam entre si, interagem com o meio ambiente e eventualmente são tomadas decisões com o mínimo de envolvimento humano (Gilchrist, 2016). Todas as atividades económicas, desde as compras à produção e gestão de clientes são afetadas. As interligações digitais permitem que a informação seja partilhada em tempo real dentro e entre empresas e em toda a rede da cadeia, permitindo que todos os processos de produção sejam transparentes e facilmente influenciados (Bonilla et al., 2018). Esta interligação possibilita resposta fácil aos fatores externos, entrega de quantidades reduzidas, enorme variedade de produtos, prazo de entrega e ciclos de vida do produto mais curtos, requisitos de alta qualidade e produção de produtos altamente customizados (Gabriel & Pessl, 2016). Portanto, a I4.0 permite aumentar o valor económico das empresas, incluindo maior competitividade, produtividade e lucro, através de mudanças radicais nos processos, na comunicação e nas relações (Birkel & Müller, 2020).

A I4.0 representa uma mudança de paradigma de produção centralizada para descentralizada e individualizada, possibilitada pelo progresso tecnológico, que constitui uma inversão da lógica do processo produtivo convencional, e que permite novos serviços e modelos de negócios baseados na *internet*. Com esta abordagem, o produto comunica com as máquinas para transmitir exatamente o que é para executar. Com as suas interfaces para a mobilidade, logística, edifícios e redes inteligentes, a fábrica inteligente é um elemento importante para as infraestruturas inteligentes futuras (Gabriel & Pessl, 2016).

As novas tecnologias da informação (TI) estão a permitir níveis cada vez mais elevados de eficiência na produção e apresentam o potencial de influenciar dramaticamente o desenvolvimento sustentável social e ambiental. A I4.0 está a transformar os modelos de negócio das empresas, sendo que para além de permitir uma maior flexibilidade, eficiência e produtividade da produção através de várias tecnologias

emergentes de comunicação, informação e inteligência, também pode influenciar na redução de resíduos (Ghobakhloo, 2020) e proporcionar melhores condições de trabalho (Bai et al., 2020).

Todavia, o aparecimento da I4.0 tem um impacto negativo na sustentabilidade ambiental, tendo como resultado a poluição do ar, a má descarga de resíduos e o uso intensivo de matérias-primas, informação e energia (Oláh et al., 2020). O aumento da taxa de produção derivado da automatização industrial poderá estar associado a um maior consumo de recursos e energia, e maiores preocupações com a poluição (Ghobakhloo, 2020). Lacunas de competências, complexidade operacional, custos elevados, alterações do sistema legal e potenciais desvantagens energéticas que poderão dificultar a decisão de adoção e avaliação, representam desvantagens que poderão dificultar a decisão de adoção da I4.0 (Rojko, 2017).

Apesar das vantagens que globalmente lhe são atribuídas, estas vantagens e desvantagens fazem com que a intenção (e o momento) de adotar a I4.0 não seja universal e que possa variar de gestor para gestor e empresa para empresa. Seguindo este raciocínio, seria importante elencar os fatores que podem estimular as empresas a adotarem a I4.0, assim como, os desafios, barreiras e limitações enfrentadas.

## *2.2 Facilitadores e barreiras à adoção da I4.0 por parte das PME*

O desenvolvimento da I4.0 sugere-se ser um caminho sem retorno e que se transformará num desafio competitivo para as empresas que pretendem sobreviver a longo prazo com sucesso (Pacchini et al., 2019). A integração das PME no conceito I4.0 representa um dos seus principais desafios, pois estas desempenham um papel vital nas cadeias de valor industriais, que devem ser digitalizadas desde os fornecedores até ao cliente final (Esteronso et al., 2021).

Podem-se apontar 10 fatores críticos de sucesso para a sua implementação: alinhar a I4.0 com a estratégia da empresa, apoio da gestão de topo na adoção da I4.0, envolvimento e compromisso dos funcionários no processo de adoção, tornar os produtos e serviços inteligentes, digitalização da cadeia de suprimentos, digitalização da empresa, mudança da gestão, gestão de projetos, gestão de segurança cibernética e sustentabilidade operacional, económica, ambiental e social da I4.0 (Sony et al., 2021).

Os principais desafios enfrentados pelas PME na adoção das tecnologias da I4.0 são a limitação de recursos financeiros, limitação do recurso ao conhecimento e limitação da sensibilidade para as novas tecnologias (Masood & Sonntag, 2020). Mesmo quando as restrições financeiras são removidas (por exemplo, devido à ajuda financeira pública), as PME podem ficar limitadas no processo de adoção devido à falta de clareza sobre o retorno dos investimentos ou devido ao facto de apenas terem capacidade parcial para aproveitar e implementar as oportunidades digitais de transformação radical oferecidas pela adoção da I4.0 (Ricci et al., 2021). Muitos dos desafios que as PME enfrentam prendem-se com limitações estruturais que as caracterizam, nomeadamente, a escassez de recursos e conhecimentos que tornam difícil o reconhecimento dos benefícios associados às tecnologias da I4.0, bem como a integração de tais tecnologias nos processos de produção. Modelos de negócios orientados para nichos e abordagens de gestão que muitas vezes estão mais focadas em ajustes operacionais em detrimento de novas formas de criação de valor, com pouca ou nenhuma automação nos processos de criação de valor bem como processos não padronizados, podem ser apontados como fatores que dificultam a adoção da I4.0 por parte das PME (Esteronso, et al., 2021).

O fato das PME poderem carecer de uma parte das pré-condições tecnológicas e de gestão de adoção da I4.0, necessárias para explorar e investir em TIC, implica que a forma como estas empresas abordam o novo paradigma da I4.0 pode ser lenta e extremamente gradual (Müller et al., 2018). Acresce que, não existe uma estrutura de implementação universal aceite ou um modelo disponível para avaliar se uma empresa está ou não pronta para a sua implementação e que o primeiro passo antes da própria implementação deverá consistir na avaliação se a empresa está preparada para implementar a I4.0, através de modelos de prontidão que medem o grau em que as empresas podem tirar benefícios destas tecnologias (Antony et al., 2021).

Na era da I4.0, as PME estão sob enorme pressão para tornar a sua produção ética e sustentável. A adoção das tecnologias da I4.0 apresenta uma tarefa desafiante para as PME devido aos diversos constrangimentos a nível operacional e financeiro. Este problema é ainda mais notório em países em vias de desenvolvimento (Kumar et al., 2020). As PME do setor da produção, que são menos reativas a alterações da procura por parte dos consumidores, estão sob pressão devido à crescente customização e complexidade dos produtos, contudo, a melhoria na comunicação e nos fluxos de

informação pode ajudar a obter processos mais eficientes e redução dos custos (Kumar et al., 2020). Apesar do contributo substancial das PME na frente económica e na criação de emprego, estas apresentam carências em termos de adoção de tecnologia até em países desenvolvidos, como a União Europeia e os Estados Unidos (Rauch et al., 2019). O desenvolvimento da I4.0 pode ser paralisado se as PME, que são a maior parte da indústria de produção europeia, não forem incluídas nela (Müller et al., 2018). Além disso, a maioria das cadeias de valor industriais são amplamente dependentes das PME como fornecedores, o que significa que elas precisam ser incluídas na integração horizontal e vertical (Esteronso et al., 2021).

A I4.0 resulta em mudanças na estrutura de emprego, nos requisitos em termos dos futuros postos de trabalho, dos gestores de topo e também na abordagem ao processo educativo. As mudanças na organização da produção e na estrutura de emprego são observadas como resultado da implementação deste conceito e podem até levar à utilização de novas formas de conhecimento e competências. As tecnologias da I4.0 são responsáveis por automatizar muitos processos nas empresas, permitindo a construção de equipas de trabalho mais eficientes e ágeis, o que exige uma abordagem totalmente nova no desenvolvimento de competências dentro da equipa. Com a adoção da I4.0 são necessários conhecimentos específicos e um novo paradigma de competências, ou seja, o número de postos de trabalho com um nível de qualificação superior irá aumentar significativamente e os postos de nível intermédio de qualificações terão tendência a diminuir, em particular para os trabalhadores pouco qualificados (Saniuk et al., 2021).

Concluindo, apesar da I4.0 poder ser definida como um pilar básico na competitividade futura das empresas, estas enfrentam inúmeros desafios na sua implementação. Os desafios, barreiras e limitações enfrentados não se limitam apenas à aplicação de novas tecnologias, mas também abrangem os aspetos económicos e sociais e os resultados dessa transformação. O papel do gestor de topo será essencial nesta transição, ou seja, o seu compromisso, iniciativa e apoio permitem criar o ambiente para a adoção de inovações. A literatura recente destaca a sua importância para a I4.0 como fator crítico de sucesso (Kumar, 2020).

### 2.3 Gestor de topo e a Inovação

O conhecimento das características dos gestores de topo, pode ajudar a adotar e aperfeiçoar determinadas posturas estratégicas e estilos de liderança considerados mais compatíveis com os objetivos organizacionais. Também, pode fornecer novas abordagens valiosas para o processo de tomada de decisão de agentes externos, parceiros financeiros ou consórcios (*business angels*, capital de risco), que, avaliando as características dos gestores de topo, podem selecionar parcerias e investimentos que têm maior probabilidade de resultar em inovação incremental ou disruptiva (Duran, 2020).

A importância do conhecimento da gestão de topo cria ambientes que permitem que os funcionários que desempenham diversas funções exercitem e alimentem as suas aptidões de manipulação do conhecimento de uma forma que influencia a inovação aberta e o desempenho organizacional (Singh et al., 2021).

Ao avaliar a influência dos gestores de topo, o tamanho da empresa apresenta relevância (Boivie et al., 2011; Pepper & Gore, 2015). Enquanto em grandes empresas podem existir vários gestores de topo a influenciar a produção e a qualidade da inovação, em pequenas empresas, o gestor de topo é frequentemente o empreendedor original e hierarquicamente mais próximo dos funcionários da empresa. Os gestores de topo de pequenas empresas também terão uma maior probabilidade de deter uma parcela maior da propriedade da empresa (ou até únicos proprietários), o que pode originar um potencial de diferentes interesses e motivações, relevância de traços pessoais e eficácia no mandato. As micro e pequenas empresas podem possuir uma dotação de recursos inferior, e o gestor pode ter um papel essencial mais importante e confiar mais na estratégia intuitiva e na informalidade (Xue & Swan, 2020). O papel da gestão de topo nas micro e pequenas empresas pode ser confundido com as atividades e responsabilidades de todos os níveis de gestão nas empresas maiores.

Os gestores de topo beneficiam de fortes redes sociais, que os colocam numa posição privilegiada relativamente ao conhecimento relacionado com inovação, beneficiam do fato de terem um papel central, que lhes permite promover ideias e alocar recursos e vencer resistências ao desenvolvimento de novos produtos, e por fim, enfrentam menos resistência burocrática à implementação de ideias (Stock et al., 2019). Podem ser retratados como líderes naturais que podem influenciar fortemente a inovação e as hipóteses de sobrevivência e crescimento das empresas e certos fatores de liderança são

considerados universalmente eficazes (Elenkov & Manev, 2005). É esperado que a equipa de gestão de topo defina o rumo da inovação digital, o que consiste num enorme desafio tendo em conta a sua natureza de novidade e a multifuncionalidade da inovação digital (Firk et al., 2021).

A gestão de topo tem uma enorme influência no caminho e no sucesso da gestão do conhecimento nas empresas (Nguyen & Mohamed, 2011). O estilo de liderança para além de influenciar o compromisso e a motivação, agiliza a eficiência dos efeitos em termos de inovação. Existe uma relação positiva entre inovação e a liderança transformacional, em que os líderes possuem a capacidade de estimular a motivação intrínseca dos seus seguidores na procura de resultados criativos e inovadores (Zhang, 2018). O estímulo intelectual dos líderes gera motivação para desafiar os pressupostos existentes e observar os problemas a partir de novas perspetivas, aumentando potencialmente as oportunidades para gerar soluções criativas face aos problemas encontrados (Alheet et al., 2021). A motivação inspiradora, que constitui um dos elementos da liderança transformacional, consiste na capacidade de visão e habilidade em a transmitir de forma a influenciar o grau de aceitação por parte dos seus seguidores, sendo considerada uma característica fundamental dos gestores de topo para estimular o comportamento inovador dos funcionários. Além disso, a influência idealizada dos líderes transformacionais leva os seguidores a imitar o seu comportamento na procura de ideias inovadoras e criativas (Çekmecelioğlu & Özbağ, 2016).

A teoria dos escalões superiores, difundida por Hambrick & Mason (1984), sugere que os resultados e processos estratégicos organizacionais são uma função das características dos gestores de topo, sendo vistos como agentes fundamentais do desempenho organizacional, incluindo da inovação. Esta influência direta na inovação sugere que esta seja ainda mais significativa em pequenas empresas (Duran, 2020). A pesquisa inicial dos escalões superiores abordou principalmente a relevância das características demográficas (por exemplo, tempo de trabalho, idade, educação) no desempenho organizacional, mas estudos mais recentes sugerem a relevância das características psicológicas dos gestores nos resultados das empresas (Stock et al., 2019). O conhecimento sobre algumas variáveis demográficas pode gerar poucas implicações na melhoria dos próprios gestores, já variáveis cognitivas, como atitudes, disposições, orientações e estilos de liderança, são consideradas terreno fértil para a melhoria do gestor

(educação, formação, mentoria, *coaching*). As cognições, valores, e perceções dos principais executivos influenciam no processo de escolha da estratégia e, conseqüentemente no desempenho das PME (Hambrick & Mason, 1984). Considerada como uma variável cognitiva, a OEi dos gestores de topo afeta os resultados individuais e por sua vez, os resultados das PME (Wang, 2021).

#### 2.4 *Orientação Empreendedora Individual e a Inovação*

Os empreendedores são agentes da mudança, pessoas que não procuram aperfeiçoar, ou otimizar formas de fazer as coisas, procuram sim, novos métodos e mercados, ou seja, diferentes formas de fazer as coisas (Herlinawati et al. 2019). Originalmente, OE refere-se a uma característica e a atributos organizacionais que refletem como o ser empreendedor se manifesta em organizações ou unidades de negócio (Covin & Wales, 2019). O grau de empreendedorismo poderia ser visto como a medida em que se inova, age proactivamente, e aceita riscos (Covin & Slevin, 1989).

Mais recentemente, tem sido considerado que o desempenho empresarial é uma função do comportamento a nível organizacional e individual, e o comportamento a nível individual por parte do empresário/gestor pode afetar as ações de uma empresa, e em muitos casos, os dois são sinónimos (Covin & Wales, 2019). Daqui resulta que a capacidade de empreendedorismo de uma empresa está profundamente relacionada com a OE (e comportamentos) dos seus indivíduos (Covin et al., 2020).

Desta forma, a OEi pode ser definida como uma disposição individual do gestor que enfatiza a sua capacidade de inovação, proatividade e aceitação de risco. Na esfera da inovação, está associada aos comportamentos individuais inovadores envolvendo a introdução ou aplicação intencional de novas ideias, processos e procedimentos, e que podem melhorar o desempenho da empresa (Hughes et al., 2018). Esta orientação para a inovação suscita novas soluções para os desafios emergentes. Relativamente à proatividade, consiste na propensão de um indivíduo para iniciar novas atividades de forma rápida, para explorar novas oportunidades através de um pensamento inovador (Rauch et al., 2009). Os gestores orientados para o risco, tendem a agir ousadamente na presença de incerteza, arriscam em novos e desconhecidos mercados e/ou negócios, comprometendo a empresa a resultados incertos (Rauch et al., 2009).

### 2.5 Modelo de Aceitação de Tecnologia e Quadro Tecnologia-Organização-Ambiente

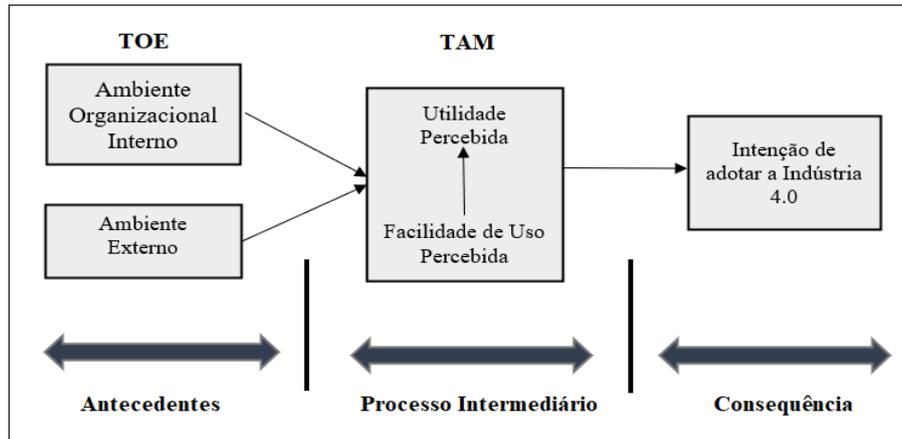
O modelo de aceitação de tecnologia (TAM) sugerido por Davis (1989), consiste numa ferramenta poderosa que explica os fatores que influenciam a adoção de novos dispositivos ou novas tecnologias, e tem sido aplicado e validado de forma sistemática em vários contextos empresariais/industriais e académicos, no intuito de explicar ou prever a aceitação de uma nova tecnologia por parte dos utilizadores da mesma. Tem uma popularidade generalizada. Davis (1989) desenvolveu a estrutura do TAM para compreender os fatores que influenciam a intenção de utilização de uma determinada tecnologia, pelo que se considerou ser o modelo adequado a usar no presente estudo para validar a intenção de adotar as tecnologias da I4.0 por parte dos gestores de topo.

O TAM consiste num quadro teórico no qual as perceções do utilizador sobre a utilidade e facilidade de utilização das novas tecnologias são formadas por vários fatores externos, e estes fatores influenciam o utilizador na decisão de adotar essa tecnologia, bem como a sua atitude em relação à mesma. A perceção de utilidade reflete o grau em que o indivíduo acredita que a utilização de uma nova tecnologia irá melhorar o seu próprio desempenho, e a perceção de facilidade de utilização refere-se ao grau em que o indivíduo aceita que a nova tecnologia será fácil de adotar sem esforço físico extensivo ou uma curva de aprendizagem abrupta (Na et al., 2022).

No modelo de aceitação de tecnologia não há restrições quanto às variáveis externas que podem afetar a perceção do utilizador. As variáveis externas do modelo de aceitação de tecnologia utilizado neste estudo basearam-se no referencial teórico (TOE). Tal como a designação sugere, este referencial fornece três contextos que podem afetar o processo de adoção de tecnologias numa empresa: tecnológico, organizacional e ambiental (Katebi et al., 2022). O contexto tecnológico prende-se com a adequação, bem como com os benefícios *versus* as dificuldades envolvidas na adoção de novas tecnologias (Baker, 2012). Além disso, uma organização deve considerar as suas características distintivas e todos os recursos disponíveis ao considerar a nova tecnologia, sendo estes referidos como os fatores organizacionais (Na et al., 2022). Os fatores ambientais no quadro do TOE referem-se aos fatores externos, tais como se a nova tecnologia irá melhorar a competitividade e a eficiência das atividades empresariais. Os regulamentos governamentais e as tendências da indústria, bem como a infraestrutura tecnológica

existente nas indústrias complementares, podem ter impactos significativos no grau de aceitação da nova tecnologia e na rapidez da sua incorporação (Aboelmaged, 2014).

Assim, combinando o TAM e o TOE, tal como se apresentam na Figura 1, é possível abranger os principais antecedentes internos e externos relevantes para a adoção da I4.0.



**Figura 1** - Estrutura base TOE-TAM (Fonte: Adaptado de Chatterjee et al., 2021, p.2).

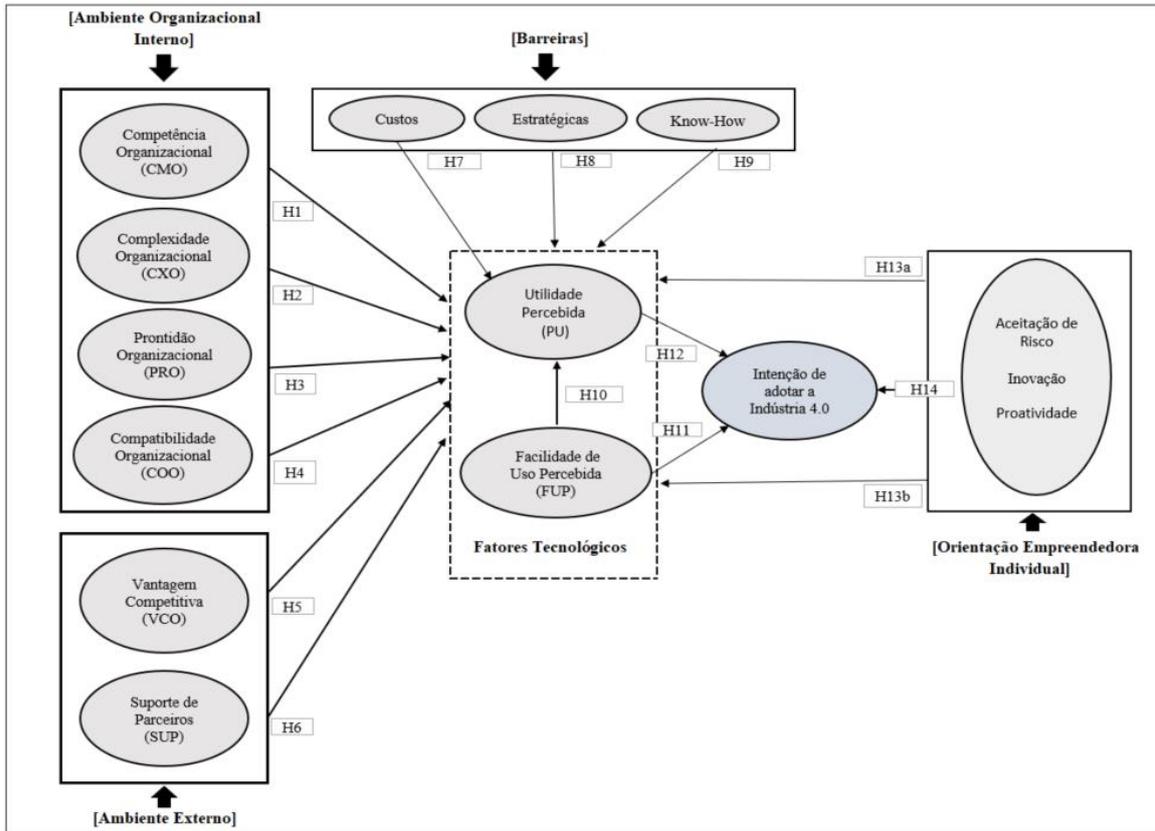
### 2.6 Modelo Conceptual e Hipóteses de Investigação

O modelo conceptual proposto contém, quatro variáveis de nível organizacional a competência, a complexidade, a compatibilidade e a prontidão organizacional e duas variáveis ambientais externas, a vantagem competitiva e apoio de parceiros e as variáveis tecnológicas baseadas no TAM, a utilidade percebida (PU) e a facilidade de uso percebida (FUP). A Figura 2 ilustra o modelo de pesquisa proposto.

Com base na literatura, de seguida são apresentadas as hipóteses de estudo.

#### *Competência organizacional*

Está associada aos conceitos de habilidade, conhecimento e capacidades dos funcionários, essenciais para um desempenho eficaz do seu trabalho (Long et al., 2013). A competência dos empregados conduz à competência da empresa (Halabi et al., 2017). Assim, para garantir o sucesso da adoção da I4.0, as empresas necessitam dispor dos recursos tecnológicos necessários no processo de integração da I4.0 e de mão de obra qualificada no domínio da I4.0. A presença destes dois fatores numa empresa aumenta a utilidade e a facilidade de uso percebida. Com base nesta discussão, foram desenvolvidas as seguintes hipóteses:



**Figura 2** - Modelo Conceptual Proposto (Adaptado de Chatterjee et al., 2021, p.3)

**H1a:** A competência organizacional tem um efeito positivo na utilidade percebida.

**H1b:** A competência organizacional tem um efeito positivo na facilidade de uso percebida.

### *Complexidade Organizacional*

A complexidade é definida como o grau percebido de dificuldade de compreensão e utilização de um sistema (Sonnenwald et al., 2001). No caso da adoção da I4.0, mede-se através do nível de flexibilidade nos sistemas de produção e integração destas tecnologias no sistema já implementado e também pela eficiência no processo de transferência entre sistemas. De um modo geral, é visto como bastante próximo da facilidade de utilização. À medida que a complexidade de uma tecnologia aumenta, a utilidade e a facilidade de utilização diminuem, ou seja, a complexidade é inversamente proporcional à FUP e PU (Parveen & Sulaiman, 2008). Assim, são propostas as seguintes hipóteses

**H2a:** A complexidade organizacional influencia negativamente utilidade percebida.

**H2b:** A complexidade organizacional influencia negativamente a facilidade de uso percebida.

### *Prontidão organizacional*

A prontidão organizacional é relatada como sendo a percepção e avaliação dos gestores do grau em que acreditam que a sua empresa tem a consciência, os recursos, o compromisso e o nível de gestão necessário para adotar uma nova tecnologia (Tan et al., 2007). Pode ser apresentado com duas dimensões: a prontidão financeira (recursos financeiros para a implementação da I4.0) e a prontidão tecnológica (infraestrutura e recursos humanos para a utilização da I4.0) (Gangwar et al., 2015). Desta forma, alega-se que as empresas que possuem infraestruturas eficazes, conhecimentos especializados e apoio financeiro aumentam a utilidade percebida e a facilidade de uso em relação à I4.0. Assim, são propostas as seguintes hipóteses:

**H3a:** A prontidão organizacional tem um efeito positivo na utilidade percebida.

**H3b:** A prontidão organizacional tem um efeito positivo na facilidade de uso percebida.

### *Compatibilidade Organizacional*

A compatibilidade pode ser definida como o nível em que uma inovação é considerada consistente com os valores, experiências e requisitos anteriores dos potenciais utilizadores (Geczy et al., 2012). A compatibilidade percebida tem em conta se os valores, padrões de comportamento e experiências existentes numa empresa estão alinhados com uma nova tecnologia e/ou inovação (Peng et al., 2012). Diversos estudos na adoção de TI e *cloud computing* confirmaram um papel válido da compatibilidade na FUP, bem como na PU (Gangwar et al., 2015). No caso das tecnologias da I4.0, é necessário compreender se são compatíveis com as infraestruturas tecnológicas existentes na empresa. Assim, são propostas as seguintes hipóteses:

**H4a:** A compatibilidade organizacional tem um efeito positivo na utilidade percebida.

**H4b:** A compatibilidade organizacional tem um efeito positivo na facilidade de uso percebida.

### *Vantagem competitiva*

Desde as fases iniciais da investigação da adoção de tecnologias, o papel da vantagem competitiva é reconhecido como um motivador eficaz (Yang et al., 2015). É definida como o nível em que uma tecnologia parece proporcionar um maior benefício para as empresas (Chatterjee et al., 2021). A concorrência na indústria é geralmente associada a uma influência positiva na adoção de novas tecnologias, especialmente quando a

tecnologia afeta diretamente a concorrência e é uma necessidade estratégica de adotar novas tecnologias para competir no mercado (Ramdani et al., 2009). Este facto é aplicável no contexto da I4.0. A adoção da I4.0 é útil para uma empresa alterar o ambiente competitivo em termos de concorrência, estrutura da indústria e conseguir um desempenho superior ao dos seus concorrentes (Porter e Millar, 1985). Desta forma, os primeiros a implementar a I4.0 tendem a obter benefícios consideráveis em termos de vantagens competitivas e de sobrevivência. Assim, propõe-se as seguintes hipóteses:

**H5a:** A percepção de obter vantagem competitiva tem um efeito positivo na utilidade percebida.

**H5b:** A percepção de obter vantagem competitiva tem um efeito positivo na facilidade de uso percebida.

#### *Suporte de Parceiros*

As potencialidades de qualquer inovação não podem ser alcançadas sem o apoio colaborativo (Haans et al., 2016). O apoio de parceiros atua como agente externo no processo de adoção de uma nova tecnologia, tal como a I4.0 (Zhang et al., 2018). Os parceiros fornecem apoio suplementar na migração de um sistema anteriormente implementado para um sistema de fabrico e produção baseado na I4.0 e na partilha de conhecimento e podem inclusive ajudar na redução dos custos de implementação da I4.0 (Hottenrott & Lopes-Bento, 2016). Pelo que, se propõe as seguintes hipóteses:

**H6a:** O apoio de parceiros influencia positivamente a utilidade percebida.

**H6b:** O apoio de parceiros influencia positivamente a facilidade de uso percebida.

#### *Barreiras à adoção da I4.0*

Adotaram-se os indicadores referentes às barreiras do modelo UTUAT – Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia, barreiras estratégicas, financeiras e institucionais e individuais relacionadas com o conhecimento, que determinam a intenção comportamental dos gestores de topo (Alheet et al., 2021). Depreende-se que à medida que as barreiras à implementação de uma tecnologia aumentam, a utilidade e a facilidade de utilização diminuem, ou seja, a existência de barreiras é inversamente proporcional à FUP e PU. Neste sentido, propõem-se as seguintes hipóteses:

**H7:** As barreiras financeiras influenciam negativamente a utilidade percebida.

**H8a:** As barreiras estratégicas influenciam negativamente a utilidade percebida.

**H8b:** As barreiras estratégicas influenciam negativamente a facilidade de uso percebida.

**H9a:** As barreiras de conhecimento influenciam negativamente utilidade percebida.

**H9b:** As barreiras de conhecimento influenciam negativamente a facilidade de uso percebida.

#### *Facilidade de uso percebida*

Refere-se ao grau em que o potencial utilizador espera que o sistema alvo seja livre de esforços (Davis, 1989). O modelo TAM sugere que a FUP influencia a PU, uma vez que tecnologias fáceis de usar podem ser mais úteis (Schillewaert et al., 2005). Assim, são propostas as seguintes hipóteses:

**H10:** A facilidade de uso percebida tem um efeito positivo na utilidade percebida.

**H11:** A facilidade de uso percebida tem um efeito positivo na intenção de adotar a I4.0.

#### *Utilidade percebida*

É definida como a probabilidade subjetiva para um potencial utilizador de que a utilização de um sistema de aplicação específico irá aumentar o seu desempenho profissional dentro de um contexto empresarial. Assim, é proposta a seguinte hipótese:

**H12:** A utilidade percebida tem um efeito positivo na intenção de adotar a I4.0.

#### *Orientação empreendedora individual*

À semelhança de outras disciplinas de gestão, a literatura sobre I4.0 também reconheceu a importância do apoio da gestão de topo na adoção das tecnologias da I4.0. Salwani et al. (2009) explica-a como as percepções e ações dos gestores de topo sobre a utilidade da inovação na criação de valor para a empresa. A OE dos indivíduos é entendida como a disposição dos gestores para o empreendedorismo, reconhecimento de estratégias inovadoras e aumento da performance da empresa (Covin & Wales, 2019). O apoio da gestão de topo está positivamente relacionado com a adoção de tecnologias de informação por parte da PU e da FUP (Gangwar et al., 2015). Assim, são propostas as seguintes hipóteses:

**H13a:** A orientação empreendedora individual do gestor de topo influencia positivamente a utilidade percebida.

**H13b:** A orientação empreendedora individual do gestor de topo influencia positivamente a facilidade de uso percebida.

**H14:** A orientação empreendedora individual do gestor de topo influencia positivamente a intenção de adotar a I4.0.

### 3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

#### 3.1 *Dados e Inquérito*

A população alvo do presente estudo são os gestores de topo de PME portuguesas. O modelo conceptual e as hipóteses foram validadas através de estudos quantitativos baseados em dados recolhidos por via de inquérito. Para tal, foi essencial a preparação de um questionário que se disponibilizou online, através da plataforma *Limesurvey*. A partir do levantamento bibliográfico e da teoria, foram determinadas as respetivas questões (instrumentos de medida) que se consideraram relevantes.

A amostra foi selecionada a partir do sistema de informação (SGO) do Compete 2020, apenas acessível aos utilizadores do sistema de gestão do Portugal 2020. Foi possível aceder a esta plataforma por meio da ANI, por ser um organismo englobado no Portugal 2020<sup>1</sup>. Através do SGO foram identificados os endereços de correio eletrónico das PME que se candidataram ao Portugal 2020.

O convite à participação no estudo foi direccionado por email e encontrou-se disponível para ser respondido durante 18 dias (de 21/09/2022 até 07/10/2022). No decorrer deste período foram ainda enviados *kindly reminders*, reforçando a importância da participação. No total obtiveram-se 348 respostas. Destas, optou-se por retirar da amostra 10 respostas que, dado o tempo total de resposta, não demonstravam um mínimo de fiabilidade. Nomeadamente foram retirados os casos em que o tempo de resposta foi inferior a 40% (Greszki et al., 2015) do tempo mediano de resposta, que corresponde a 4 minutos e 37 segundos - menos de metade do tempo estimado para responder ao questionário (9 minutos). Adicionalmente, foram eliminadas 36 respostas, porque o respondente não se encontrava de acordo com o critério do público-alvo, neste caso, ser um gestor de topo. Em suma, a amostra final contou com 302 respostas válidas.

---

<sup>1</sup> Acordo de Parceria entre Portugal e a Comissão, que reúne a atuação dos Fundos Europeus Estruturais e de Investimento, e se definem os princípios de programação que consagram a política de desenvolvimento económico, social e territorial para promover entre 2014 e 2020, em Portugal

A exatidão da tradução das escalas originais dos constructos competência organizacional (CMO), complexidade organizacional (CXO), prontidão organizacional (PRO), compatibilidade organizacional (COO), vantagem competitiva (VCO), suporte de parceiros (SUP), utilidade percebida (PU), facilidade de uso percebida (FUP), intenção de adotar a I4.0 (IAI) e orientação empreendedora individual (OEI) foi efetuada através da metodologia de tradução/retroversão (*back translation*, Brislin, 1970). No primeiro passo deste processo, um tradutor traduziu as questões originais de inglês para o português e num segundo passo, outro tradutor retraduziu as questões para inglês. As diferenças encontradas, com base neste processo, foram mínimas e a versão final em português resultou de um consenso entre o autor deste estudo e o respetivo orientador. Os intervenientes não tiveram contato durante o processo e tinham experiência em tradução.

Relativamente à estrutura do questionário, tem início com a introdução, que apresenta a descrição do estudo, os critérios da população alvo e é assegurado o anonimato e a confidencialidade das respostas. No ponto seguinte, o questionário é composto por 13 blocos: i) caracterização do respondente: cargo atual, anos de gestão na empresa, experiência profissional, género, idade e grau de ensino, ii) perceção sobre I4.0, iii) competência organizacional, iv) complexidade organizacional, v) prontidão organizacional, vi) compatibilidade organizacional, vii) vantagem competitiva, viii) suporte de parceiros, ix) utilidade percebida, x) facilidade de uso percebida, xi) intenção de adotar a I4.0, xii) orientação empreendedora individual e xiii) caracterização da empresa: número médio de funcionários no final de 2021, setor de atividade e volume de negócios gerado em 2021.

O questionário incluía 23 questões, em que todas as respostas tinham um carácter obrigatório, no sentido de evitar *missing values*. Antes de ser aplicado, foi pré-testado por 3 pessoas. No Anexo 1 encontra-se uma cópia do questionário publicado.

### 3.2 Instrumentos de Medida

O questionário contou com 8 questões, no início, com o objetivo de descrever o inquirido e 3 questões, no final, com o objetivo de caracterizar a empresa. O segundo bloco, as questões 9 e 10, adaptadas do estudo de Hamzeh et al. (2018), focaram-se integralmente na I4.0, nomeadamente obstáculos à sua implementação e conhecimento dos pilares da I4.0.

Do terceiro ao décimo primeiro bloco, para as variáveis identificadas na literatura, foram incluídos 36 itens relativos a todos os constructos relevantes, composto por quatro constructos de nível organizacional e de ambiente interno e dois constructos de ambiente externo. Foi utilizada uma escala tipo-*Likert* de 5 pontos para medir os constructos, com "1" a representar "discordo fortemente" e "5" a representar "concordo fortemente". Estas questões foram adaptadas do estudo de Chatterjee et al. (2021).

A OEi foi avaliada com base no constructo de Bolton & Lane (2012) e na tradução para português de Duran (2020), formado por 10 itens, repartidos nas suas três dimensões da OEi: i) inovação (4 itens), ii) proatividade (3 itens) e iii) aceitação de risco (3 itens) e também foi avaliada com base numa escala tipo-*Likert* de 5 pontos.

As variáveis de controlo, anos de gestão na empresa, experiência profissional, género, idade, habilitações literárias, setor de atividade, número de empregados e volume de negócios da empresa, foram utilizadas apesar de não se encontrarem relacionadas com as variáveis principais da investigação. Estas variáveis foram incluídas, com o intuito de conhecer o respondente e a empresa. A variável idade surge da proposição de que a idade dos gestores de topo tem influência no grau de envolvimento em inovações (Vaccaro, et al., 2012). Relativamente à experiência profissional e experiência como gestor de topo, entende-se que quanto mais tempo estiver no cargo mais experiente se torna o funcionário, e presumivelmente aumenta o nível de afinidade com a empresa. O efeito do género foi incluído, dado que foi sugerido por outros estudos que as decisões tomadas pelas mulheres são diferentes das tomadas pelos homens (Anderson et al., 2020).

As variáveis relacionadas com a dimensão da empresa (número de empregados e volume de negócios) foram incluídas porque se pressupõe que empresas maiores dispõem de mais recursos, a nível financeiro, competências dos funcionários e infraestruturas essenciais para a implementação de inovações (Buccieri et al., 2020; Kamble et al., 2018).

### 3.3 Método de Análise de Dados

Para o cálculo das estatísticas descritivas, os dados obtidos foram tratados no programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versão 26.0 e foi utilizado o programa SmartPLS 4.0 para a validação do modelo de medida e modelo estrutural. Para testar o modelo conceptual proposto, optou-se por uma técnica de modelação de equações estruturais (SEM) baseada nos mínimos quadrados parciais (PLS) para analisar os dados.

Este método é apropriado, uma vez que, permite incluir variáveis latentes (variáveis não observáveis) medidas indiretamente através de variáveis indicadoras, e possibilita o desenvolvimento de teorias em termos de pesquisa exploratória focando-se na explicação da variância nas variáveis dependentes do modelo. O PLS-SEM também permite analisar os dados que não são distribuídos normalmente (Richter et al., 2016). Este processo envolve a quantificação das respostas do inquérito numa escala específica.

O modelo PLS-SEM foi analisado e interpretado sequencialmente em duas etapas. Na primeira etapa foi avaliada a fiabilidade e validade do modelo de medição (*Outer Model*), na segunda etapa foi efetuada a avaliação do modelo estrutural (*Inner Model*) e testadas as hipóteses do estudo (Hulland, 1999).

### *3.4 Variância de Método Comum (Common Method Variance)*

A variância do método comum (VMC) consiste na variância do erro sistemático que é partilhada entre variáveis que são medidas com a mesma fonte ou método, e pode ser um potencial problema no campo da pesquisa comportamental (Podsakoff et al., 2003). Dado que este estudo dependeu das contribuições dos inquiridos obtidas através da resposta a um questionário, para eliminar problemas de VMC, aquando do convite, foi assegurado aos inquiridos que as respostas seriam anónimas e confidenciais. Esta garantia foi dada para melhorar a probabilidade de obter respostas imparciais.

Adicionalmente, realizou-se o teste de fator único de Harman (Podsakoff et al., 2003) para identificar eventuais problemas relacionados com a VMC. Para efetuar este teste, foram incluídos numa análise fatorial exploratória (EFA) os itens de todos os constructos, para determinar se a generalidade da variância pode ser explicada por um único fator. Para o modelo em estudo, verificou-se que a variância explicada por um único fator foi de 28,03% da variância total (Anexo 2), sendo inferior ao valor de corte de 50% sugerido na literatura (Podsakoff et al., 2003). Conclui-se, assim, que os dados não sofrem uma distorção significativa pelo viés da VMC.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 *Caraterização da amostra*

De entre os 302 gestores de PME portuguesas constantes da amostra final, 82,1% são do género masculino e apenas 17,9% são do género feminino. Este resultado vai de encontro à realidade portuguesa, dado que em 2018 verificou-se que 24,2% dos cargos de gestão/administração nas pequenas empresas eram ocupados por mulheres, reduzindo esse número para 19,2% nas médias empresas (Expresso, 2018). Apesar dos progressos verificados nos últimos anos, Portugal continua longe da paridade de géneros na liderança empresarial. Pelo que se conclui que não existe desequilíbrio na amostra, espelha bem a proporção do género masculino na população. As idades estão compreendidas entre os 28 e os 74 anos, com cerca de dois terços estando na faixa etária entre 35 e os 54 anos (69.2%). Relativamente à experiência profissional e educação dos inquiridos, 58,6% tem mais de 20 anos de experiência profissional e 38,7% tem mais de 10 anos de experiência na gestão da empresa atual (Anexo 3), mais de 90% tem um nível de educação, no mínimo, ao nível da licenciatura (Anexo 4) e as empresas dos inquiridos pertencem a variados setores de atividade, sendo o da engenharia e construção o mais representado com apenas 14,2% dos casos (Anexo 5).

### 4.2 *Estimação do Modelo de Medida (Outer Model)*

A qualidade dos constructos é avaliada com base no modelo de medida, começando com a avaliação dos *loadings* fatoriais sendo de seguida analisada a fiabilidade e a validade do modelo proposto.

Para esta análise optou-se por utilizar a algoritmo PLS tradicional, porque quando as correlações de indicadores não são informativas para medir a fiabilidade em modelos reflexivos e formativos, o PLSc não é apropriado (Dijkstra & Henseler, 2015). Uma vez que, o presente modelo é composto por indicadores refletivos e formativos, optou-se por utilizar o PLS tradicional.

#### *Loadings Fatoriais*

Os *loadings* fatoriais referem-se à correlação de cada um dos itens com o respetivo fator. Os *loadings* fatoriais podem variar de -1.0 a +1.0, com valores absolutos mais elevados a indicar uma maior correlação do item com o fator subjacente (Pett et al., 2003).

Os *loadings* fatoriais superiores a 0,7 indicam que mais de 50% da variância da variável observada (o quadrado do *loading*) é derivada do constructo (Carmines & Zeller, 1979), porém, de acordo com Hulland (1999), *loadings* superiores a 0,6 são estatisticamente significativos. Assim, para evitar alterar a validade facial dos construtos estudados e permitir uma melhor comparabilidade com a literatura existente, apenas os itens com *loadings* excessivamente baixos (<0,6) foram retirados do modelo.

Mais especificamente: ao constructo prontidão organizacional, que era composto originalmente por 4 itens, foi removido 1 item (i.e., “Temos diferentes formas de dar formação na nossa organização, e.g., virtual, pessoalmente, etc.”) por o *loading* fatorial ser inferior a 0,6; ao constructo multidimensional OEi, originalmente composto por 10 itens, foi também removido 1 item (i.e., “Ao aprender coisas novas, prefiro tentar fazê-lo de forma única e à minha maneira do que fazê-lo como todos os outros”) por o *loading* fatorial ser inferior a 0,6. Refira-se que a complexidade organizacional (CXO) foi calculada como um constructo formativo e, por isso, a lógica acima indicada não se aplica, já que as correlações não representam *loadings* fatoriais. No Anexo 6 apresentam-se os *loadings* fatoriais dos itens finais.

#### *Indicador de Multicolinearidade*

O indicador VIF (*Variance Inflation Factor*) é utilizado para avaliar a multicolinearidade nos indicadores (Fornell & Bookstein, 1982). Segundo Hair et al. (2017) a multicolinearidade não é uma questão séria se o valor do VIF for inferior a 5. No Anexo 7 são apresentados os valores do VIF para os indicadores deste estudo. Verifica-se que o VIF para cada um dos indicadores é inferior ao limiar recomendado.

#### *Análise de fiabilidade*

A fiabilidade é definida pela estabilidade e consistência do instrumento de medida (Mark, 1996). A essência da fiabilidade é a repetibilidade. Se um instrumento for aplicado inúmeras vezes, irá produzir os mesmos resultados. Os dois métodos habitualmente utilizados para validar a fiabilidade de cada variável latente, são os indicadores *Cronbach Alpha* e o *Composite Reliability* (CR).

Relativamente ao *Cronbach Alpha*, são aceitáveis valores iguais ou superiores a 0.7 como referência (Hair et al., 2009) e valores inferiores a 0,6 podem indicar que os itens

da escala não estão adequadamente relacionados entre si (Waljee et al., 2010). O *Composite Reliability*, para se apurar a fiabilidade dos constructos, deve também apresentar valores superiores a 0.7 (Nunnally, 1978).

Para estes dois indicadores, os resultados são apresentados no Anexo 8. O *Cronbach Alpha* varia entre 0.578 e 0.918 enquanto o *Composite Reliability* varia entre 0.807 e 0.942. Como o valor do *Cronbach Alpha* para os *Obst\_Custos* é muito próximo de 0.6, considerou-se que se encontra no limiar aceitável. Assim, a fiabilidade dos constructos encontra-se estabelecida.

### Validade dos constructos

Estatisticamente, usando o PLS-SEM, a validade dos constructos é estabelecida quando existe uma validade convergente e uma validade discriminante.

A validade convergente consiste em verificar o grau em que várias tentativas para medir o mesmo conceito estão de acordo. A ideia é que duas ou mais medidas de um mesmo constructo devem ter uma elevada covariância para serem medidas válidas desse constructo. Para analisar a validade convergente, utilizou-se a AVE - variância média extraída (*average variance extracted*). O valor da AVE tem de ser igual ou superior a 0.5, ou seja, os itens convergem para medir o constructo subjacente e, portanto, é estabelecida uma validade convergente (Fornell & Larcker, 1981) (Tabela I).

Tabela I: Matriz de Correlação entre Variáveis Latentes (*Fornell-Larcker\**)

	1	2	3	4	8	9	12	14	15	16	17	18	19	20
<b>1. Compatibilidade Organizacional</b>	<b>0.757</b>													
<b>2. Competência Organizacional</b>	0.527	<b>0.719</b>												
<b>3. Complexidade Organizacional</b>	-0.463	-0.316												
<b>4. Eoi</b>	0.376	0.310	-0.304											
<b>8. Facilidade de Uso Percebida</b>	0.720	0.518	-0.444	0.411	<b>0.830</b>									
<b>9. Ferramentas - I40</b>	0.483	0.482	-0.247	0.223	0.515	<b>1.000</b>								
<b>12. Intenção Adotar I4.0</b>	0.558	0.357	-0.324	0.415	0.648	0.338	<b>0.896</b>							
<b>14. Obstáculos_Custos</b>	-0.053	-0.027	0.041	-0.026	0.011	-0.031	0.144	<b>0.827</b>						
<b>15. Obstáculos_Estratégia</b>	-0.214	-0.113	0.201	-0.102	-0.153	-0.145	-0.092	0.300	<b>0.832</b>					
<b>16. Obstáculos_Conhecimento</b>	-0.202	-0.222	0.204	-0.108	-0.237	-0.217	-0.071	0.357	0.701	<b>0.847</b>				
<b>17. Prontidão Organizacional</b>	0.614	0.569	-0.390	0.393	0.703	0.423	0.404	-0.045	-0.216	-0.300	<b>0.831</b>			
<b>18. Suporte de Parceiros</b>	0.172	0.142	-0.116	0.255	0.166	0.077	0.320	0.118	0.043	0.058	0.128	<b>0.862</b>		
<b>19. Utilidade Percebida</b>	0.512	0.269	-0.395	0.351	0.552	0.257	0.714	0.133	-0.065	-0.049	0.319	0.318	<b>0.886</b>	
<b>20. Vantagem Competitiva</b>	0.545	0.328	-0.368	0.319	0.552	0.321	0.681	0.229	-0.035	-0.043	0.323	0.238	0.665	<b>0.801</b>
<b>21. Volume Negócios</b>	0.089	0.012	0.077	-0.035	0.029	0.092	0.078	0.022	-0.065	-0.019	-0.067	0.150	0.142	0.056

Fonte: Elaboração própria (\* Os indicadores na diagonal a negrito correspondem à raiz quadrada da AVE e assinalam o valor mais alto em qualquer linha ou coluna.)

O resultado da validade convergente no presente estudo, com base no indicador AVE, mostra que todos os constructos têm valores superiores a 0.5. Pelo que, a validade convergente não parece ser um problema neste estudo (Anexo 9).

A validade discriminante consiste no grau em que as medidas de conceitos diferentes são distintas. A noção é que cada conceito é único, então as medidas válidas de cada um dos constructos não devem ter uma correlação demasiado elevada (Bagozzi et al., 1991). De acordo com o critério Fornell e Larcker (1981), a validade discriminante é alcançada quando a raiz quadrada da AVE para um constructo é superior à sua correlação com os outros constructos. Neste estudo, a raiz quadrada da AVE de cada constructo é superior à sua correlação com os restantes constructos.

#### *Cross-Loadings*

Os *cross-loadings* ajudam a avaliar se um item pertencente a um determinado constructo em particular, tem um forte peso sobre o seu próprio constructo, em vez de outros constructos do estudo. Os resultados mostram que o *loading* fatorial de todos os itens é mais forte na construção subjacente a que pertencem do que noutras construções do estudo. Assim, com base na avaliação dos *cross-loadings*, obtém-se uma validade discriminante (Anexo 9).

#### *Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)*

A validade discriminante é comumente avaliada com base no rácio HTMT (*Heterotrait-Monotrait*), que é baseado numa estimação da correlação entre os constructos. Os resultados mostram que o rácio de HTMT (Anexo 9) é inferior ao limiar de 0.9 (Teo, 2011), concluindo-se pela validade discriminante dos construtos utilizados neste estudo.

#### *Validação do Constructo de Ordem Superior OEi*

A variável latente OEi corresponde ao constructo de ordem superior (HOC) baseado em três construções de ordem inferior: Inovação, Proatividade e Risco (Bolton & Lane, 2012).

Num primeiro passo, avaliou-se a colinearidade através do indicador VIF. Tal como já referido, quando o VIF tem um valor igual a 5 ou superior, indica problemas de colinearidade (Hair et al., 2020). Neste estudo, a colinearidade não representa qualquer

ameaça, uma vez que os valores do indicador VIF para o constructo de ordem superior formativo da OEi são inferiores ao valor recomendado de 5 (Anexo 7).

De seguida, avaliaram-se a significância estatística e a relevância dos *outer weights*. Os *outer weights* foram considerados significativos (Hair et al., 2017), reforçando-se assim a validade do constructo formativo de ordem superior da OEi.

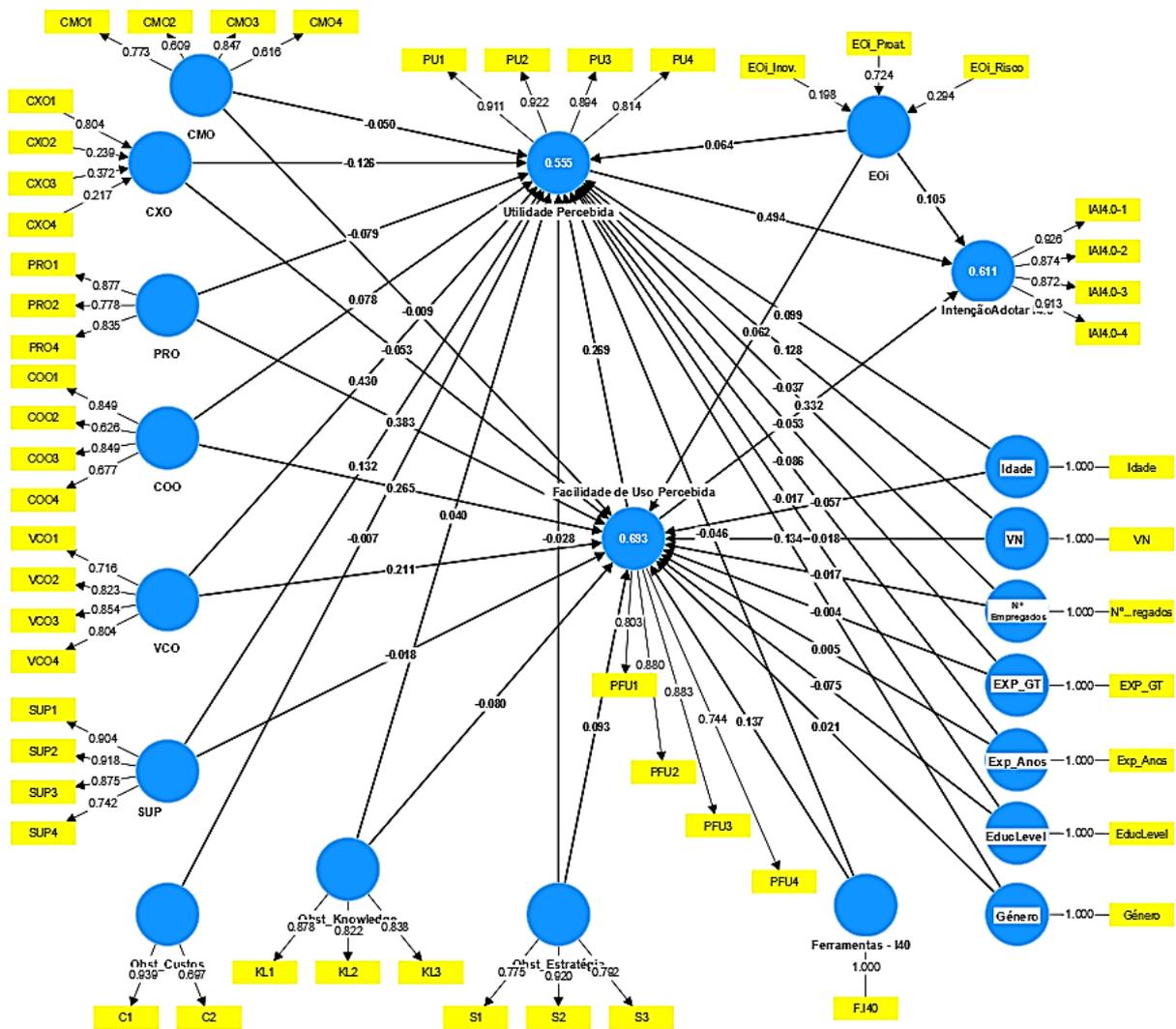
Finalmente, os *outer loadings* apresentam valores superiores a 0.50, significativos para cada um dos indicadores do constructo formativo de ordem superior da OEi (Hair et al., 2019). Uma vez que, todos os critérios foram cumpridos (Anexo 10), a validade do HOC foi estabelecida.

#### 4.3 Estimação do Modelo Estrutural (*Inner Model*)

Nesta secção procede-se à avaliação do modelo estrutural. Na Figura 2 é apresentado o modelo conceptual proposto adicionado das variáveis de controlo utilizadas neste estudo. Na avaliação do modelo estrutural, avalia-se o grau de explicação das variáveis endógenas e a relação entre estas e as variáveis exógenas (Hair et al., 2009), através da variância explicada ( $R^2$ ) e através da significância e dimensão dos coeficientes standardizados ( $\text{std. } \beta$ ) das relações, respetivamente. A partir do  $R^2$  é possível observar quanto é que de cada variável é explicada pelas restantes variáveis e, mais relevante, permite avaliar a qualidade do modelo. No Anexo 11 constam os valores obtidos para  $R^2$ . Relativamente à “Facilidade de Uso Percebida”, o modelo explica 69,3% da sua variabilidade, no caso da “Utilidade Percebida”, 55,5% da sua variabilidade é explicada pelo modelo, e por fim, o modelo explica 61,1% da variabilidade da “Intenção de Adotar I4.0”.

Relativamente ao ajuste do modelo, são avaliados os seguintes indicadores de qualidade: validade preditiva ou relevância, Stone-Geisser’s  $Q^2$  (Geisser, 1974; Stone, 1974), o tamanho do efeito ( $f^2$  – *effect size*, ou indicador de Cohen) e o limiar de significância, *p-value*. Através do  $Q^2$ , ou qualidade da predição do modelo, é avaliado quanto o modelo se aproxima do que se esperava dele e para esse fim é utilizado o processo *blindfolding* não paramétrico. De acordo com os parâmetros deste indicador, valores de  $Q^2$  superiores a zero sugerem que o modelo tem relevância preditiva para um determinado constructo endógeno, enquanto valores inferiores zero apontam falta de relevância preditiva (Hair et al., 2017). No Anexo 11, é possível observar que as variáveis

endógenas apresentam um  $Q^2$  superior a 0, pelo que se conclui que apresentam relevância preditiva. O indicador  $f^2$  calcula quanto cada constructo é útil para o ajuste do modelo. Para este indicador, o critério estipula que, quanto maior o tamanho do efeito, mais consistente é a relação entre as variáveis. De acordo com Cohen (1988), o efeito pode ser considerado pequeno ( $\geq 0.02$ ), médio ( $\geq 0.15$ ) ou grande ( $\geq 0.35$ ). O  $p$ -value ( $p$ ) representa o valor da probabilidade, ajuda a estabelecer se a relação entre duas variáveis é significativa ou não. Considerou-se significativo o std.  $\beta$  que tenha  $p < 0.05$  e no limiar da significância estatística se  $0.05 < p < 0.10$ .



**Figura 3:** Modelo Proposto e Resultados (Fonte: Modelo extraído do software SmartPLS). [Legenda: Na Figura 3 é apresentado o modelo proposto e as variáveis de controlo completar. Os valores nas setas pretas que ligam os indicadores (retângulos amarelos) às variáveis latentes (círculos azuis) correspondem aos *loadings* fatoriais. Os

valores no interior dos círculos azuis representam o  $R^2$ . Os valores que constam nas setas que ligam as variáveis latentes corresponde ao  $f^2$ .]

No final, foram avaliados os *loadings* fatoriais de cada hipótese proposta e a significância dos coeficientes estruturais (std.  $\beta$ ), para analisar a significância da relação. Foi utilizado o procedimento *bootstrapping* não paramétrico. Neste procedimento, foram consideradas 5.000 subamostras (Hair et al., 2017), com referência a 302 casos, e com 97,5% de intervalo de confiança. Os valores obtidos encontram-se na Tabela II.

Em relação às variáveis de controlo, género, idade, experiência profissional, experiência como gestor de topo, número de empregados na empresa e grau de utilização das ferramentas da I4.0, estas não são estatisticamente significativas na sua relação com as variáveis, utilidade percebida e facilidade de uso percebida. No caso das variáveis de controlo, nível de escolaridade e volume de negócios, não obstante a evidência empírica não ter sido forte, os resultados mostram que existe uma relação. Observou-se uma relação pouco significativa e negativa entre o nível de escolaridade e a FUP ( $\beta = -0.075$ ,  $p = 0.051$ ) e uma relação positiva e pouco significativa entre o volume de negócios e a PU ( $\beta = 0.128$ ,  $p = 0.084$ ).

Adicionalmente, testou-se um modelo alternativo (Modelo 2), sem as variáveis externas do modelo TAM (Anexo 12). Pode-se verificar que o grau de explicação do modelo proposto é superior uma vez que apresenta um  $R^2$  ajustado superior (Anexo 13). Ao introduzir os antecedentes do TAM, o  $R^2$  ajustado aumenta aproximadamente 10% (de 0.552 para 0.607). Este resultado mostra a relevância do modelo TAM, para o presente estudo, reforçando que o TAM ajuda a explicar a variação na intenção comportamental dos utilizadores relacionada com a adoção da I4.0.

De seguida, efetuou-se o mesmo procedimento para o quadro TOE (Modelo 3), retirando do modelo as variáveis tecnológicas, organizacionais e ambientais (Anexo 14). Pode-se verificar que o grau de explicação do modelo proposto é superior uma vez que apresenta valores para o  $R^2$  ajustado superiores (Anexo 15). Ao introduzir as variáveis do TOE, o  $R^2$  ajustado da utilidade percebida aumentou aproximadamente 55% (de 0.338 para 0.525), relativamente à facilidade de utilidade percebida aumentou cerca de 87% (de 0.344 para 0.675). Assim, confirma-se que o quadro TOE fornece um cenário sólido para a adoção de tecnologias.

Desta forma, de acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o modelo proposto apresenta uma maior robustez e poder preditivo para analisar as intenções de adoção da I4.0.

H1a e H1b: avaliaram se a variável competência organizacional tem impacto significativo na PU e na FUP. Os resultados apresentados indicam que não tem efeito significativo na PU e FUP ( $p = 0.32$ ,  $p = 0.864$ , respetivamente). Em relação às hipóteses que previam que a complexidade organizacional influencia negativamente a PU e a FUP (H2a e H2b, respetivamente), os resultados mostram que a CXO tem uma relação negativa significativa, mas pequena com a PU ( $\beta = -0.012$ ,  $p = 0.021$ ,  $f^2 = 0.025$ ) enquanto, relativamente à FUP não foi encontrada significância nesta relação ( $p = 0.245$ ). A H3a e H3b avaliaram se a variável prontidão organizacional tem um impacto positivo na PU e na FUP. Não se verificou um efeito significativo da prontidão organizacional na PU ( $p = 0.241$ ), já sobre a FUP encontrou-se um efeito positivo significativo e de dimensão média ( $\beta = 0,383$ ,  $p = 0.000$ ,  $f^2 = 0.226$ ). As hipóteses que previam que a compatibilidade organizacional estariam relacionadas com a PU e FUP (H4a e H4b), mostram que existe um efeito positivo significativo, mas de pequena dimensão na FUP ( $\beta = 0,265$ ,  $p = 0.000$ ,  $f^2 = 0.091$ ), não tendo sido encontrado efeito significativo com a PU ( $p = 0.262$ ).

Na H5a e H5b avaliou-se se a perceção de ter uma vantagem competitiva tem efeito na PU e na FUP. Os resultados apresentados mostram que, esta variável tem um efeito positivo significativo e de média dimensão e sobre a PU ( $\beta = 0,430$ ,  $p = 0.000$ ,  $f^2 = 0.221$ ), já na FUP o efeito é também positivo e significativo, mas pequeno ( $\beta = 0,211$ ,  $p = 0.000$ ,  $f^2 = 0.091$ ). Em relação às hipóteses que previam que o apoio de parceiros influencia positivamente a PU e a FUP (H6a e H6b), apenas se encontrou uma relação positiva significativa, mas de reduzida dimensão, com a PU ( $\beta = 0,132$ ,  $p = 0.005$ ,  $f^2 = 0.033$ ).

Relativamente às hipóteses H7, H8 e H9: estas hipóteses pretendiam testar se existe efeito das barreiras financeiras, estratégicas e de conhecimento na PU e na PUF. No caso das barreiras financeiras apenas foi medido o seu efeito sobre a PU (H7), e não foi encontrada relação ( $\beta = -0,007$ ,  $p = 0.885$ ,  $f^2 = 0.000$ ). Das restantes hipóteses, apenas se encontrou uma pequena relação positiva, contrária ao proposto e no limiar da significância estatística, entre as barreiras estratégicas e a FUP ( $\beta = 0,093$ ,  $p = 0.057$ ,  $f^2 = 0.013$ ).

**Tabela II** - Resultados do Modelo Estrutural

Efeitos	Hipótese	Std. $\beta$	Desvio Padrão (STDEV)	T Statistics	P Values	Hipótese Suportada	$f^2$	2,5% CI Limite Inferior	97,5% Limite Superior
<b>Efeito sobre Utilidade Percebida</b>									
por Compatibilidade Organizacional	H4a	0.078	0.069	1.122	0.262	Não	0.005	-0.058	0.216
por Competência Organizacional	H1a	-0.050	0.051	0.993	0.321	Não	0.003	-0.148	0.047
por Complexidade Organizacional	H2a	-0.126	0.055	2.307	0.021	Sim	0.025	-0.236	-0.024
por Prontidão Organizacional	H3a	-0.079	0.067	1.172	0.241	Não	0.005	-0.212	0.054
por Suporte de Parceiros	H6a	0.132	0.047	2.815	0.005	Sim	0.033	0.038	0.227
por Vantagem Competitiva	H5a	0.430	0.056	7.663	0.000	Sim	0.221	0.311	0.532
por OEi	H13a	0.064	0.050	1.275	0.202	Não	0.007	-0.032	0.167
por Obstáculos_Custos	H7	-0.007	0.047	0.145	0.885	Não	0.000	-0.092	0.091
por Obstáculos_Estratégia	H8a	-0.028	0.080	0.355	0.723	Não	0.001	-0.178	0.136
por Obstáculos_Conhecimento	H9a	0.040	0.066	0.613	0.540	Não	0.002	-0.090	0.164
por Facilidade de Uso Percebida	H10	0.269	0.074	3.658	0.000	Sim	0.050	0.119	0.407
<b>Efeito sobre Facilidade de Uso Percebida</b>									
por Compatibilidade Organizacional	H4b	0.265	0.067	3.955	0.000	Sim	0.091	0.124	0.387
por Competência Organizacional	H1b	-0.009	0.053	0.172	0.864	Não	0.000	-0.103	0.104
por Complexidade Organizacional	H2b	-0.053	0.046	1.162	0.245	Não	0.007	-0.148	0.031
por Prontidão Organizacional	H3b	0.383	0.064	6.009	0.000	Sim	0.226	0.264	0.513
por Suporte de Parceiros	H6b	-0.018	0.036	0.498	0.618	Não	0.001	-0.090	0.052
por Vantagem Competitiva	H5b	0.211	0.045	4.677	0.000	Sim	0.091	0.124	0.298
por OEi	H13b	0.062	0.051	1.211	0.226	Não	0.009	-0.037	0.161
por Obstáculos_Estratégia	H8b	0.093	0.049	1.902	0.057	Sim	0.013	-0.020	0.175
por Obst_Conhecimento	H9b	-0.080	0.053	1.517	0.129	Não	0.010	-0.171	0.037
<b>Efeitos sobre Intenção Adotar I4.0</b>									
por Utilidade Percebida	H12	0.494	0.079	6.222	0.000	Sim	0.424	0.336	0.640
por Facilidade de Uso Percebida	H11	0.332	0.090	3.696	0.000	Sim	0.182	0.166	0.509
por OEi	H14	0.105	0.052	1.996	0.046	Sim	0.023	0.009	0.211

Fonte: Elaboração própria

De acordo com os resultados apresentados, a FUP tem uma relação positiva significativa e de pequena dimensão com a PU ( $\beta = 0,269$ ,  $p = 0.000$ ,  $f^2 = 0.050$ ), tal como proposto pela hipótese H10. Em relação à hipótese que previa que a FUP estaria relacionada com a intenção de adotar a I4.0 (H11), encontrou-se este efeito, sendo positivo e significativo e de média dimensão ( $\beta = 0,332$ ,  $p = 0.000$ ,  $f^2 = 0,185$ ). Em relação à hipótese H12, que avaliou o impacto da PU na IAI, os resultados indicam que esta relação positiva é significativa e que o efeito é de elevada dimensão ( $\beta = 0,494$ ,  $p = 0.000$ ,  $f^2 = 0.424$ ).

Por fim, as hipóteses H13a, H13b e H14 avaliaram o impacto da OEi na PU, FUP e na IAI. Com base nos resultados, a OEi apenas apresenta um efeito positivo significativo,

mas de pequena dimensão na IAI ( $\beta = 0,105$ ,  $p = 0.046$ ,  $f^2 = 0.023$ ), não tendo sido encontrada qualquer relação significativa com a PU e a FUP ( $p = 0.202$ ,  $p = 0.226$ ). Relativamente aos efeitos totais da OEi (diretos e indiretos) sobre a PU, FUP e IAI, o impacto foi equivalente, apenas se verificou um efeito positivo significativo de pequena dimensão na IAI ( $\beta = 0,062$ ,  $p = 0.008$ ).

## 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Partindo do pressuposto que o perfil do gestor de topo está relacionado com a adoção das tecnologias da I4.0 nas suas empresas, este estudo surge no seguimento de uma extensa revisão da literatura, contudo, os estudos existentes não clarificam em que medida é que estes podem coexistir, em simultâneo no mesmo modelo. A evidência empírica sobre o papel do gestor de topo na promoção de inovações disruptivas nas empresas é escassa, sendo este tema bastante relevante pois os gestores de topo são os responsáveis pela implementação de estratégias organizacionais que sustentam os desafios atuais e antecipam e detetam oportunidades de melhoria e soluções para os desafios futuros.

Assim, por meio de uma abordagem quantitativa, tentou-se recolher os dados necessários para responder às hipóteses propostas, tendo-se optado pelo método de equações estruturais (PLS-SEM) para testar o modelo conceptual. Sendo difícil aplicar qualquer modelo de adoção de inovações disruptivas, neste caso a I4.0, por ser uma tecnologia complexa, optou-se pelo modelo integrado o TAM-TOE para testar as hipóteses, por se argumentar que pode explicar melhor a adoção da I4.0 nas empresas.

No presente estudo, foram propostas as hipóteses da competência organizacional ter um impacto positivo na utilidade percebida e na facilidade de uso percebida (H1a e H1b), no entanto, após validação, estas hipóteses não foram suportadas. Este resultado é contraditório a estudos anteriores (Chatterjee et al., 2021) que concluíram que os funcionários da empresa possuem as competências e o conhecimento necessários para alcançar um desempenho eficiente. De acordo com este resultado e tendo em consideração as questões associadas a este construto, pode-se concluir que as empresas não possuem e nem consideram importante ter os recursos tecnológicos para a adoção da I4.0 e podem também não dispor de mão de obra qualificada adequada às novas circunstâncias.

Os resultados mostram também que a complexidade organizacional influencia negativamente a PU, corroborando a hipótese H2a. Este resultado é coerente com Parveen & Sulaiman (2008), Gangwar et al. (2015) e Chatterjee et al. (2021) onde foi encontrado que a complexidade do sistema é inversamente proporcional à PU. O que sugere que, se os utilizadores considerarem difícil utilizar um sistema (neste caso I4.0), eles depreendem que o sistema é inútil. Também foi sugerida a hipótese de que a complexidade organizacional tem um impacto negativo na FUP (H2b), não tendo sido suportada. Este resultado é contraditório a estudos anteriores (Gangwar et al., 2015) que afirmam que, a complexidade de *cloudcomputing* tem um efeito negativo sobre as crenças organizacionais em que, quanto menor for a complexidade na utilização da *cloudcomputing*, maior é a melhoria do desempenho das tarefas e a maior a facilidade de uso entendida. Do resultado obtido, depreende-se que, apesar da sua complexidade, os indivíduos não terão problemas em utilizar as novas tecnologias.

A hipótese H3a sugere que a prontidão organizacional afeta positivamente a PU, contudo, esta hipótese não foi suportada após validação. Este efeito é contraditório à literatura (Aboelmaged, 2014), que mostrou que se houver recursos financeiros, técnicos com o perfil adequado e funcionários treinados, não haverá impedimento para a adoção de uma tecnologia inovadora. Também foi sugerida a hipótese da prontidão organizacional afetar positivamente a FUP (H3b), tendo sido confirmada. Este resultado está de acordo com estudos anteriores (Aboelmaged, 2014). Pelo que, se entende que se a empresa for capacitada com os recursos necessários para aprender o sistema de fabrico e produção baseado na I4.0, os seus utilizadores consideram que a sua utilização é clara.

A hipótese H4a propunha que a compatibilidade organizacional afeta positivamente a PU, após validação, esta hipótese não foi suportada. Este resultado é contraditório a estudos anteriores (Gangwar et al., 2015 e Chatterjee et al., 2021). Este resultado sugere que as tecnologias da I4.0 não são compatíveis com o sistema existente nas empresas. A compatibilidade organizacional afeta positivamente a FUP, pois a hipótese correspondente (H4b) foi apoiada após a validação. Este efeito está de acordo com a literatura (Gangwar et al., 2015) que indica que uma enorme compatibilidade da I4.0 permite às empresas não ter de efetuar muitas alterações no seu ambiente de trabalho.

A percepção de vantagem competitiva afeta positivamente a PU e a FUP, em concordância com as hipóteses H5a e H5b. Sendo a dimensão do efeito muito superior

na PU, conclui-se que a utilidade percebida é o determinante dominante na adoção da I4.0. Este resultado é suportado pela literatura (Chatterjee et al., 2021), que refere que, se os inquiridos acreditam que a tecnologia traz uma vantagem competitiva também possuíam PU e FUP elevadas em relação à I4.0.

O suporte de parceiros tem um impacto positivo na PU, como tal, a hipótese H6a é suportada. Este resultado corrobora com estudos anteriores (Haans et al., 2016), que evidenciam que o suporte dos parceiros é útil para compartilhar o conhecimento, para além do apoio financeiro, e isso enriqueceria a capacidade dos funcionários de adotar qualquer tecnologia inovadora. No entanto, este estudo não suporta a hipótese H6b, uma vez que, a validação mostra que o suporte de parceiros tem um impacto não significativo na FUP, este resultado está de acordo com Chatterjee et al., (2021). Isto acontece, presumivelmente porque, através do apoio de parceiros, as empresas podem obter apoio financeiro e partilha de conhecimento, mas podem estar em falta outros fatores essenciais à adoção da I4.0, como por exemplo a falta de clareza relativamente ao benefício económico, falta de infraestruturas, falta de competências digitais (Raj et al.,2020).

As hipóteses H7, H8 e H9, propunham que as barreiras à implementação da I4.0 (financeiras, estratégicas e de conhecimento) influenciam negativamente a PU e a FUP. Relativamente à H7, que apenas se propôs a sua influência na PU, não foi suportada pelo estudo. Este resultado está de acordo com Katebi (2022), em que os custos de usar uma nova tecnologia em projetos de construção, não teve efeito na intenção de adotar essa tecnologia. Este resultado sugere que o inquirido, em vez dos custos, considerou outros os fatores como impeditivos na adoção da I4.0, provavelmente porque considera que existe uma boa relação custo-benefício em relação à adoção, ou porque se encontra num nível pré-adoção em que ainda não está sensibilizado para os seus custos.

No caso das barreiras estratégicas, foi proposta a sua influência na PU (H8a) e na FUP (H8b), o estudo apenas suportou a hipótese H8b. No caso da influência na PU, o gestor pode considerar que os ganhos de eficiência com a adoção da I4.0 não são suficientes para investir numa estratégia específica. Relativamente à H8b, o resultado está de acordo com a literatura, que identifica a ausência de um projeto piloto como uma limitação na implementação da I4.0 (Orzes et al., 2018), assim, a existência de um projeto piloto poderá apoiar na compreensão das novas tecnologias da I4.0.

Por fim, relativamente às barreiras referentes ao conhecimento, também foi sugerida a sua influência na PU (H9a) e na FUP (H9b), o estudo não suporta nenhuma das hipóteses. Este efeito, não está alinhado com a literatura (Masood & Sonntag, 2020), que sugere que, um dos maiores desafios enfrentados pelas PME são a sua limitação em termos de recursos de conhecimento. Possivelmente, o inquirido tem a convicção que existem outras barreiras que são determinantes na decisão de adoção.

Os resultados mostram que, a FUP impacta positivamente a PU (H10) e a intenção de adotar a I4.0 (H11) e a PU afeta positivamente a intenção de adotar a I4.0 (H12). Todos estes resultados estão de acordo com o conceito de TAM (Davis, 1989). Os resultados mostram que a PU e a PUF têm um efeito direto na intenção de adotar a I4.0, sendo a PU o fator mais relevante na adoção.

Foi testado se, a OEi tinha impacto positivo na PU e na FUP (hipóteses H13a e H13b). No entanto, após validação, estas hipóteses não foram suportadas, contudo, a OEi tem um efeito direto na intenção de adotar a I4.0, verificado através da influência positivamente sobre a IAI (hipótese H14). Este resultado é suportado pela literatura existente (Wang et al., 2010), que afirma que, se existir um forte apoio da gestão de topo numa empresa, a adoção da I4.0 será acelerada. Estudos anteriores referem que o apoio da gestão de topo ajuda a cultivar um clima organizacional favorável para superar a resistência à mudança quanto à adoção de uma tecnologia inovadora (Wang et al., 2010). Em inovações mais disruptivas, como a I4.0, o efeito da OEi do gestor de topo não é totalmente absorvido pela qualidade da sua liderança, ou seja, o efeito da sua OEi não se justifica totalmente pelo estilo de liderança, mas há um efeito direto na inovação (Duran, 2020). Estes resultados sugerem que a OEi dos gestores de topo é um fator importante para explicar a intenção de adotar as tecnologias da I4.0 nas PME, e que este efeito não é devidamente acomodado no modelo TAM. Não obstante, investigações futuras devem aprofundar esta questão, dado que este estudo foi o primeiro a fazê-lo, devendo, portanto, considerar-se resultados preliminares exploratórios.

De todas as variáveis de controlo testadas, apenas se verificou uma ligeira relação entre o nível de escolaridade e a facilidade de uso percebida e entre o volume de negócios e a utilidade percebida. A relação entre o nível de escolaridade e a FUP é negativa, ou seja, quanto menor o nível de escolaridade, maior é a perceção de facilidade de uso. De acordo com a hipótese Dunning-Kruger, as pessoas com relativamente pouca

competência numa determinada área carecem da metacognição necessária para estar consciente da sua falta de competência e, conseqüentemente, sobrestimar substancialmente as suas capacidades reais, em comparação com aqueles com mais competência (Kruger & Dunning, 1999). Verificou-se que o volume de negócios da empresa tem influência na PU, o que está de acordo com a literatura. As empresas de maior dimensão têm forças motrizes maiores e menores barreiras para a adoção da I4.0 (Horváth & Szabó, 2019). Segundo Masoog & Sonntag, (2020), em comparação com as grandes empresas, as PME têm de enfrentar maiores constrangimentos financeiros e em termos de recursos de conhecimento. As empresas com volumes de negócios mais elevados, à partida, têm uma capacidade superior para investirem em novas tecnologias, que lhes permitem gerar retornos financeiros num prazo aceitável (Faria, 2019).

## 6. CONCLUSÕES

O presente estudo proponha-se investigar a relação entre o perfil do gestor de topo de pequenas e médias empresas em território nacional e a intenção de adoção das tecnologias associadas à I4.0. Nomeadamente, investigar as perceções destes gestores em relação aos fatores socioambientais e tecnológicos tidos como relevantes para a decisão de implementar a I4.0. Para identificar estes fatores antecedentes, o estudo utilizou com sucesso um modelo híbrido baseado no TAM-TOE. Com base no modelo TAM identificaram-se as perceções dos gestores face à utilidade e facilidade de utilização destas tecnologias e com base no modelo TOE identificaram-se as questões socioambientais. Os resultados alcançados suportam parte das hipóteses apresentadas, nomeadamente, mostraram que, as perceções relacionadas com a utilidade percebida, a facilidade de uso, a complexidade, a prontidão, a compatibilidade organizacional, a criação de vantagem competitiva, o suporte de parceiros e as barreiras financeiras e estratégicas e o nível de educação, a dimensão da empresa e a orientação empreendedora, são determinantes importantes para a adoção da I4.0, numa determinada empresa. Verificou-se também um efeito direto da OEi do gestor de topo na intenção de adotar a I4.0, demonstrando-se que o modelo proposto (TAM-TOE) através dos seus antecedentes (PU e FUP) não é suficiente para explicar a relação entre a OEi e a intenção de adotar a I4.0. Isto sugere alguma limitação do modelo TAM para explicar integralmente a intenção de adotar inovações mais disruptivas do normal funcionamento das

organizações, como será a implementação da I4.0, e o interesse de considerar a inclusão adicional da OEi nestes contextos.

Concluindo, este estudo evidenciou a pertinência do quadro alargado do TAM-TOE para explicar as intenções de adoção da I4.0 nas PME, e constatou que a OEi dos gestores de topo acrescenta poder explicativo para além do modelo. Esta perspetiva ainda não tinha sido relatada pela literatura anterior, tanto quanto foi possível pesquisar, por conseguinte, espera-se que este estudo forneça novas contribuições à literatura existente sobre a adoção da Indústria 4.0.

### *6.1 Recomendações*

Com este estudo, procurou-se acrescentar conhecimento sobre o relacionamento entre o perfil do gestor de topo e a intenção de adotar as tecnologias da I4.0. Identificou-se ainda, de forma pioneira, um modelo híbrido TOE-TAM, que uniu os vários fatores que abrangem aspetos sociais, ambientais e tecnológicos com a intenção de adotar as tecnologias de I4.0, utilizando o apoio da gestão de topo como moderador e as variáveis utilidade percebida e facilidade de uso percebida para desencadear a intenção de adoção.

A gestão de topo ajuda a mobilizar os recursos necessários para a implantação de novas tecnologias nas empresas. A literatura existente mostra que o apoio da gestão de topo é fundamental na aceitação de novas tecnologias e durante a fase inicial de implementação da I4.0, as empresas requerem investimentos a diferentes níveis, que podem ser possibilitados pela gestão de topo (Raj & Jeyaraj, 2022). Assim, pode-se concluir que, questões relacionadas com o apoio à gestão podem ser conduzidas para orientar o desenvolvimento de estratégias futuras para facilitar a aceitação da tecnologia da I4.0 por parte das empresas. As variáveis endógenas vitais que têm impacto na intenção de adotar a I4.0 nas empresas são a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida (Davis, 1989). Os gestores das empresas devem ser francos para deixar claro a todos os interessados a utilidade das tecnologias da I4.0 nas empresas. Os criadores destas tecnologias devem estar atentos para que a sua utilização não seja complexa. A importância da utilidade desta adoção da tecnologia da I4.0 deve ser transmitida pelos gestores de topo das empresas, de modo que a sua aceitação por todas as partes interessadas não seja impedida (Fink et al., 2013).

Além disso, aparentemente, fez-se de forma primordial a *back translation* dos construtos do modelo TAM-TOE (Charterjee, 2021), para português, podendo ser utilizada por outros investigadores no futuro.

Os resultados obtidos disponibilizam evidências empíricas que contribuem para a literatura existente, e que podem também valorizar as práticas dos gestores. O estudo sugere que, a OEi, especificamente a aceitação de risco, a inovação e a proatividade, do gestor de topo, é um fator-chave de inovações organizacionais.

Os gestores de topo devem desempenhar um papel eficaz e pragmático para inspirar os funcionários e motivar o seu comportamento funcional, que assegurará um comportamento conducente a adoção de novas tecnologias.

Para finalizar, compreender a OEi a nível de gestor de topo pode ser uma perspetiva relevante para investidores emergentes que podem vir a considerar apoiar novos negócios destes gestores.

### *6.2 Limitações e Propostas para Futuras Investigações*

Como qualquer outro estudo, esta investigação não é isenta de limitações. Este estudo foi validado com base em 302 respostas, uma amostra de dimensão média, pelo que, uma eventual generalização dos resultados obtidos deve ser considerada com alguma prudência. O inquérito foi realizado em empresas selecionadas de Portugal, por conseguinte os resultados desta investigação devem ser testados no contexto de outros países. Além disso, esta investigação analisou os dados transversais recolhidos apenas num ponto no tempo, investigações futuras devem recolher dados longitudinais para observar como o modelo funciona, utilizando dados recolhidos das mesmas empresas após um certo período.

Aparentemente, o modelo apresentado neste estudo sugere que é muito importante a contribuição das empresas que fornecem as tecnologias da I4.0 à indústria, porque são as responsáveis por ajudar a reconhecer a sua utilidade, até mais do que a sua facilidade de utilização.

Este estudo não considerou as questões relacionadas com a vulnerabilidade de segurança e privacidade, que possam impedir a intenção da adoção da I4.0 pelas empresas. Este é um tema com óbvio interesse para investigação futura.

Este estudo utiliza um conjunto limitado de variáveis, uma investigação futura deverá validar os resultados do estudo noutros contextos.

Por fim, este estudo utilizou o quadro TOE para capturar os antecedentes da adoção da I4.0, investigações futuras podem incorporar outras perspetivas, tais como a visão baseada em recursos (VBR) e a teoria institucional, com o objetivo de adquirir conhecimento adicional ou oferecer diferentes explicações teóricas sobre a adoção de I4.0.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboelmaged, M. G. (2014). Predicting e-readiness at firm-level: An analysis of technological, organizational and environmental (TOE) effects on e-maintenance readiness in manufacturing firms. *International Journal of Human Resource Management*, 34(5), 639-651.
- Alheet, A. F., Adwan, A. A., Areiqat, A. Y., Zamil, A. M. A. & Saleh, M. A. (2021). The effect of leadership styles on employees' innovative work behavior. *Management Science Letters*, 11(2021), 239-246.
- Alshamaila, Y., Papagiannidis, S. & Li, F. (2013). Cloud computing adoption by SMEs in the northeast of England: A multi-perspective framework. *Journal of Enterprise Information Management*, 26(3), 250-275.
- Anderson, J., Lunkes, R. & Monteiro, J. (2020). Trabalho de Final de Curso “Efeitos da motivação intrínseca na relação entre os controlos informais e a satisfação no trabalho.”, Universidade Federal de Santa Catarina
- Antony, J., Sony, M., McDermott, O., Furterer, S. & Pepper, M. (2021). How does performance vary between early and late adopters of Industry 4.0? A qualitative viewpoint. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Awa, H. O., Nwibere, B. M. & Inyang, B. J. (2010). The uptake of electronic commerce by SMEs: A Meta theoretical framework expanding the determining constructs of TAM and TOE frameworks. *Journal of Global Business & Technology*, 6(1), 1-28.
- Bagozzi, R. P., Yi, Y. & Phillips, L. W. (1991). Assessing Construct Validity in Organizational Research. *Sage Publications, Inc.*, 36(3), 421-458.
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G. & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229(2020), 1-15.
- Baker, J. (2012). The technology–organization–environment framework. *Information Systems Theory*, 28(12), 231–245.
- Birkel, H. & Müller, J. M. (2021). Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple line of sustainability - A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 289(2021), 1-14.
- Boivie, S., Lange, D., McDonald, M. L. & Westphal, J. D. (2011). Me or We: The Effects of CEO Organizational Identification on Agency Costs. *Academy of Management Journal*, 54(3), 551–576.

- Bolton, D. L. & Lane, M. D. (2012). Individual entrepreneurial orientation: Development of a measurement instrument. *Education + Training*, 54(2/3), 219–233.
- Bonilla, S. H., Silva, H. R. O., Silva, M. T., Gonçalves, R. F. & Sacomano, J. B. (2018). Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges. *Sustainability*, 10(10), 1-24.
- Brislin, R. W. (1970). Back-translation for cross-cultural research. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 1(3), 185–216.
- Buccieri, D., Javalgi, R. G. & Cavusgil, E. (2020). International new venture performance: Role of international entrepreneurial culture, ambidextrous innovation, and dynamic marketing capabilities. *International Business Review*, 29(2), 1-14.
- Carmine, E. G. & Zeller, R. A. (1979). Reliability and Validity Assessment. Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Science, Series no. 07-017. Sage Publications, Beverly Hills, CA
- Çekmecelioğlu, H. G. & Özbağ, G. K. (2016). Leadership and Creativity: The Impact of Transformational Leadership on Individual Creativity. *Procedia - Social and Behavioral Science*, 235(2016), 243-249.
- Chatterjee, S., Rana, N. P., Dwivedi, Y. K. & Baaddullah, A. M. (2021). Understanding AI adoption in manufacturing and production firms using an integrated TAM-TOE model. *Technological Forecasting & Social Change*, 170(2021), 1-14.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Covin, J. G. & Slevin, D. P. (1989). Strategic management of small firms in hostile and benign environments. *Strategic Management Journal*, 10(1), 75-87.
- Covin, J. G., Rigtering, J. P. C., Hughes, M., Kraus, S., Cheng, C. F. & Bouncken, R. B. (2020). Individual and team entrepreneurial orientation: Scale development and configurations for success. *Journal of Business Research*, 112(2020), 1-12.
- Covin, J. G. & Wales, W. J. (2019). Crafting High-Impact Entrepreneurial Orientation Research: Some Suggested Guidelines. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 43(1), 3-18.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3) 319-340.
- Dijkstra, T. K & Henseler, J. (2015). Consistent and asymptotically normal PLS estimators for linear structural equations. *Computational Statistics & Data Analysis*, 81(2015), 10-23

- Duran, V. (2020). Dissertação de Mestrado “Orientação Empreendedora e Liderança Transformacional como Determinantes Individuais da Inovação Empresarial”, Instituto Superior de Economia e Gestão.
- Elenkov, D.S. & Manev, I. M. (2005). Top Management Leadership and Influence on Innovation: The Role of Sociocultural Context. *Journal of Management*, 31(3), 381-402.
- Esteronso, M., Larrea, M., Müller, J. M. & Sisti, E. (2021). A resource-based view on SMEs regarding the transition to more sophisticated stages of Industry 4.0. *European Management Journal*, 1-15.
- Expresso (2018). *Mulheres continuam longe do topo nas empresas cotadas em Bolsa*. Disponível em: <https://expresso.pt/economia/2018-03-08-Mulheres-continuam-longo-do-topo-nas-empresas-cotadas-em-Bolsa> [Acesso em 2022/10/08]
- Faria, B. (2019). Dissertação de Mestrado “Estudo do Impacto dos Apoios à Implementação da Indústria 4.0 em Portugal”, Faculdade de Economia da Universidade do Porto.
- Fink, J., Bauwens, V., Kaplan, F. & Dillenbourg, P. (2013). Living with a Vacuum Cleaning Robot. *International Journal of Social Robotics*, 5(2013), 389-408.
- Firk, S., Gehrke, Y., Hanelt, A. & Wolff, M. (2021). Top management team characteristics and digital innovation: Exploring digital knowledge and TMT interfaces. *Long Range Planning*, 55(3), 1-19.
- Fornell, C. & Larcker, D. F. (1981). Evaluating Structural Equations Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50.
- Fornell, C. & Bookstein, F. L. (1982). Two structural equation models: LISREL and PLS applied to consumer exit-voice theory. *Journal of Marketing Research*, 19(4), 440-452.
- Gabriel, M. & Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. *International Journal of Engineering*, 14(2), 131-136.
- Gangwar, H., Date, H. & Ramaswamy, R. (2015). Understanding determinants of cloud computing adoption using an integrated TAM-TOE model. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(1), 107-130.
- Geczy, P., Izumi, N. & Kôiti, H. (2012). Cloudsourcing: managing cloud adoption. *Global Journal of Business Research*, 6(2), 57-70.
- Geisser, S. (1974). A predictive approach to the random effect model. *Biometrika*, 61(1), 101–107.

- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252 (2020), 1-21.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: the Industrial Internet of Things*, 1ª Ed. Heidelberg: Springer.
- Greszki, R., Meyer, M. & Schoen, H. (2015). Exploring the effects of removing “too fast” responses and respondents from web surveys. *Public Opinion Quarterly*, 79(2), 471-503.
- Haans, R. F. J., Pieters, C. & Zi-Lin, H. (2016). Thinking about U: theorizing and testing U- and inverted U-shaped relationships in strategy research. *Strategic Management Journal*, 37(2016), 1177-1195.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados* (6a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M. & Sarstedt, M. (2017). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M. & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2-24.
- Hair, J. F., Howard, M. C. M. & Nitzl, C. (2020). Assessing measurement model quality in PLS-SEM using confirmatory composite analysis. *Journal of Business Research*, 109(2020), 101-110.
- Halabí, T., Esquivel, R. & Siles, B. (2017). Intrapreneurial competencies: development and validation of a measurement scale. *European Journal of Management and Business Economics*, 26(1), 86-111.
- Hambrick, D. C. & Mason, P. A. (1984). Upper Echelons: The Organization as a Reflection of Its Top Managers. *The Academy of Management Review*, 9(2), 193-206.
- Hamzeh, R., Zhong, R. & Xu, X. W. (2018). A Survey Study on Industry 4.0 for New Zealand Manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 26(2018), 49–57.
- Herlinawati, E., Suryana, Ahman, E. & Machmud, A. (2019). The effect of entrepreneurial orientation on SMEs business performance in Indonesia. *Journal of Entrepreneurship Education*, 22(5), 1-15.
- Horváth, D. & Szabó, R. Zs. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting & Social Change*, 146(2019), 119-132.

- Hossain, M. A. & Quaddus, M. (2011). The adoption and continued usage intention of RFID: an integrated framework. *Information Technology & People*, 24(3), 236-256.
- Hottenrott, H. & Lopes-Bento, C. (2016). R&D Partnerships and Innovation Performance: Can There Be too Much of a Good Thing? *Journal of Management Studies*, 33(6), 773-794.
- Hughes, M., Rigtering, J. P. C., Covin, J. G., Bounxcken, R. B. & Kraus, S. (2018). Innovative behaviour, trust and perceived workplace performance. *British Journal of Management*, 29(4), 750–768.
- Hulland, J. (1999). Use of Partial Least Squares (PLS) in Strategic Management Research: A review of four recent studies. *Strategic Management Journal*, 20(2), 195-204.
- Idris, A. (2015). Assessing a Theoretically-Derived E-Readiness Framework for E-Commerce in a Nigerian SME. *Evidence Based Information Journal*, 1(2014/15), 1-20.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A. & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101(2018), 107-119.
- Katebi, A., Homami, P. & Najmeddin, M. (2022). Acceptance model of precast concrete components in building construction based on Technology Acceptance Model (TAM) and Technology, Organization, and Environment (TOE) framework. *Journal of Building Engineering*, 45(2022), 1-17.
- Kruger, J. & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121-1134.
- Kumar, R., Singh, R. Kr. & Dwivedi, Y. Kr. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of Cleaner Production*, 275(2020), 1-13.
- Lee, Y., Kozar, K. A. & Larsen, K. R. T. (2003). The Technology Acceptance Model: Past, Present, and Future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(50), 752-781.
- Long, S. C., Wan Ismail, W. K. & Amin, S. M. (2013). The role of change agent as mediator in the relationship between HR competencies and organizational performance. *The International Journal of Human Resource Management*, 24(10), 2019-2033.

- Mark, R. (1996). *Research made simple: A handbook for social workers*. Thousand Oaks, Sage, p. 285.
- Masood, T. & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121(2020), 1-12.
- Müller, J. M., Buliga, O. & Voigt, K. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting & Social Change*, 132(2018), 2-17.
- Na, S., Heo, S., Han, S., Shin, Y. & Roh, Y. (2022). Acceptance Model of Artificial Intelligence (AI) - Based Technologies in Construction Firms: Applying the Technology Acceptance Model (TAM) in Combination with the Technology–Organization – Environment (TOE) Framework. *Buildings*, 12(90), 1-17.
- Nguyen, H. N. & Mohamed, S. (2011). Leadership behaviors, organizational culture and knowledge management practices: An empirical investigation. *Journal of Management Development*, 30(2), 206–221.
- Nunnally, J. L. (1978). *Psychometric Theory*, 2<sup>nd</sup> ed. New York, USA: McGraw-Hill.
- Oesterreich, T. D. & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitization and automation in the context of Industry 4.0: a triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83(2016), 121-139.
- Oláh, J., Aburumman, N., Popp, J., Khan, M. A., Haddad, H. & Kitukutha, N. (2020) Impact of industry 4.0 on environmental sustainability. *Sustainability*, 12(11), 1-21.
- Orzes, G., Rauch, E., Bednar, S. & Poklemba, R. (2018). *Industry 4.0 Implementation Barriers in Small and Medium Sized Enterprises: A Focus Group Study*. 2018 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Bangkok, Thailand, 1348-1352.
- Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Facchini, F. & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*, 113 (2019), 1-8.
- Parveen, F. & Sulaiman, A. (2008). Technology Complexity, Personal Innovativeness and Intention to Use Wireless Internet Using Mobile Devices in Malaysia. *International Review of Business Research Papers*, 4(5), 1-10.
- Peng, R., Xiong, L. & Yang, Z. (2012). Exploring tourist adoption of tourism mobile payment: An empirical analysis. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 7(1), 21-33.

- Pepper, A. & Gore, J. (2015). Behavioral Agency Theory: New Foundations for Theorizing About Executive Compensation. *Journal of Management*, 41(4), 1045–1068.
- Pett, M. A., Lackey, N. R. & Sullivan, J. J. (2003). Making Sense of Factor Analysis: The Use of Factor Analysis for Instrument development in health care research. *Sage Publications, Inc., Thousand Oaks*. p. 299 <http://dx.doi.org/10.4135/9781412984898>
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y. & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903.
- Porter, M.E. & Millar, V.E. (1985). How information gives you competitive advantage. *Harvard Business Review*, 63(4), 149-160.
- Pu, X., Chong, A. Y. L., Cai, Z., Lim, M. K. & Tan, K. H. (2019). Leveraging open-standard interorganizational information systems for process adaptability and alignment: An empirical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 962-992.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., Jabbour, A. & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224(2020), 1-17.
- Raj, A. & Jeyaraj, A. (2022). Antecedents and consequents of industry 4.0 adoption using technology, organization and environment (TOE) framework: A meta-analysis. *Annals of Operations Research*, 1-24.
- Ramdani, B., Kawalek, P. & Lorenzo, O. (2009). Predicting SMEs' adoption of enterprise systems. *Journal of Enterprise Information Management*, 22(1/2), 10-24.
- Rauch, A., Wiklund, J., Lumpkin, G.T. & Frese, M. (2009). Entrepreneurial orientation and business performance: An assessment of past research and suggestions for the future. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 33(3), 761-787.
- Rauch, E., Dallasega, P. & Unterhofer, M. (2019). Requirements and barriers for introducing smart manufacturing in small and medium-sized enterprises. *IEEE Engineering Management Review*, 47(3), 87-94.
- Ricci, R., Battaglia, D. & Neirotti, P. (2021). External knowledge search, opportunity recognition and industry 4.0 adoption in SMEs. *International Journal of Production Economics*, 240(2021), 1-18.
- Richter, N. F., Cepeda G. C., Roldán, J. L. & Ringle, C. M. (2016). European management research using partial least squares structural equation

- modeling (PLS-SEM): Editorial. *European Management Journal*, 34(6), 589-597.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 11(5), 77-90.
- Salwani, M. I., Marthandan, G., Norzaidi, M. D. & Chong, S. C. (2009). E-commerce usage and business performance in the Malaysian tourism sector: empirical analysis. *Information Management & Computer Security*, 17(2), 166-185.
- Saniuk, S., Caganova, D. & Saniuk, A. (2021). Knowledge and Skills of Industrial Employees and Managerial Staff for the Industry 4.0 Implementation. *Mobile Networks and Applications*, 1-11.
- Schillewaert, N., Ahearne, M. J., Frambach, R. T. & Moenaert, R. K. (2005). The adoption of information technology in the sales force. *Industrial Marketing Management*, 34(4), 323-336.
- Singh, S. K, Gupta, S., Busso, D. & Kamboj, S. (2021). Top management knowledge value, knowledge sharing practices, open innovation and organizational performance. *Journal of Business Research*, 128(2021), 788-798.
- Sonnenwald, D. H., Maglaughlin, K. L. & Whitton, M. C. (2001). *Using innovation diffusion theory to guide collaboration technology evaluation: work in progress*. 10th IEEE International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 114–119.
- Sony, M., Antony, J, McDermott, O. & Garza-Reyes, J. A. (2021). An empirical examination of benefits, challenges, and critical success factors of industry 4.0 in manufacturing and service sector. *Technology in Society*, 67(2021), 1-11.
- Stock, R., Groß, M. & Xin, K. R. (2019). Will Self-Love Take a Fall? Effects of Top Executives' Positive Self-Regard on Firm Innovativeness. *Journal of Product Innovation Management*, 36(1), 41–65.
- Stone, M. (1974). Cross-validators choice and assessment of statistical predictions. *Journal of the Royal Statistical Society*, 36(2), 111–147.
- Teo, T. (2011). Factors influencing teachers' intention to use technology: Model development and test. *Computers & Education*, 57(2011), 2432-2440.
- Vaccaro, I., Jansen, J., Bosch, F. & Volberda, H. (2012). Management Innovation and Leadership: The Moderating Role of Organizational Size. *Journal of Management Studies*, 49(1), 28–51.
- Waljee, J. F., Chung, K. C., Kim, H. M., Burns, P. B., Burke, F. D., Wilgis, S. E. F. & Fox, D. A. (2010). Validity and responsiveness of the Michigan hand

- questionnaire in patients with rheumatoid arthritis: A multicenter, international study. *Arthritis care & Research*, 62(11), 1569-1577.
- Wang, L., Ali, M., Kim, H. J., Lee, S. & Perlins, F. H. (2021). Individual entrepreneurial orientation, value congruence, and individual outcomes: Does the institutional entrepreneurial environment matter? *Business Strategy and the Environment*, 30(5), 2293-2312.
- Xue, J. & Swan, K. S. (2018). An investigation of the complementary effects of technology, market, and design capabilities on exploratory and exploitative innovations: Evidence from micro and small-sized tech enterprises in China. *Creativity and Innovation Management*, 29(S1), 27-50.
- Yang, Z., Sun, J., Zhang, Y. & Wang, Y. (2015). Understanding SaaS adoption from the perspective of organizational users: A tripod readiness model. *Computers in Human Behavior*, 45(2015), 254-264.
- Zhang, S. X., Miner, L. E., Boutros, C. L., Rogulja, D. & Crickmore, M. A. (2018). Motivation, perception, and chance converge to make a binary decision. *Neuron*, 99(2), 376-388.

## ANEXOS

### Anexo 1 - Modelo do questionário

Caro(a) Sr(a)

No âmbito das colaborações entre entidades do Sistema Científico e Tecnológico e o meio empresarial, propomos-lhe a participação no estudo "Inquérito | Perceções dos gestores de topo das PME portuguesas em relação à implementação de tecnologias digitais". Este estudo é fruto de uma colaboração entre a ANI e o Mestrado em Economia de Ciência Tecnologia e Inovação do ISEG, Universidade de Lisboa.

O questionário tem uma duração prevista de 9 minutos e é exclusivamente direcionado aos gestores de topo das PME portuguesas e acessível no seguinte link:

<https://agenciadeinovacao.limesurvey.net/158651?lang=pt>

Mais se informa que as suas respostas serão anónimas e confidenciais, não sendo possível a identificação das empresas/gestores. Este estudo tem orientação científica do Professor Doutor Ricardo Figueiredo Belchior (ISEG, Universidade de Lisboa).

Agradeço, desde já, a sua contribuição para o avanço do conhecimento nesta área através da sua disponibilidade e respostas.

Com os melhores cumprimentos,



**Patrícia Silva**

Incentivos Financeiros | Financial Incentives

E: [patricia.silva@ani.pt](mailto:patricia.silva@ani.pt) T: +351 210 103 032 M: +351 911 751 196

PORTO: Edifício Net, Rua de Salazar, 842 | 4149-002 Porto

LISBOA: Campus do Lumiar, Ed. O, 1.º, Estrada do Paço do Lumiar | 1649-038 Lisboa

CONTACTOS GERAIS: [info@ani.pt](mailto:info@ani.pt) [www.ani.pt](http://www.ani.pt) +351 214 232 100

ANTES DE IMPRIMIR, PENSE NO COMPROMISSO COM O MEIO AMBIENTE E NA REDUÇÃO DE CUSTOS. ESTA MENSAGEM E RESPETIVOS ANEXOS SÃO CONFIDENCIAIS E PARA USO EXCLUSIVO DO DESTINATÁRIO. A SUA DIVULGAÇÃO OU REPRODUÇÃO SÓ SERÃO PERMITIDAS COM A AUTORIZAÇÃO PRÉVIA E EXPRESSA DO REMETENTE. CASO ESTA MENSAGEM NÃO SEJA DIRIGIDA A SI, QUEIRA, POR FAVOR, ELIMINÁ-LA E INFORMAR O REMETENTE.  
BEFORE PRINTING PLEASE THINK ABOUT ENVIRONMENT IMPACTS AND COST REDUCTION. THE CONTENT OF THIS MESSAGE, INCLUDING ATTACHED FILES, IS CONFIDENTIAL AND FOR THE UNIQUE USE OF THE ADDRESSEE. THE RELEASE OR REPRODUCTION OF THIS E-MAIL AND OF ITS EVENTUAL ANNEXES CAN ONLY BE PERMITTED WITH THE SENDER'S PRIOR WRITTEN CONSENT. IF YOU HAVE UNDULY RECEIVED THIS MESSAGE, WE REQUEST YOU TO COMMUNICATE IT TO THE AUTHOR.

#### Bloco: Caracterização do Inquerido

Como se designa o cargo que ocupa na empresa? \_\_\_\_\_

Para além de gestor de topo da organização, sou também:

o Proprietário (ou um dos proprietários) da empresa

o Fundador/Cofundador

o Não Aplicável (não sou proprietário nem fui fundador da empresa)

o Outro (especificar) \_\_\_\_\_

Há quanto tempo é responsável pela gestão de topo desta empresa (anos)? \_\_\_\_\_

Indique por favor a sua idade (anos): \_\_\_\_\_

Indique por favor o seu género: o Masculino o Feminino

Indique as suas habilitações literárias:

o Ensino Básico Obrigatório

o Ensino Secundário

o Licenciatura/Bacharelado

o Pós-Graduação ou curso Especialização

o Mestrado

o Doutoramento

o Outro (especificar)

Indique a área ou áreas da sua formação académica: \_\_\_\_\_

Experiência profissional (anos): \_\_\_\_\_

**Bloco: A Indústria 4.0**

Nível de utilização das seguintes ferramentas da Indústria 4.0  
 Marcar tudo o que for aplicável.

	Não utilizado	Pouco utilizado	Utilizado	Muito utilizado	Não sabe responder
Impressão 3D	<input type="radio"/>				
Internet of Things (IoT)/Internet of Services (IoS)	<input type="radio"/>				
Robots Autónomos	<input type="radio"/>				
Realidade Aumentada	<input type="radio"/>				
Simulação Virtual	<input type="radio"/>				
Cloud Computing	<input type="radio"/>				
Big Data	<input type="radio"/>				
Integração Horizontal e Vertical dos sistemas	<input type="radio"/>				
Segurança Cibernética e Cyber Physical Systems	<input type="radio"/>				

Possíveis obstáculos à implementação da Indústria 4.0

Marcar tudo o que for aplicável.

	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Falta de conhecimento sobre o assunto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Custos de implementação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de qualificação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problemas na infraestrutura e incentivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de experiência no processo de transação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ausência de projeto piloto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de estratégia específica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de envolvimento da gestão de topo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Competência Organizacional**

	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Temos recursos tecnológicos suficientes para suportar qualquer eventualidade que possa surgir devido à integração das tecnologias de Indústria 4.0 no sistema já implementado.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ter recursos tecnológicos especializados na organização é importante para uma adoção suave das tecnologias da Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A nossa organização tem especialistas no domínio da Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organizações com mão-de-obra formada no domínio da Indústria 4.0 vão obter vantagens competitivas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Complexidade Organizacional</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Utilizar tecnologias da Indústria 4.0 proporciona mais flexibilidade do que utilizar os sistemas de fabrico e produção implementados anteriormente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para o fabrico e produção, as Tecnologias da Indústria 4.0 podem ser arriscadas, dado que a maioria dos processos são automatizados e dependentes de tecnologia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Integrar tecnologias da Indústria 4.0 com o sistema já implementado é uma tarefa difícil para a nossa organização.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A resistência à mudança é elevada, no que diz respeito à migração do sistema já implementado para um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Prontidão Organizacional</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Entendo com facilidade o procedimento tecnológico de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Na minha empresa, tenho todos os recursos necessários para aprender o sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temos diferentes formas de dar formação na nossa organização (e.g., virtual, pessoalmente, etc.).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Para mim, é fácil aprender tecnologias da Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Compatibilidade Organizacional</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Temos um bom plano para integrar as tecnologias da Indústria 4.0 no sistema já existente na nossa organização.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O nosso parceiro ajuda-nos na integração das tecnologias da Indústria 4.0 no sistema existente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As tecnologias da Indústria 4.0 são compatíveis com o sistema de fabrico e produção já existente na nossa organização.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A customização é mais fácil no contexto de sistemas de fabrico e produção baseados na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Vantagem Competitiva</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Estou ciente que alguns dos nossos concorrentes estão a implementar um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compreendo que a minha empresa terá uma vantagem competitiva ao usar um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acredito que um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0 é necessário para sustentar e manter a nossa indústria.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estou ciente que várias empresas se estão a direccionar no sentido da adoção de sistemas de fabrico e produção baseados na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Suporte de Parceiros</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Acredito que o apoio de parceiros é essencial durante o processo de migração de um sistema anteriormente implementado para um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Um excelente apoio por parte de parceiros torna mais fácil a adoção de novos sistemas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O apoio de parceiros é essencial para resolver rapidamente qualquer problema técnico.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acredito que o apoio de parceiros é eficaz em termos de custos para a nossa organização.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Perceção de Utilidade</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Eu concordo que usar um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0 torna a nossa empresa mais eficiente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu acredito que o uso de um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0 aumenta a produtividade na nossa organização.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu consigo cumprir tarefas mais rapidamente ao utilizar um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas baseados na Indústria 4.0 reduzem os custos de produção.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Perceção de facilidade de utilização</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Entendo com facilidade o processo de utilização dum sistema baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A nossa empresa tem facilidade em operar um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vou ser capaz de utilizar um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0, na nossa empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu concordo que todos os empregados em questão conseguem aprender a utilizar tecnologias baseadas na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<b>Intenção de adotar a Indústria 4.0</b>					
	Discordo fortemente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo fortemente
Eu penso que um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0 é vantajoso para a nossa empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu sou a favor de um sistema de fabrico e produção baseado na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu gostaria de utilizar todo o potencial das tecnologias baseadas na Indústria 4.0.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Em geral, penso que a utilização das tecnologias baseadas na Indústria 4.0 vão melhorar a produtividade da nossa empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bloco: Questões sobre Orientação Empreendedora Individual (OEI)**

Indique, por favor, o seu grau de concordância com cada uma das seguintes afirmações:  
1=Discordo totalmente, 2= Discordo parcialmente, 3=Nem concordo nem discordo, 4=Concordo parcialmente, 5=Concordo totalmente.

	1	2	3	4	5
Gosto de agir com ousadia, aventurando-me no desconhecido.	<input type="radio"/>				
Estou disposto(a) a investir muito tempo e/ou dinheiro em algo que possa produzir um elevado retorno.	<input type="radio"/>				
Tenho tendência a agir com ousadia em situações que envolvem risco.	<input type="radio"/>				
Frequentemente gosto de experimentar atividades novas e pouco usuais que, apesar de não serem típicas, não são necessariamente arriscadas.	<input type="radio"/>				
Em geral, prefiro um forte ênfase em projetos baseados em abordagens únicas e exclusivas, do que visitar abordagens testadas e validadas e já utilizadas anteriormente.	<input type="radio"/>				
Ao aprender coisas novas, prefiro tentar fazê-lo de forma única e à minha maneira do que fazê-lo como todos os outros.	<input type="radio"/>				
Prefiro a experimentação e abordagens originais para a resolução de problemas, em vez de aplicar os métodos geralmente usados por outros para resolver os seus problemas.	<input type="radio"/>				
Costumo agir por antecipação aos futuros problemas, necessidades ou mudanças.	<input type="radio"/>				
Em projetos, tenho tendência a planear antecipadamente.	<input type="radio"/>				
Em projetos, prefiro "dar um passo em frente" e fazer as coisas avançar, do que ficar sentado(a) a esperar que outro o faça.	<input type="radio"/>				

**Bloco: Caracterização da Empresa**

Qual o número médio de funcionários que a sua empresa empregava no final do ano de 2021?

- $\leq 10$  funcionários
- $> 10$  e  $\leq 50$  funcionários
- $> 50$  e  $\leq 250$  funcionários
- $> 250$  funcionários

Qual o principal setor de atividade onde opera a sua organização?

- Aeroespacial e defesa
- Automóvel
- Engenharia e construção
- Farmacêutica
- Floresta, Papel e Embalagens
- Metais
- Produtos industriais
- Power & Utilities*
- Química
- retalho e Consumo
- Saúde
- Transportes e logística
- Outro (especificar) \_\_\_\_\_

Qual o valor aproximado de volume de negócios da sua empresa em 2021?

- $< 2$  milhões de euros
- $\geq 2$  milhões e  $< 10$  milhões de euros
- $\geq 10$  milhões de euros e  $< 50$  milhões de euros
- $\geq 50$  milhões de euros

**Anexo 2 - Teste de fator único Harman (CMV)**

Fator	Autovalores iniciais			Carregamentos ao quadrado		
	Total	% de Variância	% Cumulativa	Total	% de Variância	% cumulativa
1	9,241	29,809	29,809	8,689	28,029	28,029
2	2,990	9,644	39,454			
3	2,702	8,715	48,168			
4	1,756	5,665	53,833			
5	1,538	4,960	58,793			
6	1,409	4,544	63,337			
7	1,215	3,921	67,257			
8	1,004	3,238	70,495			
9	0,954	3,076	73,571			
10	0,739	2,384	75,955			
11	0,689	2,224	78,179			
12	0,674	2,176	80,355			
13	0,600	1,937	82,292			
14	0,529	1,708	83,999			
15	0,496	1,601	85,600			
16	0,476	1,534	87,135			
17	0,445	1,435	88,569			
18	0,424	1,369	89,938			
19	0,392	1,264	91,203			
20	0,359	1,159	92,362			
21	0,337	1,088	93,450			
22	0,308	0,993	94,443			
23	0,293	0,946	95,389			
24	0,248	0,800	96,189			
25	0,241	0,779	96,968			
26	0,214	0,691	97,659			
27	0,179	0,577	98,236			
28	0,172	0,556	98,792			
29	0,141	0,453	99,245			
30	0,134	0,432	99,678			
31	0,100	0,322	100,000			

Método de extração: factoração do eixo principal.

Fonte: Elaboração Própria

**Anexo 3 - Experiência Profissional e Experiência com Gestor de Topo**

	Exp. Profissional		Exp. Gestão	
	Total	% Total	Total	% Total
Até 10 anos	28	9,3%	185	61,3%
Entre 11 a 20 anos	97	32,1%	81	26,8%
Entre 21 a 30 anos	113	37,4%	28	9,3%
Entre 31 a 40 anos	54	17,9%	8	2,6%
Acima de 40 anos	10	3,3%	0	0,0%
Totais	302	100,0%	302	100,0%

Fonte: Elaboração Própria

**Anexo 4 - Habilitações Literárias**

	Total	% Total
Ensino Básico obrigatório	5	1,7%
Ensino secundário	25	8,3%
Licenciatura	101	33,4%
Pos-Graduação	46	15,2%
Mestre	84	27,8%
Doutoramento	41	13,6%
<b>Totais</b>	<b>302</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Elaboração Própria

**Anexo 5 - Setor de Atividade**

	Total	% Total
Aeroespacial e defesa	7	2,3%
Automóvel	23	7,6%
Engenharia e construção	43	14,2%
Farmacêutica	2	0,7%
O Floresta, Papel e Embalagens	3	1,0%
O Metais	11	3,6%
<i>Power &amp; Utilities</i>	5	1,7%
Produtos industriais	36	11,9%
Química	6	2,0%
Retalho e Consumo	13	4,3%
Saúde	22	7,3%
Transportes e logística	5	1,7%
Agricultura	10	3,3%
Consultoria	11	3,6%
TIC	32	10,6%
Têxtil	5	1,7%
Outros	68	22,5%
<b>Totais</b>	<b>302</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Elaboração Própria

Anexo 6 - Loadings fatoriais

	COM	COO	CXO	EOi	FUP	IAI	Obst_Custos	Obst_Estratégia	Obst_Knowledge	PRO	SUP	UP	VCO
C1							0.939						
C2							0.697						
CMO1		0.773											
CMO2		0.609											
CMO3		0.847											
CMO4		0.616											
COO1	0.849												
COO2	0.626												
COO3	0.849												
COO4	0.677												
CXO1			0.781										
CXO2			0.363										
CXO3			0.547										
CXO4			0.376										
EOi_Inov.				0.661									
EOi_Proat.				0.923									
EOi_Risco				0.682									
IAI4.0-1						0.926							
IAI4.0-2						0.874							
IAI4.0-3						0.872							
IAI4.0-4						0.913							
KL1								0.878					
KL2								0.822					
KL3								0.838					
PFU1					0.803								
PFU2					0.880								
PFU3					0.883								
PFU4					0.744								
PRO1									0.877				
PRO2									0.778				
PRO4									0.835				
PU1												0.911	
PU2												0.922	
PU3												0.894	
PU4												0.814	
S1								0.775					
S2								0.920					
S3								0.792					
SUP1										0.904			
SUP2										0.918			
SUP3										0.875			
SUP4										0.742			
VCO1													0.716
VCO2													0.823
VCO3													0.854
VCO4													0.804

Fonte: Elaboração Própria

**Anexo 7 - VIF (Variance Inflation Factor) para os indicadores**

<b>Indicador</b>	<b>VIF</b>	<b>Indicador</b>	<b>VIF</b>
C1	1.198	KL1	1.715
C2	1.198	KL2	1.879
CMO1	1.539	KL3	1.699
CMO2	1.311	Nº Empregados	1.000
CMO3	1.565	PFU1	1.720
CMO4	1.221	PFU2	2.518
COO1	1.784	PFU3	2.537
COO2	1.349	PFU4	1.567
COO3	1.790	PRO1	1.868
COO4	1.279	PRO2	1.423
CXO1	1.009	PRO4	1.725
CXO2	1.129	PU1	4.184
CXO3	1.282	PU2	4.489
CXO4	1.234	PU3	2.864
EOi_Inov.	1.501	PU4	1.997
EOi_Proat.	1.282	S1	1.435
EOi_Risco	1.452	S2	2.003
EXP_GT	1.000	S3	1.783
EducLevel	1.000	SUP1	3.228
Exp_Anos	1.000	SUP2	3.656
F.I40	1.000	SUP3	2.711
Género	1.000	SUP4	1.529
IAI4.0-1	3.933	VCO1	1.480
IAI4.0-2	2.572	VCO2	1.839
IAI4.0-3	2.713	VCO3	1.954
IAI4.0-4	3.686	VCO4	1.704
Idade	1.000	VN	1.000

Fonte: Elaboração própria

**Anexo 8 - Fiabilidade e Validade Convergente**

	<b>Cronbach's alpha</b>	<b>Composite reliability (CR)</b>	<b>Average variance extracted (AVE)</b>
<b>Compatibilidade Organizacional</b>	0.750	0.841	0.573
<b>Competência Organizacional</b>	0.695	0.807	0.516
<b>Facilidade de Uso Percebida</b>	0.848	0.898	0.688
<b>Intenção Adotar I4.0</b>	0.918	0.942	0.804
<b>Obstáculos_Custos</b>	0.578	0.809	0.683
<b>Obstáculos_Estratégia</b>	0.782	0.870	0.692
<b>Obstáculo_Conhecimento</b>	0.807	0.884	0.717
<b>Prontidão Organizacional</b>	0.776	0.870	0.691
<b>Suporte de Parceiros</b>	0.883	0.920	0.743
<b>Utilidade Percebida</b>	0.908	0.936	0.786
<b>Vantagem Competitiva</b>	0.813	0.877	0.641

Fonte: Elaboração própria

**Anexo 9 - Validade Discriminante – HTMT**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>1. COM</b>																			
<b>2. COO</b>	0.653																		
<b>3. EXP_GT</b>	0.070	0.105																	
<b>4. EducLevel</b>	0.054	0.117	0.288																
<b>5. Exp_Anos</b>	0.087	0.070	0.548	0.308															
<b>6. FUP</b>	0.857	0.612	0.048	0.024	0.011														
<b>7. Ferramentas - I40</b>	0.545	0.530	0.004	0.047	0.023	0.555													
<b>8. Género</b>	0.149	0.172	0.116	0.081	0.115	0.132	0.189												
<b>9. Idade</b>	0.062	0.082	0.521	0.268	0.890	0.034	0.005	0.130											
<b>10. IntençãoAdotar I4.0</b>	0.663	0.437	0.126	0.035	0.032	0.727	0.352	0.062	0.063										
<b>11. N°_Empregados</b>	0.080	0.095	0.159	0.246	0.069	0.056	0.100	0.038	0.036	0.062									
<b>12. Obst_Custos</b>	0.124	0.223	0.205	0.128	0.201	0.069	0.044	0.253	0.166	0.193	0.020								
<b>13. Obst_Estratégia</b>	0.253	0.166	0.071	0.058	0.039	0.176	0.148	0.124	0.061	0.102	0.010	0.452							
<b>14. Obst_Knowledge</b>	0.231	0.278	0.053	0.060	0.038	0.281	0.230	0.168	0.032	0.080	0.026	0.551	0.875						
<b>15. PRO</b>	0.782	0.724	0.114	0.130	0.100	0.860	0.484	0.212	0.108	0.475	0.072	0.153	0.268	0.362					
<b>16. SUP</b>	0.248	0.223	0.056	0.145	0.075	0.186	0.080	0.049	0.043	0.353	0.117	0.174	0.080	0.095	0.151				
<b>17. PU</b>	0.602	0.341	0.098	0.023	0.021	0.623	0.270	0.030	0.012	0.776	0.113	0.167	0.094	0.056	0.380	0.355			
<b>18 VCO</b>	0.679	0.433	0.097	0.061	0.042	0.659	0.358	0.032	0.030	0.771	0.089	0.309	0.069	0.107	0.406	0.268	0.759		
<b>19. VN</b>	0.123	0.094	0.107	0.235	0.067	0.064	0.092	0.003	0.024	0.079	0.797	0.031	0.076	0.021	0.077	0.158	0.149	0.061	

Fonte: Elaboração própria

**Anexo10 - Validação do Constructo de Ordem Superior para a OEi**

HOC	LOCs	VIF	Outer Weights	T Statistics	P Values	Outer Loadings
	Inovação	1.501	0.198	1.565	0.118	0.661
<b>Eoi</b>	Proactivida	1.282	0.724	6.913	0.000	0.923
	Risco	1.452	0.294	2.144	0.032	0.682

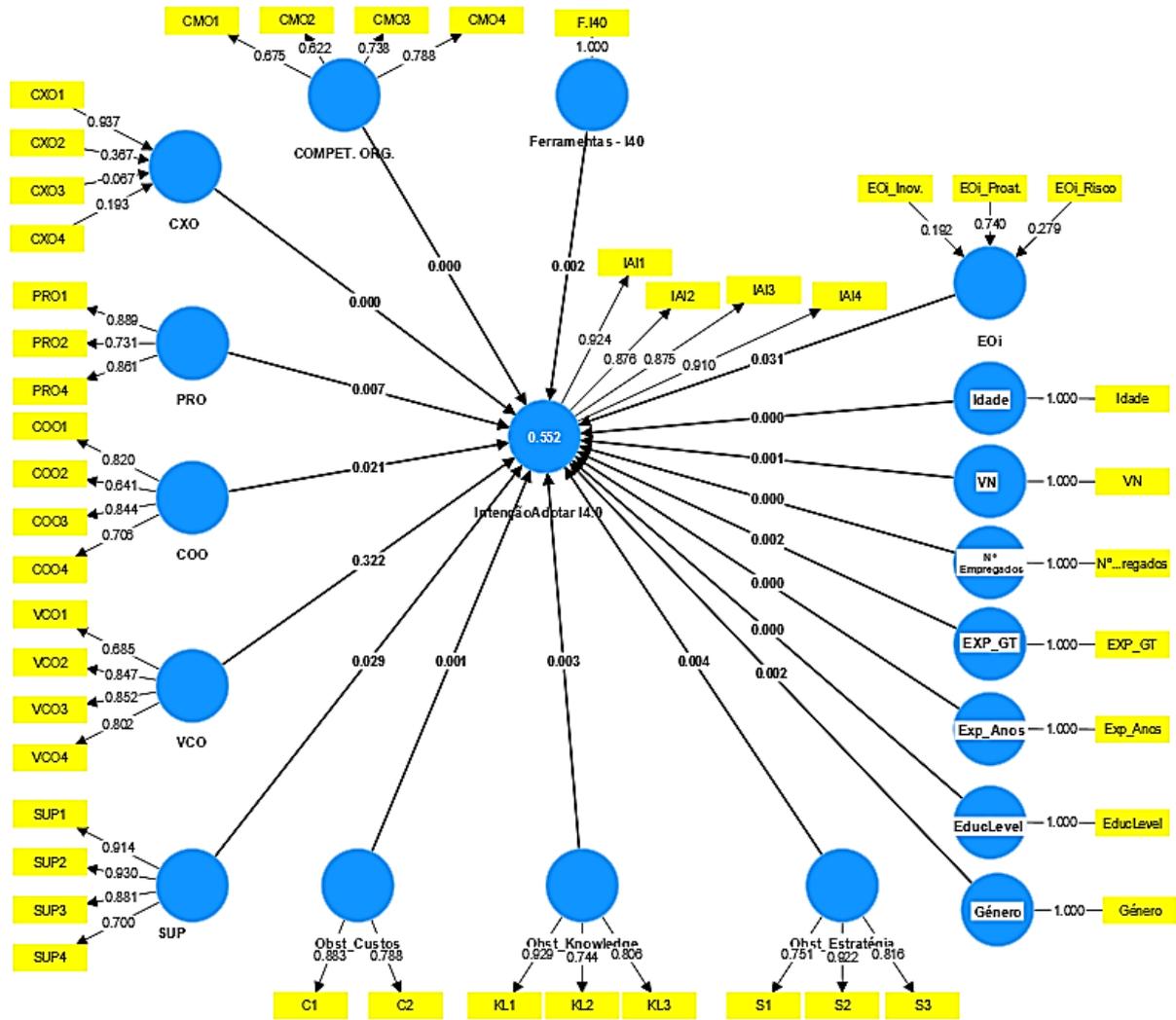
Fonte: Elaboração própria

**Anexo 11 - Variância Explicada**

	R-square	R-square adjusted	Q²
<b>Facilidade de Uso Percebida</b>	0.693	0.675	0.630
<b>Intenção Adotar I4.0</b>	0.611	0.607	0.473
<b>Utilidade Percebida</b>	0.555	0.525	0.439

Fonte: Elaboração própria

Anexo 12 - Modelo 2: Sem TAM



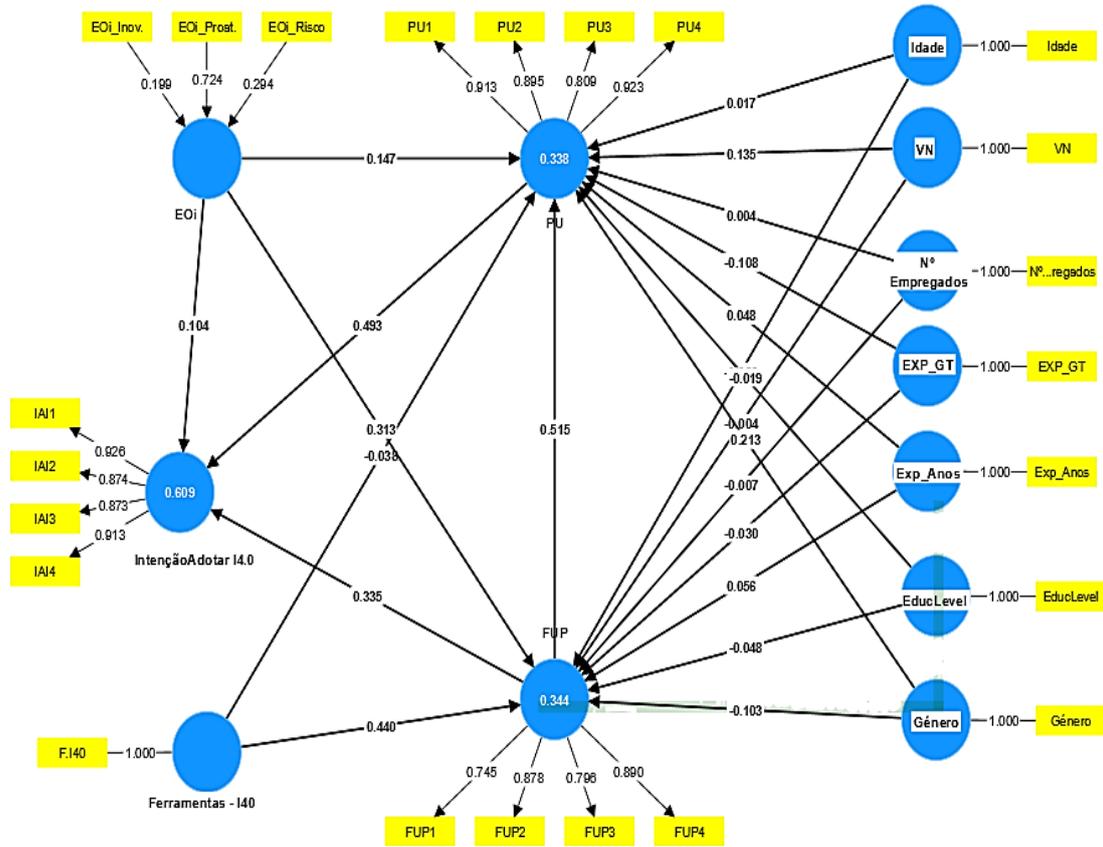
Fonte: Modelo extraído do software SmartPLS. [Legenda: Os valores nas setas pretas que ligam os indicadores (retângulos amarelos) às variáveis latentes (círculos azuis) correspondem aos *loadings* fatoriais. Os valores no interior dos círculos azuis representam o R<sup>2</sup> ajustado]

Anexo 13 - Modelo 2: Sem TAM

	R-square adjusted Itenção Adotar I4.0	
	Valor	Δ
<b>Modelo Proposto - 1</b>	0,607	9,96%
<b>Modelo 2 (sem TAM)</b>	0,552	

Fonte: Elaboração própria

Anexo 14 - Modelo 3: Sem TOE



Fonte: Modelo extraído do software SmartPLS. [Legenda: Os valores nas setas pretas que ligam os indicadores (retângulos amarelos) às variáveis latentes (círculos azuis) correspondem aos *loadings* fatoriais. Os valores no interior dos círculos azuis representam o R<sup>2</sup> ajustado]

Anexo 15 - Modelo 3: Sem TOE

	R-square adjusted PU		R-square adjusted FUP	
	Valor	Δ	Valor	Δ
<b>Modelo Proposto - 1</b>	0,525	55,33%	0,675	87,47%
<b>Modelo 3 (sem TOE)</b>	0,338		0,344	

Fonte: Elaboração própria