



# **Impacto do Investimento em Investigação e Desenvolvimento no Desempenho das Empresas em Portugal**

Mestrado em Empreendedorismo e Inovação

Telmo Emanuel Pedro Neves

Leiria, março de 2025



# **Impacto do Investimento em Investigação e Desenvolvimento no Desempenho das Empresas em Portugal**

Mestrado em Empreendedorismo e Inovação

Telmo Emanuel Pedro Neves

Dissertação realizada sob a orientação do Professor Doutor João Neves de Carvalho Santos e do Professor Doutor Nuno Manuel Rosa dos Reis.

Leiria, março de 2025

# **Originalidade e Direitos de Autor**

A presente dissertação é original, elaborada unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Empreendedorismo e Inovação, no ano letivo 2024/2025, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos orientadores, Doutor João Neves de Carvalho Santos e Doutor Nuno Manuel Rosa dos Reis, pela disponibilidade que tiveram desde o primeiro momento, pela contribuição ativa e efetiva na orientação desta dissertação, pela motivação e pelas várias horas que dedicaram. Foram parte fundamental neste trabalho.

Agradeço também à minha família e amigos que, das mais variadas formas, me ajudaram ao longo do tempo e me incentivaram a cumprir este objetivo.

Não poderia deixar de agradecer também, aos colegas de trabalho e chefia, que permitiram que tivesse todas as condições necessários para a conclusão deste ciclo de estudos.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos os professores e colegas de estudo, com os quais tive oportunidade de cruzar neste percurso.

A todos o meu muito obrigado.

# Resumo

O investimento em investigação e desenvolvimento (I&D), é um dos motores para a criação de conhecimento e para o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços, com vista ao desenvolvimento empresarial, económico e social. O desempenho das empresas é um indicador capaz de refletir a saúde de uma empresa e dos seus respetivos negócios. A relação entre o investimento em investigação e desenvolvimento e o desempenho das empresas, é um tema referido em vários estudos, que apresentam resultados por vezes dispare, porque são influenciados por vários fatores, sejam eles internos ou externos às empresas. Por isso, este estudo foi feito para compreender impacto do investimento em investigação e desenvolvimento no desempenho das empresas em Portugal, recorrendo a dados de empresas portuguesas. O principal objetivo foi analisar quais as consequências na rentabilidade, através do indicador retorno sobre os ativos, quando as empresas investem em investigação e desenvolvimento. Os resultados do estudo indicam que, existe um impacto positivo do investimento em investigação e desenvolvimento no retorno sobre os ativos das empresas portuguesas, numa análise em que não são diferenciados setores de atividade. Numa análise mais detalhada, onde as empresas são segmentadas por tamanho, os resultados variam entre elas.

**Palavras-chave:** Empresa, Endividamento, Investigação e Desenvolvimento, Rentabilidade, Tamanho, Solvência

# Abstract

Investment in research and development (R&D) is one of the main drivers for the creation of knowledge and the development of new products, processes, and services, aiming at business, economic, and social progress. Business performance is an indicator capable of reflecting a company's overall health and that of its operations. The relationship between investment in research and development and business performance is a topic explored in several studies, with results influenced by a variety of factors, both internal and external to the companies. Therefore, this study was conducted to understand the impact of investment in research and development on the performance of companies in Portugal, using data from Portuguese firms. The main objective was to analyse the consequences on profitability, through the return on assets indicator, when companies invest in research and development. The findings of this study indicate that there is a positive impact of research and development investment on the return on assets of Portuguese companies, in an analysis that does not differentiate between industry sectors. In a more detailed analysis, where companies are segmented by size, the results vary among them.

**Keywords:** Company, Debt, Profitability, Research and Development, Size, Solvency

# Índice

<b>Originalidade e Direitos de Autor .....</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iv</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de tabelas .....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de siglas e acrónimos.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisão de literatura .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Investigação e desenvolvimento.....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Critérios para uma atividade ser considerada investigação e desenvolvimento	3
2.1.2. Os tipos de investigação e desenvolvimento .....	4
<b>2.2. Desempenho empresarial, o que é e como medir .....</b>	<b>4</b>
2.2.1. Indicadores.....	4
2.2.2. Importância e aplicação dos indicadores .....	7
<b>2.3. Impacto de I&amp;D nas empresas .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. Identificação da lacuna e questão de investigação.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Modelo conceptual.....</b>	<b>15</b>
<b>4. Método .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Amostra e recolha de dados.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2. Variáveis.....</b>	<b>17</b>
4.2.1. Variável dependente .....	17
4.2.2. Variável independente .....	17
4.2.3. Variáveis moderadoras .....	18

4.2.4. Variáveis de controlo .....	18
<b>4.3. Procedimento .....</b>	<b>19</b>
<b>5. Resultados .....</b>	<b>21</b>
5.1. Estatísticas descritivas .....	21
5.2. Análise de correlações .....	22
5.3. Teste de hipóteses .....	24
<b>6. Discussão .....</b>	<b>26</b>
6.1. Contribuições para a prática.....	27
6.2. Limitações do trabalho .....	28
6.3. Investigações futuras.....	29
<b>7. Conclusões.....</b>	<b>30</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>31</b>

# Lista de figuras

Figura 1 - Modelo conceptual.....	16
-----------------------------------	----

# Lista de tabelas

Tabela 1 - Indicadores de gestão .....	7
Tabela 2 - Variáveis .....	19
Tabela 3 - Estatísticas descritivas .....	21
Tabela 4 - Correlações .....	23
Tabela 5 - Regressão linear .....	25

## Lista de siglas e acrónimos

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ARR	<i>Annual Recurring Revenue</i>
BM	<i>Business Model</i>
BPM	<i>Business Performance Measurement Systems</i>
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
CAE	Classificação Portuguesa das Actividades Económicas
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DMU	<i>Decision Making Unit</i>
EBIT	<i>Earnings Before Interest and Taxes</i>
EBITDA	<i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization</i>
ECSI	<i>European Customer Satisfaction Index</i>
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
IFRS	<i>International Financial Reporting Standards</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
I&D	Investigação e Desenvolvimento
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
NPS	<i>Net Promoter Score</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
PMS-BP	<i>Performance Measurement Systems for Business Processes</i>
P/BV	<i>Price-to-Book Value</i>
ROA	<i>Return on Assets</i>
ROE	<i>Return on Equity</i>
ROI	<i>Return on Investment</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
TFP	<i>Total Factor Productivity</i>

US GAAP	<i>United States Generally Accepted Accounting Principles</i>
VC	Variável de Controlo
VD	Variável Dependente
VI	Variável Independente
VIF	<i>Variance Inflation Factors</i>
VM	Varirável Moderadora
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital</i>

# 1. Introdução

Sendo o investimento em investigação e desenvolvimento (I&D), um dos motores para a criação de conhecimento e para o desenvolvimento de novos produtos (OECD, 2015) e a Rentabilidade, um indicador de desempenho, capaz de refletir a saúde de uma empresa e dos seus respetivos negócios, é importante perceber e explicar como é que estes fatores se relacionam.

Apesar de existir evidência que o investimento em I&D tem efeitos positivos, no desempenho das empresas, especialmente a longo prazo (Huergo & Moreno, 2011; Carboni & Medda, 2021) e que empresas europeias que investem consistentemente, possuem maior probabilidade de crescimento (Huergo et al., 2016) e produtividade (Sterlacchini & Venturini, 2014), os estudos são realizados pontualmente em diferentes países da Europa e do Mundo.

Existem também estudos que evidenciam os benefícios de investir em I&D para empresas que atuam em áreas específicas, como a defesa (Callado-Muñoz et al., 2023) ou o I&D (Flores-Ureba et al., 2024), mas é importante perceber se esse efeito se verifica quando se analisa o mercado português na sua generalidade.

Portugal e Espanha, países com economias mais fracas e compostos maioritariamente por pequenas e médias empresas, são mais sensíveis aos efeitos de crises económicas e outras adversidades (Armand & Mendi, 2018). Além disso fatores regionais, como a economia e o tipo/existência de ecossistemas de inovação, influenciam a resiliência das empresas em manter atividades de I&D (Cruz-Castro et al., 2018), o que faz com que seja imprudente assumir resultados equivalentes aos de estudos efetuados noutros países. Por esse motivo esta dissertação vem responder à lacuna de informação sobre o impacto do investimento em I&D no desempenho das empresas portuguesas.

Embora os vários estudos analisados apontem para que as empresas que investem em I&D apresentam melhor desempenho, comparativamente com empresas que não o fazem, estes foram realizados pontualmente em diferentes países da Europa e do Mundo, com diferentes questões de investigação, amostras e períodos.

Para realização desta dissertação, foram utilizados dados de 2941 empresas portuguesas, retirados da base de dados SABI, referentes ao ano de 2023, onde são consideradas empresas

de todos os setores de atividade. Foram selecionadas todas as empresas com dados completos de 2022 e 2023, nas quais se verificaram investimento contínuo durante os anos 2020 a 2023. Os dados foram analisados recorrendo a estatísticas descritivas, correlações e regressão linear, com vista à obtenção dos resultados.

Os resultados confirmam a hipótese 1, embora com significância marginal, ou seja, o investimento em I&D tem um impacto positivo retorno sobre ativos (ROA) das empresas portuguesas. Numa análise mais detalhada, onde as empresas são segmentadas por tamanho, os resultados indicam que existe impacto positivo com significância para microempresas e com menor significância para grandes empresas. Verificou-se também que o rácio de solvência tem um impacto positivo e significativo no retorno sobre os ativos, para todos os modelos, exceto para grandes empresas.

O estudo contribui com uma abordagem transversal ao mercado português, analisando empresas de todo o território nacional, independentemente do setor de atividade e com isso reduzir os efeitos de contexto e de setor de atividade (Cruz-Castro et al., 2018). Desta forma é possível tirar conclusões dos resultados esperados no ROA em empresas portuguesas, aquando do investimento em I&D.

Para micro e grandes empresas o investimento em I&D tem um efeito positivo mesmo que pequeno, o que faz com que seja benéfico para as empresas investir em I&D, apesar do potencial do investimento ter resultados mais significativos a longo prazo (Huergo & Moreno, 2011). Esta dissertação traz também evidência que os resultados do investimento em I&D são se verificam iguais para todos os tamanhos de empresa, nem existe relação direta entre esses fatores.

Esta dissertação divide-se em sete capítulos. No primeiro capítulo é apresentada uma breve contextualização do estudo, seguindo-se do quarto capítulo, onde é feita a revisão da literatura, sobre os temas basilares desta dissertação e onde é identificada a lacuna de investigação. No terceiro capítulo encontra-se o modelo conceptual com a redação as respetivas hipóteses. No quarto capítulo é explicado o método utilizado seguindo-se dos resultados no capítulo cinco. No capítulo seis é apresentada a discussão dos resultados e termina no capítulo sete com as conclusões da dissertação.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Investigação e desenvolvimento

A investigação e desenvolvimento (I&D) define-se, pelo trabalho criativo e sistemático, realizado para aumentar o conhecimento, permitindo conceber novas aplicações do conhecimento disponível (OECD, 2015).

#### 2.1.1. Critérios para uma atividade ser considerada investigação e desenvolvimento

O manual Frascati da OECD (2015) determina, que para uma atividade se considere I&D, deve cumprir cinco critérios fundamentais, que são a novidade, criatividade, incerteza, sistematicidade e reprodutibilidade.

Novidade significa a procura por novos conhecimentos, em determinada área ou descoberta de novos completamente originais. Nunca copiado ou imitado, algo completamente novo, que pode ser um conceito, processo ou produto.

Criatividade para propor melhorias inovadoras ou novos conceitos. Não se trata de fazer alterações ao que é conhecido, mas sim criar métodos originais, para realizar tarefas comuns ou resolver problemas.

Incerteza se os objetivos serão atingidos e se os prazos serão cumpridos. Projetos que exploram hipóteses desconhecidas ou protótipos de alto risco, são difíceis de planear. Os resultados podem não ser os esperados e as hipóteses formuladas, podem não ser confirmadas.

Sistematicidade na condução da I&D, de maneira organizada, com objetivos claros, financiamento específico e processos documentados. Essa abordagem sistemática, procura sempre a objetividade e a imparcialidade na análise dos resultados.

Reprodutibilidade permite demonstrar os resultados, obtidos ao longo do processo, reproduzindo as observações realizadas durante o trabalho. Este critério garante que as conclusões são bem fundamentadas e provadas por pessoas distintas.

### **2.1.2. Os tipos de investigação e desenvolvimento**

Segundo a OECD (2015), são identificados três tipos de I&D, que são a investigação básica, investigação aplicada e o desenvolvimento experimental.

Investigação básica resume-se, à criação de conhecimento, sem que tenha um objetivo concreto ou uma aplicação prática imediata.

É investigação aplicada, quando existe um objetivo e aplicação específica para a sua realização.

Desenvolvimento experimental acontece, quando se aplica conhecimentos existentes, de formas alternativas, para criar ou melhorar, produtos ou processos existentes.

Adicionalmente, existe bibliografia que classifica o I&D, também em função do financiamento, se é privado ou público, da localização e da execução se é interna ou externa à organização. (Solomon, 2021)

## **2.2. Desempenho empresarial, o que é e como medir**

No contexto empresarial, uma avaliação precisa e adequada do desempenho, é fundamental para determinar o sucesso ou o fracasso de um negócio (Tseng et al., 2009).

O desempenho é afetado por diversos fatores, tanto internos como externos à empresa (Benito-Hernández et al., 2023), por isso qualquer comparação de desempenho entre diferentes empresas deve ser tido em conta o contexto em que a atividade da empresa acontece.

Os indicadores mais tradicionais, que assentam em indicadores financeiros, que refletem os resultados a curto prazo, mas podem ser desadequados para medir a globalidade do desempenho (Tseng et al., 2009), por isso os indicadores devem ser escolhidos em função do objetivo pelo qual se está a fazer a avaliação e esse tema é aprofundado no ponto seguinte.

### **2.2.1. Indicadores**

Existem variados indicadores, tanto quantitativos como qualitativos, desde os mais tradicionais, baseados em dados financeiros (Flores-Ureba et al., 2024), a indicadores complexos, obtidos através de métodos desenvolvidos por autores e investigadores (Tseng et al., 2009), que podem relacionar dados de vários formatos. A enumeração e explicação de todos os indicadores seria demasiado extenso e fora do âmbito desta dissertação, no entanto é feita uma exposição e contextualização dos indicadores mais comuns, que se podem

subdividir em cinco grandes grupos, financeiro (Flores-Ureba et al., 2024), liquidez e solvência (Flores-Ureba et al., 2024), reputação e satisfação (Benito-Hernández et al., 2023), desempenho operacional (Tseng et al., 2009) e outros métodos de obtenção de indicadores de gestão (Tseng et al., 2009).

Começando pelos indicadores financeiros, estes são utilizados universalmente, como forma de refletir o estado financeiro de cada empresa e são utilizados em relatórios, como por exemplo, relatórios de contas anuais. Existe uniformização dos relatórios como forma de garantir que as empresas reportam dados equivalentes, para que possam ser devidamente avaliadas e comparadas entre si, existindo para padrões internacionais, sendo o IFRS e o US GAAP os mais conhecidos, um europeu e outro americano, respetivamente. Com a globalização, a importância dessa equivalência, faz com que os padrões tenham vindo a convergir entre si (Obradović & Karapavlović, 2014).

Indicadores relevantes para determinação de rentabilidade e por isso relevantes para este estudo, existem o rendimento sobre o capital próprio (ROE), que mede o retorno gerado em função do capital próprio, o ROA, que mede o retorno em função dos ativos da empresa e o retorno sobre o investimento (ROI) que mede o retorno em função do investimento. Todos eles refletem a capacidade da empresa de gerar lucro a partir das suas operações.

Outros indicadores financeiros são fundamentais para avaliar uma empresa, no que ao seu capital e viabilidade dos seus investimentos diz respeito. Um dos principais indicadores é o custo médio ponderado de capital (WACC), que reflete o custo do financiamento da empresa, considerando tanto o capital próprio como o capital de terceiros. Este indicador é essencial para avaliar a viabilidade de novos investimentos e a estrutura de financiamento da organização. O lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização (EBITDA) representa o lucro operacional antes da dedução de encargos financeiros e fornece uma visão clara da rentabilidade operacional da empresa. O lucro antes de juros e impostos (EBIT) é semelhante ao EBITDA, mas já considera o impacto das depreciações e amortizações, permitindo uma análise mais precisa do desempenho financeiro da empresa.

Em empresas cujos ganhos se baseiam em receitas recorrentes, existe a receita recorrente anual (ARR), que mede os rendimentos previsíveis e contínuos, sendo amplamente utilizado em modelos de negócios baseados em subscrição. O índice P/B (P/BV) compara o valor de mercado da empresa com o seu valor contabilístico.

Para avaliar a capacidade da empresa de cumprir com as suas obrigações financeiras, são analisados diversos indicadores de liquidez e solvência. A liquidez corrente mede a

capacidade da empresa de pagar as suas obrigações de curto prazo, comparando os ativos circulantes com os passivos circulantes. A Liquidez em Caixa, mede o mesmo, mas com base apenas a caixa e equivalentes de caixa. A Relação de Capital Próprio indica a proporção dos ativos financiados com capital próprio, enquanto o Endividamento Sobre Ativos Totais mede a proporção dos ativos que são financiados por dívida,

A reputação e satisfação pode ser medida, por exemplo, pela Net Promoter Score (NPS), que mede a lealdade dos clientes e a sua disposição para recomendar a marca, sendo um dos principais indicadores de satisfação do consumidor. O índice nacional de satisfação do cliente (ECSI) que avalia a perceção dos consumidores relativamente aos produtos e serviços da empresa.

Para medição do desempenho operacional existem o sistema de medição do desempenho do negócio (BPM), que auxiliam na identificação de áreas de melhoria, promovendo a redução de custos e o aumento da produtividade. No contexto dos processos internos, os sistemas de medição de desempenho para processos de negócio (PMS-BP) focam-se na avaliação e otimização dos processos organizacionais. O Quadro de Indicadores Balanceado (BSC), apresenta diferentes perspetivas de desempenho, desde financeira, de clientes, processos internos e conhecimento organizacional. É o conceito mais influente na área de BPM, sendo referenciado em quase 75% dos artigos analisados em 2002. (Marr & Schiuma, 2003)

Existem ainda métodos de obtenção de indicadores de gestão, como por exemplo a Abordagem Fuzzy (Fuzzy VIKOR), que é uma técnica de decisão multicritério, para lidar com incerteza na escolha de alternativas. A gestão da cadeia de abastecimento (SCM), que avalia a eficiência da gestão logística e de abastecimento. A análise envoltória de dados (DEA) que mede a eficiência relativa de unidades de decisão (DMUs) e ainda o processo analítico hierárquico (AHP) que serve para avaliar diferentes critérios com diferentes pesos e prioridades para auxílio à tomada de decisões. Os métodos estão resumidos na tabela 1 (Tseng et al., 2009).

**Tabela 1 - Indicadores de gestão**

	<b>Fuzzy VIKOR</b>	<b>AHP</b>	<b>DEA</b>	<b>SCM</b>
Tipo de análise	Decisão hierárquica	Otimização por compromisso	Medição de eficiência	Avaliação de impacto
Dados principais	Qualitativos e quantitativos	Qualitativos	Quantitativos	Quantitativos
Aplicação	Auxílio na tomada de decisão e planeamento estratégico	Auxílio na tomada de decisão	Mede eficiência de unidades	eficiência da gestão logística e de abastecimento

Fonte: Elaborada pelo autor.

### **2.2.2. Importância e aplicação dos indicadores**

Os indicadores de desempenho são fundamentais a vários níveis, tanto para a tomada de decisão, baseada em informação fundamentada, recorrendo a dados reais, como para o aperfeiçoamento contínuo, das próprias empresas e processos, alinhamento estratégico e para analisar posicionamento e comparação com a concorrência. Clientes podem também perceber uma empresa, os seus produtos ou serviços, através de indicadores de desempenho, que sejam publicados, tanto em relatórios, como em ações de promoção.

A medição do desempenho deve ter em conta, não só os indicadores tradicionais, mas também indicadores como a reputação e satisfação. Quanto mais rica a análise, mais se irá aproximar do verdadeiro desempenho da empresa, nas suas várias vertentes. Caso a avaliação seja contida a um pequeno número de indicadores, por ter um propósito muito concreto e simples, como por exemplo saber qual o retorno financeiro, a análise poderá ser só isso, não transparecendo o desempenho, em todas as vertentes, mas apenas o desempenho no que se pretende avaliar ou estudar. É preciso ter em conta que alguns indicadores sofrem de atraso, entre a causa e a consequência, como por exemplo, o tempo que decorre entre a satisfação dos clientes e o retorno financeiro que essa satisfação causou. Outro exemplo da importância de relacionar vários indicadores, é o facto de o valor das empresas (P/BV), ser significativamente maior, do que o valor reportado nos balanços financeiros. Isso explica-se, por exemplo, pelo impacto que a reputação e a satisfação dos clientes e funcionários, têm no retorno sobre ativos, confirmando-os como indicadores significativamente capazes, de prever e justificar, alterações na performance financeira das empresas. (Kristensen & Westlund, 2004)

Existe bibliografia a recomendar diferentes indicadores e diferentes métodos para avaliação de desempenho, de empresas e modelos de negócio (Lamprecht et al., 2022), mas de modo

geral, os autores consideram que a avaliação e comparação, deve ser feita com base em indicadores conhecidos e consensuais, existindo também evidência, da utilidade de métodos que os combinam. Por exemplo a técnica fuzzy VIKOR, é uma ferramenta eficaz para classificar e priorizar os indicadores chave de performance (KPI) (Tseng et al., 2009), ajudando os gestores na tomada de decisão, enquanto o Balanced Scorecard (BSC), é um modelo fiável para estruturar KPIs e medir o desempenho organizacional (Sofiyabadi et al., 2016). O Z-score é utilizado para calcular a probabilidade de falência (Flores-Ureba et al., 2024).

Mais do que utilizar indicadores ou modelos que os relacionam, é necessário adaptar os indicadores ao tipo de empresa, modelo de negócio, ou até ao objetivo da análise que se pretende efetuar. Por isso Lamprecht et al. (2022) apresentam um conjunto de KPIs ajustados, a um negócio na área dos IoT, que permitiram perceber a existência de três armadilhas na avaliação desses negócios, que são, a utilização apenas de métodos tradicionais, a não inclusão de indicadores como satisfação de clientes e não se calcularem indicadores como o NPS. Empresas que tomam decisões com base em KPIs, adaptados ao negócio e ajustados ao longo do tempo, conseguem obter melhores resultados. O mesmo defende Thaker (2011).

Tseng et al. (2009) apresentaram um modelo híbrido, de avaliação de desempenho, que relaciona os modelos AHP, DEA e Fuzzy VIKOR, confirmando que empresas que os aplicam, obtiveram resultados positivos. Duas delas apresentaram o melhor desempenho face às concorrentes. Neste estudo, também se confirmou que o desempenho financeiro isolado, não é suficiente para explicar a competitividade, por isso foi necessário integrar outros indicadores, como a quota de mercado e a inovação.

Para avaliação de desempenho, de modelos de negócio no ramo dos veículos comerciais elétricos, Dehkordi et al. (2024), utilizaram a escalabilidade e a replicabilidade. A escalabilidade significa a flexibilidade, para crescer mantendo a eficiência e é condicionada principalmente por fatores internos, enquanto a replicabilidade, que significa a capacidade de ser replicado noutras localizações ou mercados, é condicionada por fatores externos. Concluiu que as empresas que garantam simultaneamente, escalabilidade e replicabilidade, têm maior probabilidade de sucesso e que a integração de fatores técnicos, económicos e regulatórios, é fundamental para garantir um modelo de negócio robusto e sustentável.

Os métodos tradicionais não são capazes de avaliar as particularidades específicas negócios digitais (e-business), por isso incluir métricas como a adoção dos serviços digitais e a

eficiência operacional dos mesmos, ao BSC, resulta em indicadores mais confiáveis e capazes de refletir a realidade digital, ajudando as empresas a tomar melhores decisões no ambiente digital (Bremser & Chung, 2005).

No que diz respeito à cadeia de abastecimento, existe evidência, que a utilização do modelo SCM, tem impacto significativo na perceção do desempenho de inventário e tempo de rotação do mesmo, mas não tem relevância para a perceção do desempenho financeiro. Isto porque empresas que investem na otimização da cadeia de abastecimento, tendem a perceber melhorias na gestão operacional, mas não necessariamente no desempenho financeiro (Martin & Patterson, 2009).

O sistema de medição de desempenho empresarial (BPM), é eficaz para avaliar funções operacionais e táticas, mas menos eficaz para funções estratégicas e de desenvolvimento organizacional, por isso é uma ferramenta útil para diagnóstico e controlo, mas não para decisão estratégica. Apesar da sua eficácia, continua a ser dada mais importância a métricas financeiras, prova disso, apenas 37% das empresas utilizam os resultados dos sistemas BPM, na compensação dos gestores, o que pode reduzir a sua eficácia, uma vez que os indicadores financeiros não refletem fielmente o desempenho dos gestores. (Thaker, 2011)

Apesar de não haver consenso sobre a definição do sistema de medição de desempenho empresarial (BPM), este é reconhecido como viável, mas a falta de definição dificulta a utilização dos dados, em investigação e comparação interempresarial (Micheli et al., 2007), ideia também defendida por Marr & Schiuma (2003).

O PMS-BP, apresentado no estudo de Alfaro et al. (2007), tem como finalidade avaliar especificamente processos e é um indicador, que quando relacionado com os objetivos estratégicos da empresa, fornece uma visão clara, de como os processos impactam com o desempenho global da empresa. No estudo mencionado, a utilização de PMS-BP melhorou a eficiência operacional da empresa, tornando-a mais competitiva e assim, validando que o método pode ser aplicado a outras empresas, que necessitem de medir a performance dos seus processos.

Em contexto académico, a maioria dos estudos foca-se em métricas financeiras, que são mais fáceis de obter e viáveis de comparação, ignorando outras métricas que podem ser igualmente importantes. A falta de padronização e a utilização de múltiplas fontes de dados, pode gerar resultados e conclusões difíceis de comparar entre estudos. Além disso deve ter-se em conta o contexto, bem como as particularidades de cada mercado, quando são feitas análises internacionais. (Hult et al., 2008)

Pode concluir-se, que para avaliar o desempenho de uma empresa, é necessário fazer uma análise ajustada ao objetivo pretendido, isto é, se o objetivo for uma análise intraempresarial, pode fazer sentido ter uma análise rica em indicadores, indicadores estes com dados relevantes, para a análise pretendida, o que resultará numa avaliação completa e próxima da realidade. Caso o objetivo seja uma avaliação interempresarial, com o propósito de comparar empresas, em contextos semelhantes ou diferenciados, a avaliação deve ser feita com dados inequívocos, equivalentes e capazes de serem confrontados, caso contrário as comparações não terão o valor pretendido.

### **2.3. Impacto de I&D nas empresas**

A I&D desempenha um papel fundamental no sucesso empresarial, sendo normalmente reconhecida como um motor da inovação, competitividade e crescimento (OECD, 2015). O investimento em I&D, é constantemente identificado, como um fator que impacta positivamente no desempenho das empresas, tanto na ótica de inovar nos seus produtos ou serviços, como melhorar os processos internos, reforçando a competitividade e diferenciação no mercado. Tendo em conta que o investimento em I&D tem efeitos positivos no sucesso empresarial, especialmente a longo prazo, constata-se também, que as empresas que percebem a vantagem do investimento, permanecem a investir, com o objetivo de continuar a colher os proveitos desse investimento. (Huergo & Moreno, 2011).

Empresas europeias que investem consistentemente em I&D, possuem maior probabilidade de crescimento sustentável, mesmo durante crises económicas (Huergo et al., 2016). O estudo de Carboni & Medda (2021) evidencia, que quando se realiza investimento em tangíveis para I&D, existe um impacto positivo no sucesso da empresa, resultando no aumento, tanto da probabilidade de continuar a investir, quanto na intensidade desse investimento, no entanto, o tamanho e idade das empresas, afeta negativamente este efeito. A venda de produtos inovadores, impacta também positivamente o sucesso das empresas, apesar de impactar menos, do que o investimento em I&D.

A I&D, em muitas empresas, é apenas uma das atividades que se pratica, podendo ser expressiva ou não, comparativamente com todas as outras, podendo ser uma atividade vital, para algumas delas e apenas acessório para outras. Considerar a atividade em I&D como um negócio autónomo, pode aumentar a eficiência, mas indicadores financeiros tradicionais, como retorno sobre investimento (ROI), são inadequados para medir o valor gerado pela I&D. É por isso necessário aplicar um sistema de avaliação adequado, com métricas que

considerem o impacto da inovação na competitividade, crescimento e sustentabilidade da empresa, para aumentar o seu impacto na criação de valor (Pearson et al., 2000).

Além dos vários indicadores mencionados anteriormente, existem outros, como o crescimento, tanto em número de trabalhadores, como volume de vendas, o número de funcionários alocados a I&D, a faturação, a permanência no mercado, a quota de mercado, a capacidade de inovar e continuar a investir consistentemente I&D, são todos, indicadores que podem refletir o desempenho, assumindo a premissa, que empresas com fracos resultados, não conseguem manter, nem aumentar, os níveis destes indicadores a longo prazo.

O estudo levado a cabo por Huergo & Moreno (2011), analisa a relação entre despesas com I&D e a produtividade, de 2000 empresas espanholas, no setor de manufatura, entre 1990 e 2005 e concluiu, que a persistência no investimento em I&D, resulta num crescimento sustentável da produtividade, numa maior probabilidade de continuar a gerar inovação e que esses efeitos persistem e são cumulativos ao longo do tempo. Este efeito é ainda mais potenciado, quando a proporção de trabalhadores qualificados é superior.

A relação entre I&D e produtividade existe e varia por setor e tamanho da empresa, sendo mais forte em empresas de alta tecnologia e em setores com maior intensidade de conhecimento. O ganho de produtividade vai diminuindo com o aumento do investimento e não há evidência que investimento público tenha impacto significativo na produtividade (Solomon, 2021).

A produtividade tem formas muito próprias e objetivas de ser medida, através dos métodos mais tradicionais, em que se divide a produção pelo capital investido, ou pelos recursos utilizados, mas analisar a produtividade com esses métodos pode ser considerada uma avaliação redutora, porque não considera fatores importantes utilizados na produção, como a tecnologia utilizada, as qualificações dos trabalhadores, a inovação, entre outras. Como forma de dar resposta a essa lacuna, existe o método da produtividade total dos fatores (TFP), que relaciona a produção total, o capital e o trabalho laboral, com os respetivos fatores de proporção.

Em setores intensivos em I&D, o investimento impacta positivamente a TFP, como por exemplo em Espanha e Itália, que em 2006 apresentavam uma elasticidade de 0,21 e 0,19 respetivamente (Sterlacchini & Venturini, 2014). Ou seja, por cada ponto percentual de investimento em I&D, a produtividade aumentou 0,21% e 0,19% respetivamente. O mesmo não se verifica em setores menos intensivos, onde o investimento não teve um impacto

significativo. A análise a longo prazo, da relação entre o investimento em I&D e a produtividade, permitiu observar que desde 1990, as empresas espanholas que intensificaram significativamente seus investimentos em I&D, conseguiram alcançar e superar os benefícios de produtividade observados em Itália.

O investimento em I&D em setores como o da defesa, que é predominantemente tecnológico, ou carente de soluções que derivam de novas tecnologias, tem um impacto considerável para a produtividade empresarial. Em Espanha, entre 2011 e 2018, observou-se que em empresas que colaboraram com o Ministério da Defesa Espanhol e que investiram em I&D, para soluções de aplicação militar, obtiveram um impacto positivo e significativo na produtividade, maior ainda quando o investimento foi feito em aplicações com fins mistos (militares e civis), pois são tecnologias com um maior leque de aplicabilidade e de potencialidade em atrair clientes e investimento (Callado-Muñoz et al., 2023).

Empresas que investiram mais em I&D e em alianças estratégicas, mostraram uma melhor performance competitiva, em indicadores financeiro e não financeiros, confirmando que investir em I&D promove uma posição competitiva global. (Tseng et al., 2009)

No estudo levado a cabo por Flores-Ureba et al. (2024), em que foram analisadas empresas espanholas que atuam especificamente no ramo do I&D, verificou-se que são empresas com solvência e liquidez, mas a sua rentabilidade varia significativamente, sendo que as mais jovens e menores tendem a ser menos rentáveis e mais endividadas, enquanto empresas maiores e mais maduras possuem maior capacidade de autofinanciamento. Estas conclusões sugerem que o I&D necessitam de tempo de maturação, para efetivar o retorno do investimento. A análise Z-score revelou que entre 65% e 73% das empresas têm baixa probabilidade de falência.

Se empresas que investem em I&D têm tendencialmente melhor desempenho e se um melhor desempenho significa à partida uma maior resiliência a imprevistos, será pertinente relacionar o investimento em I&D, com a resiliência das empresas e considerá-la um fator de sucesso. A resiliência em crises económicas refere-se à capacidade das empresas, para resistirem às consequências das crises, adaptando-se às novas condições, mantendo o seu funcionamento e recuperar para níveis pré-crise ou até superá-los. A resiliência é influenciada também, pelo contexto em que a empresa está inserida, por uma combinação de fatores estruturais, institucionais e sociais, que determinam a capacidade de adaptação e recuperação.

A União Europeia sofreu com a crise de 2008, que foi uma crise financeira global, que ultrapassou com auxílio de políticas e apoios comunitários. Países com economias mais diversificadas e robustas, como Alemanha, demonstraram maior resiliência. Existe a evidência que fatores regionais, como a economia e o tipo/existência de ecossistemas de inovação, influenciam a resiliência das empresas em manter atividades de I&D (Cruz-Castro et al., 2018). Já Portugal e Espanha, países com economias mais fracas, foram fortemente afetados pela crise e tiveram de adotar políticas de austeridade, combinadas com reformas estruturais. Em mercados compostos maioritariamente por pequenas e médias empresas, os impactos são maiores, pois empresas de menor dimensão sofrem uma maior redução em vendas e são mais sensíveis à queda de procura, fator que se revelou mais impactante do que a redução de financiamento (Armand & Mendi, 2018).

A pandemia COVID-19, ocorrida a uma escala global, não teve origem económica, mas causou graves consequências nas empresas. Empresas que apresentavam elevado nível de digitalização e boa capacidade de adaptação tecnológica, mostraram-se mais resilientes e puderam à prova as capacidades de adaptação e inovação. Investiram em digitalização e em I&D, adotando modelos de negócios digitais, conseguindo superar os desafios impostos pelas restrições sanitárias.

Regiões com economias maiores e ecossistemas de inovação orientados para a exploração de conhecimento, são mais eficazes a apoiar a resiliência inovadora das empresas, reduzindo a probabilidade das empresas de abandonarem atividades de I&D durante uma crise (Cruz-Castro et al., 2018).

Durante crises económicas, o aumento do orçamento para apoios ao I&D é eficaz na redução de taxas de abandono dessa atividade. É por isso importante a existência de políticas e ecossistemas, adaptados às características locais, que contribuam para aumentar a sua eficácia e resiliência das empresas, especialmente pequenas e médias empresas (Cruz-Castro et al., 2018).

É importante que na análise do desempenho de uma empresa se considere, também as condições em que esta opera e o contexto em que está inserida.

## **2.4. Identificação da lacuna e questão de investigação**

Embora os vários estudos apontem para que, as empresas que investem em I&D são mais rentáveis, competitivas, resilientes, menos propensas a falência e com resultados tendencialmente melhores, comparativamente com empresas que não o fazem, os estudos

foram realizados pontualmente, em diferentes países da Europa e do Mundo, com questões de investigação, amostras e períodos diferentes. Os tecidos empresariais variam de país para país, com diferentes proporções entre setores de atividade e diferentes estados de evolução tecnológica. Adicionalmente existem os efeitos moderadores do contexto no qual as empresas se inserem.

É importante referir também, que as conclusões dos vários estudos foram obtidas, com base em análises de diferentes indicadores entre si.

Considerando as limitações identificadas, apesar da existência de um padrão que afirma, que é benéfico investir em I&D, não é seguro afirmar, que esse benefício se verifica da mesma forma em Portugal, nas empresas portuguesas.

Não são claros, nem diretos, os efeitos que o investimento em I&D nas empresas portuguesas, existe por isso uma lacuna de informação que responda, como é que o investimento em I&D impacta no desempenho das empresas portuguesas.

### 3. Modelo conceptual

Para responder à questão de investigação e explicar, como é que o investimento em I&D impacta na rentabilidade das empresas portuguesas, foram formuladas as hipóteses, posteriormente testadas, através da análise de variáveis conhecidas, que permitem análise e comparação posterior. Foram tidas em conta as considerações dos estudos identificados na revisão bibliográfica, que permitiram chegar à lacuna de informação e questão de investigação, que resultou na redação das hipóteses.

O investimento em I&D é constantemente identificado como um fator que impacta positivamente no desempenho das empresas (Huergo & Moreno, 2011) e os resultados desse investimento motivam a continuação e até aumento dos mesmos (Carboni & Medda, 2021). No entanto fatores regionais, como a economia, mercado e o tipo/existência de ecossistemas de inovação, afetam a eficiência desse investimento (Sterlacchini & Venturini, 2014) e a resiliência nas flutuações económicas e de mercado (Cruz-Castro et al., 2018; Armand & Mendi, 2018)

À parte dos fatores externos às empresas, fatores internos como o setor de atividade podem também influenciar os proveitos obtidos do investimento em I&D (Callado-Muñoz et al., 2023), o que faz com que estudos realizados em países com diferentes tecidos empresariais obtenham também resultados diferentes.

Tendo em conta que cada país tem características únicas, que resultam da combinação de vários fatores, estas impactam as empresas neles inseridas, ditando os fatores externos das empresas e afetando os fatores internos. Não se pode assumir que as conclusões retiradas de estudos realizados a países estrangeiros (Callado-Muñoz et al., 2023; Huergo et al., 2016; Sterlacchini & Venturini, 2014), sobre o impacto do investimento em I&D, serão as mesmas para o mesmo investimento em empresas portuguesas. Foi formulada a primeira hipótese (H1):

*Hipótese 1: O investimento em I&D tem um impacto positivo na rentabilidade das empresas portuguesas.*

Além do setor da atividade, existem outros fatores internos que impactam nos proveitos obtidos do investimento em I&D, tal como o tamanho da empresa, medido pelo número de funcionários, que impacta tanto na proporção de retorno do investimento, como na dimensão

do investimento necessário para obtenção de retorno (Solomon, 2021; Carboni & Medda, 2021).

Empresas menores tendem a ser menos rentáveis e mais endividadas, enquanto empresas maiores possuem maior capacidade de autofinanciamento para atividades de I&D (Flores-Ureba et al., 2024).

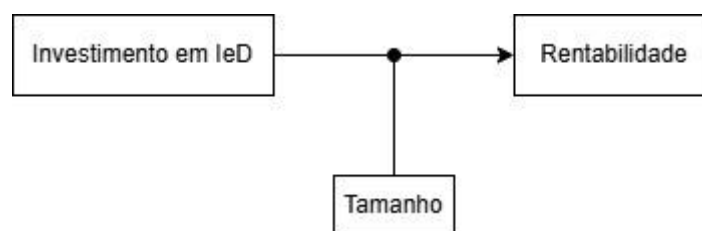
Empresas maiores possuem tendencialmente mais recursos e melhores infraestruturas para a realização de atividades de I&D, por isso é nelas que se concentra a maior fatia dos investimentos em I&D (GEE, 2023). Com um maior número de funcionários, as empresas têm normalmente mais capacidade para I&D interno, tanto pela maior disponibilidade de recursos qualificados, como pela diversidade dos mesmos, sendo mais fácil ter recursos altamente especializados alocados exclusivamente a projetos de I&D.

Uma maior dimensão pode significar também uma maior quota de mercado, com isso os frutos do investimento em I&D podem chegar a um maior número de clientes e mais diversificados, podendo potenciar o retorno do investimento.

Para se perceber como o tamanho das empresas afeta o impacto do investimento em I&D na rentabilidade das empresas, as empresas foram divididas em grupos de tamanho, seguindo as diretrizes europeias da Recomendação 2003/361/CE (Comissão Europeia, 2003) e formulou-se a hipótese 2 (H2):

*Hipótese 2: A relação entre investimento em I&D e a rentabilidade das empresas portuguesas é tanto maior, quanto maior for o tamanho da empresa.*

Segue-se o modelo conceptual, ilustrado na Figura 1 - Modelo conceptual.



**Figura 1 - Modelo conceptual**

## 4. Método

### 4.1. Amostra e recolha de dados

Para a elaboração do estudo foram selecionados dados secundários, disponíveis na base de dados SABI. Foram selecionadas todas as empresas portuguesas, ativas, na forma jurídica de Sociedade Anónima, Sociedade por Quotas e Sociedade Unipessoal por Quotas, constituídas de 1900 a 2020, com investimento em I&D constante entre 2020 e 2023. Adicionalmente consideraram-se apenas as empresas com informação completa nas variáveis selecionadas para o estudo. Resultou numa amostra de 2941 empresas com dados referentes a 2023 e 2022.

### 4.2. Variáveis

As variáveis utilizadas neste estudo começam desde logo expostas no modelo conceptual, onde se identifica a variável independente, a variável dependente e a variável moderadora. No entanto outras variáveis foram selecionadas para controlo, com vista a obter resultados mais robustos. A exposição e explicação detalhada das variáveis segue abaixo.

#### 4.2.1. Variável dependente

A variável dependente deste estudo é a rentabilidade, para a qual foi selecionado o indicador ROA (Flores-Ureba et al., 2024), que reflete o retorno que a empresa obteve sobre os seus ativos. Este indicador é o rácio calculado pela divisão do resultado líquido da empresa pelos seus ativos.

A escolha do ROA como variável dependente, é justificada pelo fato de este ser um indicador financeiro capaz de quantificar a rentabilidade a curto prazo (Tseng et al., 2009). Por ser um indicador amplamente utilizado na literatura e publicado em relatórios contabilísticos, é potencial de ser comparado entre estudos, mesmo que internacionais, graças à padronização dos relatórios (Obradović & Karapavlović, 2014).

#### 4.2.2. Variável independente

Para a variável independente, que tem como objetivo quantificar o investimento em investigação e desenvolvimento, foi selecionado o indicador Investimento em I&D (Huerdo & Moreno, 2011, Carboni & Medda, 2021), que representa o valor absoluto, o capital que as empresas

investiram em atividades de I&D. Tal como a VD, é comum ser encontrado em relatórios contabilísticos, cumprindo com as mesmas características de comparação e replicabilidade.

#### **4.2.3. Variáveis moderadoras**

Para cumprir com o Modelo Conceptual, o tamanho das empresas é a variável moderadora, representada pelo indicador número de funcionários (Carboni & Medda, 2021). Este indicador é também normalmente utilizado para medir o tamanho das empresas, sob o padrão Comissão Europeia (2003), classificando-as como microempresas, pequenas empresas, médias empresas e grandes empresas, para números de funcionários até 9, 49, 249 e mais de 250, respetivamente.

O número de funcionários é um indicador quantitativo escalar, mas para o estudo da hipótese 2, utiliza-se uma análise por grupo, para determinar qual o efeito de variável independente na variável dependente para cada um dos tamanhos de empresa. É mais um indicador que contribui valiosamente com dados possíveis de serem comparados

#### **4.2.4. Variáveis de controlo**

Para melhorar a precisão e robustez dos resultados, mitigando as desigualdades entre as empresas analisadas, foram selecionadas algumas variáveis de controlo. A seleção das variáveis de controlo, tal como as variáveis independente, dependente e moderadora, tem em conta a revisão bibliográfica, onde foram identificadas as variáveis utilizadas nos artigos analisados, como forma de garantir replicabilidade da análise, bem como isolar os resultados da variável dependente, das restantes variáveis reconhecidas como influenciadoras dos resultados.

Sendo uma análise feita exclusivamente a empresas portuguesas, é por si só uma análise restrita às empresas inseridas no mercado português, com os fatores económicos e sociais portugueses, apesar das desigualdades regionais, minimiza o efeito do contexto em que a empresa está inserida (Benito-Hernández et al., 2023).

É expectável que os resultados operacionais num determinado ano, influenciem os resultados e as tomadas de decisão dos anos seguintes, por isso são utilizados variáveis de resultados do ano anterior para relacionar com os resultados, tais como as exportações e a despesa em I&D por funcionário (Huergo et al., 2016). Neste estudo selecionaram-se as variáveis de controlo 1 e 4, que são a rentabilidade do ano anterior e o investimento em I&D do ano anterior, respetivamente.

Outros indicadores financeiros foram utilizados como variáveis de controlo, como forma de nivelar as empresas em função do seu desempenho financeiro, por isso, selecionou-se o rácio de endividamento (Carboni & Medda, 2021), liquidez (Callado-Muñoz et al., 2023) e o rácio de solvência (Kristensen & Westlund, 2004). O rácio de endividamento mede a proporção da dívida em relação ao capital próprio, o que significa o quanto a empresa está endividada. A liquidez avalia a capacidade da empresa em cumprir as suas obrigações de curto prazo e o rácio de solvência indica a capacidade da empresa de cobrir todas as suas dívidas com os ativos.

Segue a tabela 2 que resume todas as variáveis do estudo.

**Tabela 2 - Variáveis**

<b>Variável</b>	<b>Designação</b>	<b>Referência Bibliográfica</b>
VI Investimento em I&D	Despesa em atividades de I&D	(Carboni & Medda, 2021; Huergo & Moreno, 2011)
VD Rentabilidade	ROA	(Flores-Ureba et al., 2024)
VM Tamanho da empresa	Número de funcionários	(Carboni & Medda, 2021; Cruz-Castro et al., 2018)
VC1 Rentabilidade do ano anterior	ROA do ano anterior	(Huergo et al., 2016)
VC2 Rácio endividamento	Total passivo / capital próprio	(Carboni & Medda, 2021)
VC3 Liquidez	Ativos circulantes / dívida de curto prazo	(Callado-Muñoz et al., 2023)
VC4 Investimento em I&D ano anterior	Despesa em atividades de I&D do ano anterior	(Huergo et al., 2016)
VC5 Rácio de solvência	Rácio de solvência	(Kristensen & Westlund, 2004)

Nota: Tabela elaborada pelo autor

### 4.3. Procedimento

Primeiramente os dados foram analisados com vista a garantir a ausência de dados em branco, seguindo-se da análise de distribuição de todas as variáveis. Constatou-se que os dados apresentavam valores bastante assimétricos, poucas empresas de grande dimensão representam a totalidade dos investimentos. As variáveis foram ajustadas para escalas logarítmicas Neperianas e foram removidos os valores extremos, através de Winsorização, para os percentis 1 e 99.

Para levar a cabo a análise dos dados e com isso determinar o impacto do investimento em investigação e desenvolvimento no desempenho das empresas em Portugal, foram analisadas as estatísticas descritivas, as correlações entre as variáveis e corridas a regressão linear para os vários modelos que testaram às hipóteses redigidas. A regressão linear é uma técnica estatística adequada para quantificar o impacto da variável independente sobre a variável dependente. Além disso, a regressão linear permite utilizar variáveis de controlo, que são por vezes explicativas dos impactos, com vista a fortalecer a robustez da análise.

## 5. Resultados

Este capítulo faz a exposição de todos os resultados obtidos, utilizando a amostra mencionada, com o procedimento descrito no respetivo capítulo. A aplicação do logaritmo Neperiano nas escalas das variáveis, para que as análises de correlação e regressões sejam mais frutíferas, faz com que as variáveis assumam valores relativos, ou seja, aumenta o potencial de análise da relação entre variáveis, mas os valores apresentados não assumem o valor absoluto para análise financeira das empresas, cumprindo o objetivo do estudo.

### 5.1. Estatísticas descritivas

A tabela 3 apresenta os dados da Estatística Descritiva das variáveis utilizadas no estudo, que são eles a média, o desvio padrão, mínimos e máximos.

De notar que os rácios têm mínimos de 0 e máximos em torno de 5, enquanto investimento e liquidez apresentam mínimos negativos. O Investimento em I&D, bem como o investimento em I&D do ano anterior, apresentam valores de média, mínimos e máximos semelhantes, o que denota que o Investimento em I&D não variou significativamente de 2022 para 2023, no entanto são estas as variáveis com maior desvio padrão, o que transparece ser o indicador que mais varia entre as empresas.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ROA	4,07	0,47	0,00	4,64
Investimento em I&D	8,48	2,85	-4,61	18,72
ROA ano anterior	4,00	0,48	0,00	4,56
Rácio endividamento	3,39	0,39	0,00	4,48
Liquidez	1,18	0,85	-2,26	9,19
Investimento em I&D ano anterior	8,65	2,74	-4,61	18,84
Rácio Solvência	5,65	0,59	0,00	5,90

Nota: Tabela elaborada pelo autor com base nos resultados do SPSS

## 5.2. Análise de correlações

Com a análise da correlação entre as variáveis, obtiveram-se os dados presentes na tabela 4. Além dos dados de média e desvio padrão, já referidos anteriormente, mas presentes na tabela para facilitar a análise, apresenta-se o indicador VIF, que avalia a existência de multicolinearidade no modelo. À exceção das variáveis investimento em I&D e investimento em I&D ano anterior, que apresentam um valor significativo de colinearidade, todas as outras apresentam um valor em torno de 1, o que significa que não existe evidência de colinearidade. Relativamente ao investimento em I&D, como não teve uma alteração significativa de 2022 para 2023, é normal apresentar um valor de colinearidade mais elevado. Com isto confirma-se que não existem problemas de colinearidade no modelo.

O valor estatístico de correlação varia entre -1 e 1 e significa a o fator em que uma variável varia em relação à outra, ou seja, com um valor de 0,5, a variável varia metade relativamente à outra. A significância estatística  $p$  representa a probabilidade de os dados serem um acaso, ou seja, para valores de  $p$  de 0.05, existe a 5% de probabilidade de o valor da correlação ser um acaso.

Da análise de correlação destacam-se alguns valores de correlação significativa, com significância estatística  $p$  inferior a 0.001, são eles a relação entre ROA e ROA ano anterior, investimento em I&D e investimento em I&D ano anterior, bem como o rácio de solvência com ambos os valores de ROA. Outros valores de correlação apesar de elevados não apresentam significância estatística.

**Tabela 4 - Correlações**

Variável	Média	SD	VIF	1	2	3	4	5	6	7
1, ROA	4,072	0,471		1,000						
2, Investimento em I&D	8,477	2,84	6,988	0,003	1,000					
3, ROA ano anterior	3,996	0,48	1,376	0,448**	0,000	1,000				
4, Rácio endividamento	3,392	0,39	1,002	-0,013	0,000	-0,021	1,000			
5, Liquidez	1,178	0,849	1,052	0,020	-0,003	0,009	-0,001	1,000		
6, Investimento em I&D ano anterior	8,647	2,743	7,000	0,002	0,884**	-0,006	-0,001	-0,003	1,000	
7, Rácio solvência	5,648	0,591	1,391	0,336**	0,004	0,215**	-0,001	0,017	0,004	1,000

Nota: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,001$ . Variável independente: Investimento em I&D

Correlações são significantes a 5% de nível de confiança para valores superiores a 0,006

Tabela elaborada pelo autor com base nos resultados do SPSS

### 5.3. Teste de hipóteses

Na tabela 5 apresentam-se os resultados da regressão linear, que serviram de base para confirmar ou refutar as hipóteses redigidas.

No modelo 1 é feita a regressão apenas com as variáveis de controlo, enquanto o modelo 2 testa a hipótese 1, incluindo a variável independente. Os modelos 3, 4, 5 e 6 testam a hipótese 2, utilizando as mesmas variáveis de hipótese 1, mas a regressão é feita individualmente, uma para cada um dos 4 grupos de empresas, divididas pelo tamanho. A divisão por tamanho é feita de acordo com a diretriz da Comissão Europeia (2003), que as divide por micro, pequenas, médias e grandes empresas, respetivamente.

Dos resultados destaca-se que, tanto a variável ROA ano anterior como o rácio solvência apresentam, genericamente, um efeito positivo considerável sobre o ROA, com uma significância  $p\text{-value} < 0,001$ , exceto o rácio solvência para grandes empresas.

No que diz respeito ao teste das hipóteses, destaca-se que a hipótese 1 foi confirmado, embora com uma significância marginal, uma vez que o efeito positivo, apresenta uma significância estatística  $p\text{-value}$  de 0,0944. A hipótese 2 não se confirma, ou seja, não se verifica o aumento do impacto do investimento em I&D no ROA com o aumento do tamanho das empresas. Numa análise detalhada dos resultados, mesmo que a hipótese 2 não se tenham confirmado, existem dados importantes de serem identificados e que são discutidos no capítulo seguinte. Para microempresas o investimento em I&D tem um efeito positivo no ROA, com o valor de 0,0304 com  $p\text{-value} < 0.05$ , efeito que também é positivo para grandes empresas, com uma significância marginal, com o  $p\text{-value}$  ligeiramente acima da 0.05, .

Para micro e grandes empresas o investimento em I&D ano anterior tem um efeito negativo, mesmo que pequeno, com significância estatística pois apresenta um  $p\text{-value} < 0.05$ .

Tabela 5 - Regressão linear

Variáveis	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5		Modelo 6	
	Estimativa	<i>p</i>	Estimativa	<i>p</i>	Estimativa	<i>p</i>	Estimativa	<i>p</i>	Estimativa	<i>p</i>	Estimativa	<i>p</i>
Constante	1,280 (0,096)	<0,001	1,284 (0,096)	<0,001	1,458 (0,128)	<0,001	0,216 (0,198)	0,275	-0,094 (0,304)	0,757	-0,025 (6,175)	0,997
ROA ano anterior	0,345 (0,017)	<0,001	0,345 (0,017)	<0,001	0,355 (0,024)	<0,001	0,295 (0,027)	<0,001	0,205 (0,044)	<0,001	0,176 (0,043)	<0,001
Rácio endividamento	0,007 (0,018)	0,703	0,007 (0,018)	0,713	0,005 (0,024)	0,829	0,004 (0,025)	0,873	0,022 (0,064)	0,737	-0,235 (0,559)	0,676
Liquidez	0,010 (0,008)	0,224	0,010 (0,008)	0,221	0,010 (0,011)	0,348	0,013 (0,013)	0,310	0,096 (0,043)	0,027	0,104 (0,087)	0,233
Investimento em I&D ano anterior	-0,004 (0,003)	0,086	-0,015 (0,007)	0,028	-0,037 (0,014)	0,011	-0,006 (0,007)	0,387	-0,003 (0,010)	0,759	-0,039 (0,017)	0,022
Rácio solvência	0,251 (0,014)	<0,001	0,250 (0,014)	<0,001	0,215 (0,018)	<0,001	0,478 (0,035)	<0,001	0,572 (0,049)	<0,001	0,750 (0,788)	0,345
Tamanho da empresa					Micro 0 a 9		Pequenas 10 a 49		Médias 50 a 249		Grandes 250 ou +	
Investimento em I&D			0,011 (0,007)	0,094	0,030 (0,014)	0,028	0,001 (0,007)	0,864	0,006 (0,030)	0,653	0,032 (0,016)	0,051
Valor F	305,888	<0,001	255,529	<0,001	130,668	<0,001	101,593	<0,001	75,338	<0,001	5,719	<0,001
R2	0,343		0,343		0,315		0,420		0,602		0,353	
R2 Ajustado	0,341		0,342		0,312		0,416		0,594		0,291	
Observações	2941		2941		1715		850		360		70	

Nota: Variável dependente: Retorno sobre os ativos (ROA), erro padrão mostrado entre parêntesis.

Tabela elaborada pelo autor com base nos resultados do SPSS

## 6. Discussão

Esta dissertação foi desenvolvida com o intuito de estudar o impacto do investimento em investigação e desenvolvimento no desempenho das empresas em Portugal e com isso contribuir com informação útil, replicável e possível de comparação com a bibliografia, que analisa questões relacionadas. Apesar de existirem estudos sobre o impacto do Investimento em I&D em vários indicadores empresariais, esses estudos foram realizados em diferentes países e em empresas de diferentes áreas de atividade. Existia a lacuna de informação sobre o efeito que o investimento em I&D tem na rentabilidade das empresas portuguesas, independentemente do seu setor de atividade e dos efeitos de contexto.

Foram analisadas 2941 empresas portuguesas, que investiram consistentemente em I&D de 2020 a 2023 e com isso foi possível responder à questão de investigação, testar as hipóteses e dar uma visão clara dos resultados gerais, mas também em função do tamanho de empresa.

Os resultados confirmam (H1) que o investimento em I&D tem um impacto positivo na rentabilidade das empresas portuguesas, ou seja, o investimento em I&D tem um impacto positivo no retorno sobre os ativos das empresas portuguesas, embora com significância marginal. Este resultado confirma que empresas que investiram mais em I&D, mostraram uma melhor performance competitiva, em indicadores financeiros, confirmando que investir em I&D promove uma posição competitiva global. (Tseng et al., 2009).

Os resultados em termos de ROA estão fortemente relacionados com o ROA do ano anterior, o que confirma também, que empresas europeias que investem consistentemente em I&D, possuem maior probabilidade de crescimento sustentável (Huergo et al., 2016). Existe também evidência de uma relação positiva do rácio de solvência no ROA, o mesmo que foi confirmado pelo estudo de Flores-Ureba et al. (2024) em Espanha, no entanto em Portugal não verificou o mesmo em relação à liquidez.

Quanto à análise dos restantes modelos (H2), não se verifica que a relação entre investimento em I&D e a rentabilidade das empresas portuguesas é tanto maior, quanto maior for o tamanho da empresa. Os resultados mostram que o impacto do investimento em I&D no ROA é relativamente semelhante entre as micro e grandes empresas, mas não se verifica para as pequenas e médias empresas. Numa análise mais detalhada dos modelos da hipótese 2, os resultados indicam que existe impacto positivo com significância para microempresas

e com menor significância para grandes empresas. Verificou-se também que o rácio de solvência tem um impacto positivo e significativo no retorno sobre os ativos, para todos os modelos, exceto para grandes empresas, o que sugere que as grandes empresas, por terem maior capacidade de se autofinanciarem (Flores-Ureba et al., 2024), o rácio de solvência não tem expressão para essas empresas. O mesmo estudo verificou que também existe um impacto positivo da liquidez no ROA, em empresas que atuam especificamente no setor de I&D, o que nesta dissertação apenas se verificou para médias empresas, numa análise que foi feita a todos os setores de atividade.

Apesar de a hipótese 2 não se confirmar, os modelos mostram que, existem efeitos que estão ligados ao tamanho da empresa, com conclusões semelhantes ao estudo de Flores-Ureba et al. (2024), que defende que as empresas mais jovens e menores tendem a ser menos rentáveis e mais endividadas, enquanto empresas maiores e mais maduras possuem maior capacidade de autofinanciamento, sugerindo que o investimento em I&D necessita de tempo de maturação, para efetivar as vantagens em termos de retorno financeiro.

### **6.1. Contribuições para a prática**

O estudo contribui com uma abordagem transversal ao mercado português, analisando empresas de todo o território nacional, independentemente do setor de atividade e com isso reduzir os efeitos de contexto e de setor de atividade, que afetam consideravelmente os resultados (Cruz-Castro et al., 2018). Desta forma é possível tirar conclusões dos resultados esperados no ROA aquando do investimento em I&D.

Traz aos gestores nacionais, evidência dos benefícios para microempresas, de investirem em I&D, pois tem um efeito positivo mesmo que pequeno e reforça que resultados são mais significativos a longo prazo (Huergo & Moreno, 2011), encorajando a manter um investimento constante, tal como defende o estudo de Carboni & Medda (2021), que quando se realiza investimento em tangíveis para I&D, existe um impacto positivo no sucesso da empresa, resultando no aumento, tanto da probabilidade de continuar a investir como na intensidade desse investimento.

A contribuição é também ao nível de informar que, aquando da decisão em investir em I&D, independentemente do tamanho da empresa (H2), o investimento não tem retorno significativo a curto prazo (H1).

## **6.2.Limitações do trabalho**

Esta dissertação foi realizado com vista à análise do retorno a curto prazo e teve por base dados relativos a apenas um ano, o que pode ser limitador, porque vários dos investimentos feitos pelas empresas só têm retorno ao fim de alguns anos e isso também acontece no I&D. Além disso pela natureza das atividades de I&D, o desenvolvimento de um novo produto, processo ou serviço, pode demorar por si só vários anos e que o potencial do investimento em I&D é melhorado a longo prazo (Huergo & Moreno, 2011).

O indicador investimento em I&D é retirado de relatórios contabilísticos e pode não refletir a realidade do investimento, isto porque existe a possibilidade de as empresas declararem investimentos em I&D sem que o sejam na verdade, ou o contrário, existirem investimentos feitos efetivamente para I&D, em tangíveis e intangíveis, que não sejam refletidos nesse indicador.

A rentabilidade foi analisada tendo por base apenas um indicador, nomeadamente o ROA, que é um dos vários indicadores financeiros (Flores-Ureba et al., 2024) e existem outros indicadores passíveis de ser utilizados para perceber o desempenho das empresas (Benito-Hernández et al., 2023; Tseng et al., 2009). Desta forma podem ser retirados deste estudo os resultados sobre o impacto do investimento em I&D no ROA, mas muitos outros indicadores podem ser estudados para perceção real de todo o impacto do Investimento em I&D (Pearson et al., 2000).

Vários estudos fazem a análise do retorno do investimento em I&D, para grupos específicos de empresas, divididos em função do setor de atividade (Huergo & Moreno, 2011; Carboni & Medda, 2021; Sterlacchini & Venturini, 2014), e os resultados variam, o que sugere que uma análise à generalidade das empresas portuguesas pode esconder efeitos particulares de determinados setores de atividade. Além disso, existem empresas e grupos empresariais que concentram os esforços em I&D em empresas piloto, spinoffs, parcerias e subcontratações, fazendo com que o efeito do retorno do investimento seja notado em empresas que não as que declaram o investimento em I&D.

Da mesma forma que o setor de atividade impacta nos resultados, também os métodos de medição de desempenho devem ser ajustados à realidade de cada empresa (Dehkordi et al., 2024; Lamprecht et al., 2022; Thaker, 2011). O objetivo desta dissertação tinha na sua base uma análise no ROA, no entanto, na prática, para gestão de uma empresa, as decisões devem ter por base vários indicadores alinhados com a estratégia da empresa, dessa forma, para

uma decisão robusta em termos de investimento em I&D, os gestores precisam de mais dados de retorno desse investimento.

### **6.3. Investigações futuras**

Tendo por base os resultados obtidos e as limitações identificadas anteriormente, fazem-se algumas sugestões para investigação futura. Este estudo teve por base os dados apenas do ano de 2023, pelo que, será benéfico fazer um estudo continuado no tempo, dos efeitos do investimento em I&D a longo prazo (Huergo & Moreno, 2011).

Tal como se verificam diferenças nos dados em função do tamanho da empresa, existe a possibilidade de a idade da empresa ser outro indicador impactante nos resultados (Flores-Ureba et al., 2024), algo que também poderia ser verificado em investigações futuras.

A análise por setor de atividade, seja com uma segmentação através do CAE ou mesmo por atividades específicas, pode ser interessante para trazer evidências dos benefícios em negócios concretos, que podem ter dependências fortes com o I&D (Callado-Muñoz et al., 2023).

Além de ser aconselhada a análise por setor de atividade, sugere-se também que as análises devem ser ajustadas, tanto na escolha dos indicadores a utilizar, como deve ser ponderada a utilização de diferentes modelos de análise que relacionem vários tipos de indicadores, em função do modelo de negócio (Benito-Hernández et al., 2023; Dehkordi et al., 2024; Lamprecht et al., 2022; Thaker, 2011; Tseng et al., 2009).

Nos últimos anos Portugal foi afetado pela pandemia Covid-19 e como defendem (Armand & Mendi, 2018), é em mercados compostos maioritariamente por pequenas e médias empresas, que os impactos são maiores, pois empresas de menor dimensão sofrem uma maior redução em vendas e são mais sensíveis à queda de procura (Armand & Mendi, 2018). Sendo o mercado português composto maioritariamente por PME, tal como se verifica nos dados deste estudo, em que mais de metade das empresas da amostra são microempresas, com um total de 1715 em 2941 empresas, pode ser importante estudar os efeitos do investimento em I&D antes e depois da pandemia.

Por último, sugere-se o estudo das limitações na análise e comparação entre estudos e empresa, por falta de padronização e pela utilização de múltiplas fontes de dados, nos diferentes estudos (Hult et al., 2008).

## 7. Conclusões

Estudado o investimento em investigação e desenvolvimento, que é apontado como um dos motores para a criação de conhecimento e para o desenvolvimento de novos produtos (OECD, 2015), e qual o seu impacto na rentabilidade das empresas portuguesas, concluiu-se que existe um efeito positivo. No entanto não é um efeito que se verifique em todas as empresas, de todos os tamanhos. Foi feita análise por grupos do tamanho e concluiu-se que o efeito é verificado apenas nas micro e nas grandes empresas. A bibliografia sugere que este efeito pode ser mais significativo a longo prazo, o que significa que resultados positivos numa análise ao ano de 2023 é um resultado bastante considerável e positivo.

Este estudo tem como objetivo de fornecer os resultados de uma análise transversal às empresas portuguesas, por isso não tem em consideração o setor de atividade, o que contribui com informação nova e útil para a compreensão dos efeitos que o investimento em I&D tem nas empresas portuguesas. Apesar disso, a revisão de literatura, a identificação das limitações e sugestões de investigação futura, fornecem informação relevante para estudos futuros, como forma de acrescentar e complementar a análise com dados relevantes sobre os vários tipos de retorno que o Investimento em I&D pode trazer às empresas.

## Referências Bibliográficas

- Alfaro, J., Ortiz, A., & Poler, R. (2007). Performance measurement system for business processes. *Production Planning and Control*, 18(8), 641–654. <https://doi.org/10.1080/09537280701599772>
- Armand, A., & Mendi, P. (2018). Demand drops and innovation investments: Evidence from the Great Recession in Spain. *Research Policy*, 47(7), 1321–1333. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.04.015>
- Benito-Hernández, S., López-Cózar-Navarro, C., & Priede-Bergamini, T. (2023). The influence of government support over environmental protection investment on SMEs: R&D collaboration and financial aspects. *Business Ethics, the Environment and Responsibility*, 32(2), 836–846. <https://doi.org/10.1111/beer.12496>
- Bremser, W. G., & Chung, Q. B. (2005). A framework for performance measurement in the e-business environment. *Electronic Commerce Research and Applications*, 4(4), 395–412. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2005.07.001>
- Callado-Muñoz, F. J., Fernández-Olmos, M., Ramírez-Alesón, M., & Utrero-González, N. M. (2023). Assessing the Impact of Military and Civilian R&D on Performance. *Defence and Peace Economics*. <https://doi.org/10.1080/10242694.2023.2197308>
- Carboni, O. A., & Medda, G. (2021). Innovative activities and investment decision: evidence from European firms. *Journal of Technology Transfer*, 46(1), 172–196. <https://doi.org/10.1007/s10961-019-09765-6>
- Comissão Europeia. (2003). *Recomendação 2003/361/CE da Comissão Europeia*.
- Cruz-Castro, L., Holl, A., Rama, R., & Sanz-Menéndez, L. (2018). Economic crisis and company R&D in Spain: do regional and policy factors matter? *Industry and Innovation*, 25(8), 729–751. <https://doi.org/10.1080/13662716.2017.1355231>
- Dehkordi, R., Ahokangas, P., Evers, N., & Sorvisto, M. (2024). Assessing Business Model Performance Using Scalability and Replicability as Performance Indicators: A Case of an Electric Commercial Vehicle Ecosystem. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 5798–5814. <https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3365648>
- Flores-Ureba, S., Gelashvili, V., Gómez-Ortega, A., & Jalón, M. L. D. (2024). R&D companies based on their age, size and type of field, are they solvent companies?

- International Entrepreneurship and Management Journal*, 20(2), 709–731.  
<https://doi.org/10.1007/s11365-023-00895-w>
- GEE. (2023). *Painel das Atividades de Inovação e I&D nas Empresas*.
- Huergo, E., & Moreno, L. (2011). Does history matter for the relationship between R&D, innovation, and productivity? *Industrial and Corporate Change*, 20(5), 1335–1368.  
<https://doi.org/10.1093/icc/dtr019>
- Huergo, E., Trenado, M., & Ubierna, A. (2016). The impact of public support on firm propensity to engage in R&D: Spanish experience. *Technological Forecasting and Social Change*, 113, 206–219. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.05.011>
- Hult, G. T. M., Ketchen, D. J., Griffith, D. A., Chabowski, B. R., Hamman, M. K., Dykes, B. J., Pollitte, W. A., & Cavusgil, S. T. (2008). An assessment of the measurement of performance in international business research. *Journal of International Business Studies*, 39(6), 1064–1080. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8400398>
- Kristensen, K., & Westlund, A. H. (2004). Performance measurement and business results. *Total Quality Management and Business Excellence*, 15(5–6), 719–733.  
<https://doi.org/10.1080/14783360410001680206>
- Lamprecht, C., Gebauer, H., Fleisch, E., & Wortmann, F. (2022). A KPI Set for Steering the IoT Business in Product Companies: Product companies can use the key performance indicators set presented here to manage their Internet of Things business effectively and avoid three pivotal measurement traps. *Research Technology Management*, 65(2), 53–63. <https://doi.org/10.1080/08956308.2022.2015951>
- Marr, B., & Schiuma, G. (2003). Business performance measurement – past, present and future. *Management Decision*, 41(8), 680–687.  
<https://doi.org/10.1108/00251740310496198>
- Martin, P. R., & Patterson, J. W. (2009). On measuring company performance within a supply chain. *International Journal of Production Research*, 47(9), 2449–2460.  
<https://doi.org/10.1080/00207540701725604>
- Micheli, M., Martinez, P., Mason, V., Marr, S., Gray, B., & Neely, D. (2007). Towards a definition of a businesses performance measurement system. *International Journal of Operations and Production Management*, 27(8), 784–801.
- Obradović, V., & Karapavlović, N. (2014). The convergence between IFRS and U.S. GAAP: Past and perspectives. Em Gordana Radosavljević (Ed.), *Contemporary issues in*

- economics, business and management – EBM 2014: Conference proceedings* (pp. 506–519). Faculty of Economics, University of Kragujevac.
- OECD. (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*,. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>
- Pearson, A. W., Nixon, W. A., & Kerssens-Van Drongelen, I. C. (2000). R&D as a business - What are the implications for performance measurement? *R and D Management*, 30(4), 355–366. <https://doi.org/10.1111/1467-9310.00190>
- Sofiyabadi, J., Kolahi, B., & Valmohammadi, C. (2016). Key performance indicators measurement in service business: a fuzzy VIKOR approach. *Total Quality Management and Business Excellence*, 27(9–10), 1028–1042. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1059272>
- Solomon, E. M. (2021). Types of R&D investment and firm productivity: UK evidence on heterogeneity and complementarity in rates of return. *Economics of Innovation and New Technology*, 30(5), 536–563. <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1846249>
- Sterlacchini, A., & Venturini, F. (2014). R&D and Productivity in High-Tech Manufacturing: A Comparison between Italy and Spain. *Industry and Innovation*, 21(5), 359–379. <https://doi.org/10.1080/13662716.2014.959315>
- Thaker, K. (2011). How does business performance measurement perform? An empirical study with reference to leading companies in India. *International Journal of Business Performance Management*, 12(4), 396–416. <https://doi.org/10.1504/IJBPM.2011.042015>
- Tseng, F. M., Chiu, Y. J., & Chen, J. S. (2009). Measuring business performance in the high-tech manufacturing industry: A case study of Taiwan's large-sized TFT-LCD panel companies. *Omega*, 37(3), 686–697. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2007.07.004>