



UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA

# Análise de eficiência e produtividade da inovação na economia europeia

Trabalho Final na modalidade de Dissertação  
apresentado à Universidade Católica Portuguesa  
para obtenção do grau de mestre em Business Economics

por

Nelson Tisso Miezi Eduardo

sob orientação de  
Professor Doutor Leonardo Costa

Faculdade de Economia e Gestão  
Março 2015



# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, porque sem a força espiritual da fé não teria sido possível concluir este trabalho.

Agradeço também ao meu orientador, Doutor Leonardo Costa, por quem tenho uma grande estima, pela sua paciência, e bom humor, por partilhar comigo o seu conhecimento sobre a ciência económica e muito mais.

Agradeço a toda a minha família, em especial ao meu pai, Makina Lele Eduardo, que desde pequeno me ensinou a dedicação aos estudos, o espírito de sacrifício e o respeito ao próximo. Devo ao meu pai tudo o que hoje sou. À minha querida mãe, Esperança João Miezi e à minha madrastra, Marta Wumba, por me darem todo o seu apoio e sabedoria. Ao meu tio Hermenegildo João Almeida pelo apoio durante todo este percurso. Ao meu irmão e amigo, João Pedro Eduardo (JP), por estar sempre comigo nos momentos mais difíceis e saber me orientar. À minha querida noiva, Alice Maria Masueme, pelo amor, compreensão e paciência, sem o qual tudo seria mais difícil

Aos meus amigos e colegas do Mestrado, pelos bons momentos de verdadeira fraternidade e amizade: Vasco Januário, Edna Nunda, Christina Ndengani, Esperança Tchili, Nelson Vumbi, Indira Segunda, Yuri Quixina, Precioso Domingos, Victor Chia, Richard Kooiker, António Matera, Nacho Embid Seoane, João Pedro, Ilias Safir, Birty Van Bae, Ana Cristina Inácio, Rui Borges (Capitão), Joaquim Carneiro, Maria Lemos, Vasco Fernandes, Sofia Alvares Ribeiro, Vasco Mendes e Rui Moutinho.

E por último, mas não menos importante, aos professores que tive no Mestrado em Business Economics, pelo profissionalismo, respeito pelos alunos e disponibilidade para ensinar.



# Resumo

A inovação impulsiona o crescimento económico. A sua produção implica a mobilização de recursos escassos. Quanto mais produtiva e eficiente for maior será o crescimento económico. A presente dissertação de mestrado teve como objetivo analisar o crescimento, a produtividade e a eficiência da produção de inovação na União Europeia (UE-28), no período 2006-2012, e o impacto de determinadas variáveis ambientais sobre os níveis de ineficiência técnica. A base de dados resulta do relatório do Innovation Union Scoreboard de 2014. O método utilizado foi o da análise de fronteiras estocásticas (SFA), segundo o modelo de Battese et Coelli (1995) e utilizando uma função Cobb-Douglas. O crescimento da inovação foi decomposto em acumulação do *input*, variações da produtividade (TFP) e numa componente residual (random shocks). As variações do TFP foram decompostas em mudanças tecnológicas, de escala e de ineficiência técnica, segundo a decomposição de Kumbhakar e Lovell (2000). Os resultados obtidos mostram que a produção de inovação exhibe rendimentos decrescentes à escala. No período analisado não houve mudanças tecnológicas e o crescimento da inovação na UE-28 é devido aos ganhos de produtividade, à acumulação de fator e à componente residual. Os ganhos de produtividade resultam exclusivamente dos aumentos da eficiência técnica. Especulamos que a componente residual poderá ser explicada pela Grande Recessão mundial. A ineficiência técnica diminui com o crescimento económico, com o aumento do rendimento médio, com a redução da desigualdade económica, com o controlo da inflação e do desemprego. Excesso de liquidez financeira e de descentralização política contribuem para o aumento da ineficiência técnica.

Palavras-chave: inovação, fronteiras estocásticas, União Europeia.

# Abstract

Innovation drives economic growth. Its production involves the use of scarce resources. The more productive and efficient it is the greater will be economic growth. The present thesis aimed to analyze growth, productivity and efficiency of innovation production in the European Union (EU-28), in the period 2006-2012, as well as the impact of certain environmental variables on the technical inefficiency. The database comes from the Innovation Union Scoreboard 2014 report. The method employed was the stochastic frontiers analysis (SFA), specified according to Battese et Coelli (1995) model and using a Cobb–Douglas function. Innovation growth was decomposed in input accumulation, total factor productivity (TFP) changes and random shocks. TFP changes were decomposed in technological change, technical efficiency change and variations in returns to scale according to Kumbhakar et Lovell (2000) decomposition. Results show that the production of innovation has decreasing returns to scale. In the period under analysis there was no technological change. Innovation growth in the EU-28 resulted from productivity gains, accumulation of inputs and from a residual component. The productivity gains resulted exclusively from the increase of technical efficiency. We speculate that the residual component can be explained by the Great Recession. Technical inefficiency decreases with economic growth, higher standards of living, reduction of economic inequality, and the control of inflation and unemployment. Excessive financial liquidity and political decentralization contribute to increase technical inefficiency.

Keywords: innovation, stochastic frontier analysis, European Union.



# Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vi
Índice .....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas .....	x
1. Introdução.....	11
2. Revisão de Literatura .....	13
2.1 Inovação e crescimento económico .....	17
2.2 Modelos de Inovação.....	19
2.3 Processo de Inovação .....	23
2.4 Causas da Inovação .....	25
2.4.1 Invenção e criatividade .....	25
2.4.2 Empreendedorismo .....	26
2.4.3 Organização para a inovação .....	26
2.4.4 Visão e inovação.....	28
2.4.5 <i>Clusters e Networks</i> .....	30
2.5 Sistema nacional de inovação .....	32
2.6 Sistema de indicadores de inovação .....	35
2.6.1 Tipos de sistemas de indicadores de inovação .....	35
2.6.2 Global Innovation Index (GII).....	36
2.6.3 Innovation Union Scoreboards (IUS) .....	39
3. Modelo Empírico .....	42
3.1 Razões para a escolha do método SFA .....	42
3.2 Modelo de Battese et Coelli (1995) .....	46
3.3 Dados .....	50
3.4 A função de produção escolhida: Cobb_Douglas .....	54
4. Resultados e Discussão .....	57
4.1 Resultados da estimação da fronteira .....	57
4.2 Efeitos de ineficiência técnica.....	59
4.3 Eficiência técnica e rendimentos à escala .....	61
4.4 Decomposição do crescimento da inovação .....	63
5. Conclusão.....	66
Bibliografia.....	68
Anexos.....	77

# Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Modelo Linear de Inovação.....	20
<b>Figura 2:</b> Modelo “Chain-Linked”.....	21
<b>Figura 3:</b> Modelo “Chain-Linked” – detalhado.....	22
<b>Figura 4:</b> Estrutura de indicadores do Global Innovation Index 2014.....	38
<b>Figura 5:</b> Estrutura de indicadores do Innovation Union Scoreboards.....	41
<b>Figura 6:</b> Técnicas de análise de produtividade e eficiência.....	43
<b>Figura 7:</b> Fronteira estocástica da função de produção.....	45
<b>Figura 8:</b> Fronteira de produção da inovação na UE-28.....	61

# Índice de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Categorias da visão corporativa.....	30
<b>Tabela 2:</b> “Escada” do <i>Cluster</i> : variação no conceito de <i>Cluster</i> . .....	31
<b>Tabela 3:</b> Estimação da fronteira estocástica de produção de inovação. ....	58
<b>Tabela 4:</b> Ranking de Eficiência Técnica (TE) na UE-28. ....	62
<b>Tabela 5:</b> Decomposição do crescimento da inovação (taxa de crescimento anual composta).....	65

# 1. Introdução

O objetivo deste trabalho é efetuar uma análise de *benchmarking* da produtividade e eficiência da inovação nos países da União Europeia, no período 2006-2012.

O fenómeno da inovação está presente desde os primórdios da humanidade. Entre os inúmeros exemplos, destacamos: o domínio do fogo, o surgimento da agricultura, a invenção do alfabeto, a invenção da roda, a metalurgia, a domesticação dos animais e, mais recentemente, a invenção da máquina a vapor, da eletricidade, do automóvel, do avião, das telecomunicações, do computador, da internet, etc. Actualmente não é possível imaginar a sociedade humana a viver sem as referidas inovações. Pela análise histórica, podemos afirmar que a necessidade de inovar é intrínseca ao ser humano (Fagerberg, 2005).

Nas economias modernas da sociedade em rede, sociedade do conhecimento, ou sociedade da informação, a necessidade de inovar materializa-se na contínua busca de conhecimento e de informação, de tal modo que é possível considerar a existência de “economias baseadas no conhecimento” (OECD, 1996). O objetivo desta “corrida” à inovação vai além de uma simples “necessidade natural”, tem a ver com fato de que o crescimento da inovação contribui para crescimento económico de longo prazo de uma economia, através do aumento da produtividade total dos factores de produção (capital físico, capital humano e trabalho). Segundo Solow (1957), o progresso tecnológico é o principal determinante do crescimento do rendimento *per capita*.

A inovação pode ser considerada como o resultado de um processo produtivo, em que os *inputs* são os recursos afectados às actividades de inovação (ex. investigação e desenvolvimento) e os outputs o conhecimento e a invenção, ou seja, a inovação (Godin, 2007). Deste modo, o aumento da produtividade e

eficiência da produção de inovação contribui, em última análise, para impulsionar o crescimento económico.

No atual contexto, que é caracterizado por fraco crescimento económico e incerteza, a necessidade de encontrar soluções para impulsionar o crescimento económico passa, necessariamente, também por uma aposta na capacidade de criação de inovação. Tal como foi considerado por Mazzucato et Perez (2014), as políticas orientadas para a inovação, complementadas com profundas reformas estruturais, têm o potencial de promover o crescimento económico sustentável e inclusivo.

O método utilizado foi o da análise de fronteiras estocásticas orientadas para a produção, em particular, o Modelo de Battese et Coelli (1995). O modelo permite considerar na estimação da fronteira um conjunto de variáveis ambientais que explicam a ineficiência técnica. A SFA permite também decompor o crescimento da inovação no crescimento dos factores que a determinam, nas mudanças do Total Factor Productivity (TFP) e numa componente residual não explicada (random shocks). As mudanças do TFP são por sua vez decompostas em mudanças tecnológicas, nas alterações de escala e de ineficiência técnica, utilizando uma extensão da decomposição proposta por Kumbhakar et Lovell (2000).

A dissertação desenvolve-se do seguinte modo. Após este capítulo 1 introdutório, no capítulo 2 procedemos a uma revisão de literatura sobre a inovação e uma breve descrição de alguns dos principais sistemas de indicadores de inovação. No capítulo 3, apresentamos o modelo empírico, com a justificação da escolha do método SFA, a descrição dos dados, a justificação da função de produção Cobb-Douglas escolhida e a descrição do modelo de Battese et Coelli (1995). No capítulo 4, procedemos à apresentação e discussão dos resultados da estimação e da decomposição do crescimento da inovação e do TFP. Finalmente, no capítulo 5 apresentamos as principais conclusões do trabalho.

## 2. Revisão de Literatura

O termo inovação deriva do latim, *innovatiōne*, que significa renovação<sup>1</sup>. A principal característica de uma inovação é a novidade. Muitas vezes, o termo inovação tem sido usado como sinónimo de invenção. Por isso convém fazer uma distinção, antes de avançarmos para uma definição mais detalhada.

Segundo Fagerberg (2005), invenção é a primeira apresentação de um novo conceito para um produto e/ou processo, e a inovação é a primeira materialização deste conceito. No entanto, dada a forte interligação, nem sempre é fácil distinguir um do outro, mas normalmente há um espaço temporal entre ambos. Estes desfasamentos temporais são habitualmente de longo prazo (Rogers, 1995). Uma das razões para esses longos períodos reside nas condições específicas necessárias para o desenvolvimento de uma invenção e para a sua implementação na realidade. Para que uma invenção se transforme numa inovação, é necessário uma mobilização de recursos científicos, tecnológicos, financeiros, humanos, etc. Os desfasamentos temporais também resultam do facto de que algumas invenções são demasiadas avançadas para sua época, ou simplesmente porque não há desde logo mercado (Fagerberg, 2005).

A distinção entre invenção e inovação também é dificultada pelos desenvolvimentos constantes. Na maior parte dos casos, uma simples inovação resulta de um longo processo que envolve muitas invenções e inovações (Fagerberg, 2005).

Segundo Schumpeter (1934), a inovação pode ser classificada em cinco tipos: novos produtos, novos métodos de produção, novas fontes de fornecimento de matérias-primas, exploração de novos mercados, e novas formas de organização.

---

<sup>1</sup>Inovação in Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2015. [consult. 2015-01-23 15:01:17]. Disponível na Internet: <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/inovacao>

Em relação ao grau de diferenciação à tecnologia vigente, a inovação pode ser classificada em “incremental” ou “marginal” quando resulta de contínuas melhorias da tecnologia atual, e “radical” ou “revolução tecnológica” quando causa uma disrupção total com a tecnologia atual (Freeman and Soete, 1997). Esta classificação também está relacionada com o grau de incerteza da inovação, quanto maior a incerteza mais “revolucionária” é a inovação e quanto menor mais “evolucionária”.

O impacto de uma inovação radical ou revolucionária pode alterar a estrutura de mercados existentes, criar novos mercados ou tornar obsoletos produtos existentes (Christensen, 1997).

Em função do contexto, podemos distinguir entre inovação e imitação: Suponhamos que a empresa A inova num mercado e a empresa B implementa essa inovação num mercado diferente. Segundo Schumpeter (1934), a empresa A deve ser classificada como inovadora e a B como imitadora. Todavia, não se exclui a possibilidade que a imitação pode conduzir a uma inovação porque exige adaptação. O processo de difusão da inovação pode gerar em si inovações (Kline and Rosenberg, 1986).

Numa perspectiva mais actual, seguindo a definição do Manual de Oslo (2005), os cinco tipos de inovação considerados por Schumpeter (1934) podem ser agrupados em 4: inovação de produto, inovação de processos, inovação de *marketing* e inovação organizacional. Os dois primeiros são considerados como inovações tecnológicas. A inovação de produtos é a introdução de um bem/serviço novo ou significativamente melhorado nas suas propriedades ou objetivos finais. Inclui alterações relevantes nas especificações técnicas, componentes e materiais, facilidade de uso, etc. A inovação de processos é a utilização de um novo ou significativamente melhorado método de produção ou distribuição. A inovação de *marketing* é a aplicação de novos métodos de *marketing*, que alteram consideravelmente o *design* e/ou a embalagem, os canais

de vendas<sup>2</sup>, a promoção e o preço um produto. A inovação organizacional é a utilização de novos métodos organizacionais nos procedimentos que regulam o funcionamento da empresa, internamente ou nas suas relações externas.

Uma outra categoria de inovação, que vem ganhando cada vez mais notoriedade atualmente e de que vale a pena fazer uma breve descrição, é a inovação social. Esta surge como uma forma de tentar encontrar novas soluções para os crescentes problemas sociais. Segundo a Comissão Europeia (2013), a inovação social visa desenvolver e implementar novos conceitos sobre produtos, serviços e modelos, com vista solucionar os problemas sociais e criar novas relações sociais ou parcerias<sup>3</sup>. A inovação social tem como meio e fim as questões sociais, portanto é diferente das inovações tradicionais porque o principal objetivo não é o lucro, ou a competição, mas o bem-estar social.

Segundo Kline e Rosenberg (1986), dois grandes fatores, distintos e que se influenciam mutuamente, determinam o rumo e o ritmo do processo de inovação. O primeiro são as forças de mercado (ex. preços relativos, custos dos *inputs*, substitutos, etc), e o segundo são as forças dos avanços tecnológicos e científicos. Devido a complexidade da interação destes fatores, a inovação tem por natureza um caráter incerto. Desta forma, a geração de inovação impõe uma gestão e mitigação da incerteza. Quanto maior a “radicalidade” da inovação, maior é o grau de incerteza sobre o desempenho técnico, a reação do mercado e a capacidade de adaptação da organização.

A interdependência entre as forças do mercado e tecnológicas permite adotar uma perspectiva multidimensional da inovação. Muitas vezes há uma tendência de sobrestimar a superioridade tecnológica de uma inovação. Se o critério tecnológico fosse o mais importante, muitas inovações seriam um desastre em

---

<sup>2</sup> Os canais de venda estão relacionados com os métodos usados para vender bens e serviços aos clientes, e não aos métodos logísticos.

<sup>3</sup> Um exemplo de uma inovação social é o Projeto Re-Food, que começou em Lisboa, e tem como objetivo a recolha nos restaurantes da cidade de restos de alimentos em boas condições para ser distribuído às famílias carenciadas.

termos de resposta do mercado. A evolução tecnológica é uma condição necessária mas não suficiente para estabelecer a utilidade económica de uma inovação (Kline e Rosenberg, 1986). Contudo, nem todas as oportunidades de inovação que vêm do mercado são tecnicamente viáveis. Para que uma inovação tenha sucesso, implica um equilíbrio entre os requisitos tecnológicos e do processo de produção, as necessidades do mercado e também a capacidade da empresa continuar a apoiar o processo de inovação de forma efetiva.

No campo académico, também prevaleceu a ideia de subestimar a importância da conjugação dessas duas forças. Os economistas consideraram durante bastante tempo o processo de inovação como uma *"black-box"*. Deste modo, a compreensão do funcionamento do processo de inovação foi relegada durante muito tempo para segundo plano. Do lado da tecnologia, os tecnólogos restringiam-se na compreensão dos mecanismos técnicos do processo de inovação, subestimando, deste modo, a interação com o mercado.

Uma das limitações de considerar a inovação como uma *"black-box"* é a uniformização que se faz do processo de inovação, sem ter em conta o tipo de indústria, o conhecimento científico e tecnológico, as organizações. A outra limitação é subestimar os benefícios da difusão da inovação na economia. Assim sendo, a *"black-box"* não pode ser generalizada (Kline and Rosenberg, 1986).

Segundo Kline and Rosenberg (1986), um erro comum é considerar a inovação como sendo apenas as grandes revoluções tecnológicas, ou algo totalmente novo. Na verdade, tal como já foi referido, a maior parte das inovações resultam de pequenas melhorias contínuas. Normalmente, o verdadeiro potencial de uma inovação só é aproveitado depois de muitas mudanças. Na indústria petrolífera, a evidência empírica confirma que as melhorias subsequentes a uma inovação de processo têm um impacto maior para o progresso tecnológico do que a inovação inicial (Enos, 1958).

O sucesso de uma inovação, em última análise, depende não só do custo e do avanço tecnológico, mas também da existência de substitutos. Por isso, nem sempre as novas tecnologias vão substituir as antigas só pelo fato de serem novas, a novidade não é uma vantagem económica natural. Tecnologias antigas muitas vezes resistem às novas porque em determinados locais são mais adequados, têm um fornecimento competitivo de matérias-primas e desempenho superior em certas aplicações. E muitas tecnologias antigas ganham mais notoriedade e melhorias com a entrada de novas tecnologias (Kline and Rosenberg, 1986).

## 2.1 Inovação e crescimento económico

Os economistas clássicos atribuíram importância à inovação.<sup>4</sup>A relação entre inovação e crescimento económico é aqui analisada sob duas perspectivas: a evolucionária ou neo-Schumpeteriana e a neoclássica ou teoria do crescimento endógeno (Verspagen, 2005).

A perspectiva neo-Schumpeteriana/evolucionária subdivide-se em informal e formal. Na abordagem evolucionária informal, o desenvolvimento económico é analisada sob a perspectiva histórica (económica, científica e tecnológica). A análise histórica é usada de modo a desenvolver modelos heurísticos que possibilitem uma análise mais genérica (Verspagen, 2005).

Segundo Dosi (1982), um paradigma tecnológico é um padrão de solução para problemas tecnológicos específicos. Algumas inovações determinam o paradigma tecnológico que podem influenciar, durante muito tempo, futuros desenvolvimentos tecnológicos e económicos (Freeman e Louça, 2001). Estes desenvolvimentos subsequentes são considerados como “trajetórias tecnológicas”. Um outro resultado da perspectiva informal são as aglomerações temporais das inovações. Segundo Schumpeter (1939), as inovações seguem um

---

<sup>4</sup> Adam Smith (1776) e Karl Marx (1867).

padrão temporal assimétrico. Em alguns anos, surgem muitas inovações, e em anos seguintes diminui ou mesmo não surge nenhuma inovação.

Os paradigmas tecnológicos e as aglomerações temporais de inovações implicam que a inovação pode causar um padrão temporal irregular no crescimento económico. Uma das aplicações diretas destes conceitos são as “longas ondas” de crescimento económico, que duram entre 50-60 anos (Kleinknecht, 1987; Freeman and Louça, 2001) ou “ondas de Kondratiev” (Schumpeter, 1939). No entanto, a causalidade unidirecional entre a tecnologia e crescimento, ou “determinismo tecnológico” é uma limitação desta perspectiva (Bijker et al, 1987).

A abordagem evolucionária formal baseia-se na utilização da teoria evolucionária ou neo-Schumpeteriana para a construção de modelos que relacionam a inovação e o crescimento económico (Verspagen, 2005). Por exemplo, o modelo de Nelson e Winter (1982) e o de Chiaromonte e Dosi (1993). Estes modelos comprovam a existência de um crescimento equilibrado entre capital, trabalho e produto no longo prazo, tal como no modelo de Solow (1957).

Na perspectiva Neoclássica, o modelo de Solow (1956) considera o progresso tecnológico como um fator exógeno. No modelo de Solow (1957), o progresso tecnológico serve para explicar o crescimento da produtividade total dos fatores ou a parte residual, “resíduo de Solow”, do crescimento económico. Contudo, esta abordagem sobrestima a importância da inovação no crescimento económico, não considerando outros fatores também relevantes (ex: as instituições). Abrahamovitz (1956) considerava o “resíduo de Solow” como “a medida da nossa ignorância”. Apesar desta limitação, a produtividade total dos fatores é um indicador do contributo da inovação para o crescimento económico.

A perspectiva neoclássica está na génese dos modelos de crescimento endógeno. O ponto de partida é a tentativa de ultrapassar as limitações do modelo de Solow (1957) inerentes ao progresso tecnológico ser exógeno e aos

rendimentos à escala da função de produção serem constantes. Estes modelos endogeneizaram o progresso tecnológico através da modelação do processo de investigação e desenvolvimento (Verspagen, 2005). Um dos primeiros modelos de crescimento endógeno é o modelo de Romer (1986).

Os modelos de crescimento endógeno partem do pressuposto que a inovação é um bem público, logo a inovação de uma empresa difunde-se para as outras empresas. Essa expansão da inovação pode aumentar o *stock* de conhecimento numa economia, o que contribui para o aumento da produtividade do processo pesquisa e desenvolvimento (Romer, 1990); ou pode causar uma “destruição criativa” (Aghion e Howitt, 1992).

Os efeitos da difusão da inovação são os principais mecanismos que impulsionam o crescimento económico, porque permitem gerar retornos crescentes à escala a nível agregado, ao contrário dos modelos em que a função de produção apresenta retornos constantes à escala (ex. Solow, 1957).

Portanto, a principal diferença entre estas duas perspectivas está na concepção do processo de crescimento económico; a perspectiva evolucionária defende que o crescimento é fortemente determinado pelo contexto histórico e por fatores aleatórios, logo o crescimento económico é um fenómeno casual; e a perspectiva neoclássica considera que o crescimento económico é um processo determinístico, visto que é possível identificar fatores específicos aos padrões de crescimento, o que implica uma relação de causalidade<sup>5</sup>.

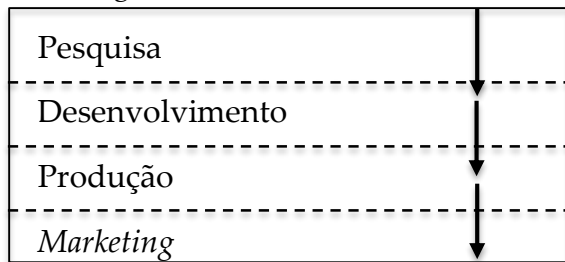
## 2.2 Modelos de Inovação

Durante muito tempo, o processo de inovação era concebido como uma sequência de fases independentes. Essa perspetiva é a base conceptual do modelo linear. Conforme ilustrado na figura 1, o processo de inovação começa com a

---

<sup>5</sup> Causalidade ligação entre causa e efeito. In Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2015. [consult. 2015-01-29 03:09:48]. Disponível na Internet: <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/causalidade>

pesquisa, a seguir vem o desenvolvimento, depois a produção e por fim o *marketing*.



**Figura 1:** Modelo Linear de Inovação.

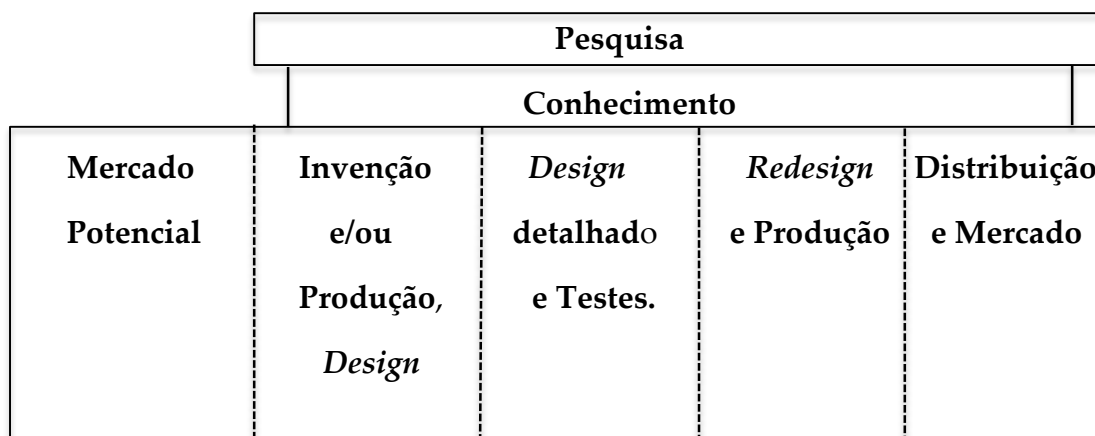
**Fonte:** Kline et Rosenberg, 1986.

Uma das limitações deste modelo é considerar que a inovação é a simples aplicação da ciência, assumindo, deste modo, que a fase mais importante é a da pesquisa (científica). Na maioria dos casos, a inovação não começa com a pesquisa, mais com o surgimento de novas necessidades no mercado. Convém realçar que a inovação tem como base a ciência, mas a necessidade de inovação também impulsiona o desenvolvimento da ciência, isto é, a influência é recíproca. Em muitas inovações, o *feedback* dos consumidores é a principal fonte de inovação (Von Hippel, 1988; Lundvall, 1988). Porém, a base científica continua a ser um requisito fundamental.

A outra limitação deste modelo é a simples relação de causa-efeito, a perspectiva unidirecional entre as fases assumida, que traduz uma falta de *feedback*. A comunicação num processo de inovação é fundamental porque permite detetar falhas através da troca de informações (Kline and Rosenberg, 1986).

Realça-se que a inovação “radical” depende sobretudo de uma *networking*, que possibilita a troca de informações entre várias unidades. A inovação “marginal”, por sua vez, também depende da troca de informações entre as várias fases para que surjam melhorias contínuas. Por fim, o modelo linear subestima a importância da aprendizagem durante o processo produtivo, ou o *learning-by-doing*.

Pelo que pudemos observar o modelo linear tem sérias limitações que induzem a uma visão distorcida da inovação. Uma perspectiva mais realista do processo de inovação é adoptado pelo modelo “*chain-linked*” (figura 2 e figura 3).



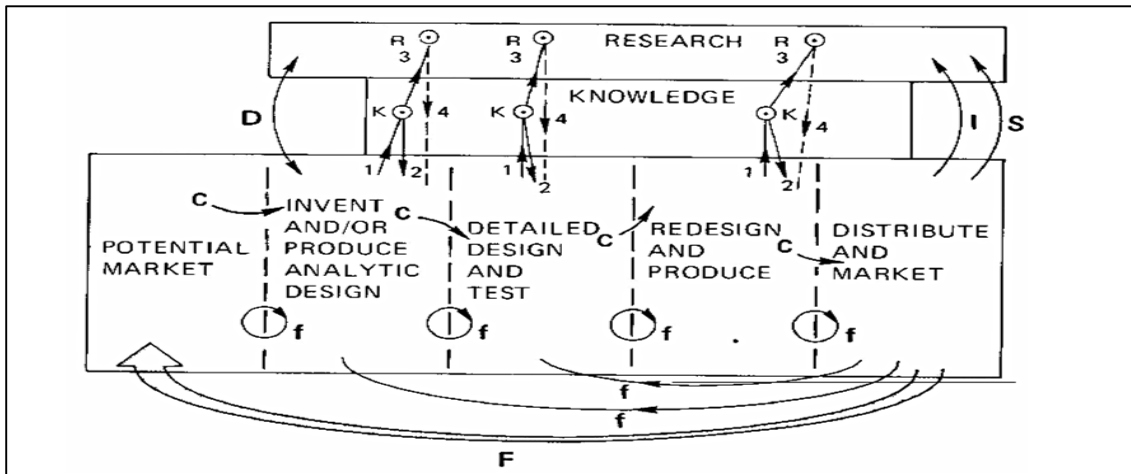
**Figura 2:** Modelo “Chain-Linked”.

**Fonte:** Kline and Rosenberg, 1986.

Na figura 3, o modelo é apresentado de uma forma mais detalhada. A primeira fase é considerada como a cadeia-central da inovação, indicada com as setas “C”. A fase inicial começa com o *design*<sup>6</sup> e passa pelo desenvolvimento, produção e *marketing*. Na segunda fase, o aspeto mais importante é a interação entre as várias unidades, que se processa através da troca de informações ou de um *feedback* constante. Essas interações são representadas pelas linhas “f-linhas de *feedback*” e “F – *feedback* particularmente relevante”.

Neste modelo, um potencial mercado só será explorado se existir viabilidade técnica e a superioridade técnica só será implementada se satisfazer alguma necessidade do mercado. A ligação entre ciência e a inovação ocorre não só no início mas também durante todo o processo. Esta ligação é demonstrada na figura 3, através das setas “D” e linhas “K” e “R”.

<sup>6</sup>*Design* – método que serve de base à criação de objetos e mensagens tendo em conta aspetos técnicos, comerciais e estéticos. Dicionário Porto Editora (2012).



**Figura 3:** Modelo “Chain-Linked” – detalhado.

**Fonte:** Kline and Rosenberg, 1986.

**Legenda:** K-R ligações entre conhecimento e pesquisa e trajetões de retornos. Se algum problema é resolvido no nó K, a linha 3 para R não é ativada. Retorno da pesquisa (linha 4) é complexo problemático, por isso a linha é tracejada; D – ligações diretas para e da pesquisa de problemas na invenção e concepção; I – suporte da pesquisa científica por instrumentos, máquinas, ferramentas e procedimentos da tecnologia; S – suporte da pesquisa nas ciências relacionadas com a área do produto com vista obter informações diretamente e monitorizar o trabalho exterior. A informação obtida pode ser aplicada qualquer lugar ao longo da cadeia.

Neste modelo, o conhecimento científico está presente em todas as fases do processo de inovação. As empresas recorrem a pesquisa quando o conhecimento científico actual não permite resolver uma questão particular. Realça-se também a necessidade de vários tipos de conhecimentos científicos em cada fase do processo.

O *design* resulta da invenção e do *design* analítico. O *design* analítico é a análise da estrutura de um produto ou a alteração do *design* actual, de modo a adaptá-lo para novas funções ou com vista a redução de custos (Kline and Rosenberg, 1986).

A possibilidade de novos conhecimentos criarem revoluções tecnológicas é representada no modelo pela seta “D” na figura 3. A seta “I” representa o contributo da inovação para a ciência. No modelo “*chain-linked*”, há a possibilidade de reduzir a incerteza em cada fase do processo e em cada linha de *feedback*.

A complexidade, a incerteza, as forças tecnológicas e de mercado têm moldado a forma como a inovação tem evoluído nos últimos tempos. De entre os vários desafios à inovação destacam-se: o aumento dos custos de investigação e desenvolvimento, principalmente de inovações radicais; a resistência a inovações radicais; os riscos financeiros (dada a elevada incerteza); o difícil equilíbrio entre os fatores tecnológicos e económicos (ex. as necessidades do mercado são conjunturais, e a qualquer momento alteram-se, tornando obsoleta muitas inovações recentes); fraco crescimento económico. Mas a necessidade de inovação será sempre um imperativo para a sobrevivência de uma empresa no mercado, e para o crescimento económico sustentado (Kline and Rosenberg, 1986).

### 2.3 Processo de Inovação

O processo de inovação permite transformar invenções em inovações, mas para que isso aconteça é necessário uma combinação de vários recursos internos e externos a empresa. A inovação é essencialmente um fenómeno empresarial (Lazonick, 2005). Deste modo, importa analisar a estrutura organizacional e o contexto que envolve o processo de inovação. Para transformar os *inputs* em *outputs*, uma empresa precisa de realizar três funções: estratégia, financiamento e organização. No caso do processo de inovação, o modelo de estratégia, financiamento e organização varia ao longo do tempo e entre indústrias e ambientes institucionais num determinado período de tempo. Desta forma, a análise do comportamento de uma empresa inovadora deve ser feita numa perspetiva histórica-comparativa (Lazonick, 2005).

Ao longo do tempo, evidências empíricas demonstraram que a estrutura de capitais de uma empresa não influencia o modelo de controlo estratégico que impulsiona o processo de inovação. As competências e os incentivos dos gestores

desempenha uma influência maior na capacidade inovadora das empresas (Lazonick, 2005).

Em termos de financiamento, a maior e, em muitos casos, a única fonte de recursos financeiros de longo prazo para o processo de inovação é a própria empresa. Quando é feito recurso ao crédito bancário, tal implica uma maior proximidade entre as duas entidades. Dado o carácter incerto da inovação, a maioria dos bancos não está disposta a assumir riscos elevados. Os mercados financeiros têm o papel importante de providenciar financiamentos a longo prazo (Lazonick, 2005).

O modelo organizacional tem um papel fundamental na capacidade de inovação de uma empresa. Mas essa influência varia ao longo do tempo e o sucesso de um modelo organizacional em impulsionar a inovação de uma empresa está sujeito às alterações das condições do mercado, tecnológicas e competitivas (Lazonick, 2005). A alteração do modelo organizacional com vista a sustentar o processo de inovação deve considerar o impacto na cultura organizacional. Ainda segundo Lazonick (2005), num processo de inovação, a relação entre estratégia, financiamento e organização permite gerar ao longo do tempo aprendizagem organizacional.

A complexidade do processo de inovação coloca desafios à sua gestão. E a contínua especialização na produção de bens/serviços e do conhecimento científico contribui para a crescente complexidade e para a delimitação do processo de inovação à sua evolução histórica (Pavitt, 2005). A crescente complexidade aumenta a incerteza da inovação; conduz à subvalorização do empreendedorismo técnico como uma competência de gestão, à politização das decisões de inovação, devido aos conflitos de interesse entre várias unidades (financeiros, engenheiros e marketing), e tem um efeito adverso na capacidade de uma empresa lidar com as grandes inovações radicais (Pavitt, 2005). No entanto, apesar da incerteza e da complexidade, a coordenação e integração de

conhecimentos especializados e a aprendizagem contínua são dois processos de inovação que se aplicam a qualquer indústria, empresa e contexto (Pavitt, 2005).

## 2.4 Causas da Inovação

Feita a incursão acima pelos mecanismos de funcionamento da “*black-box*”, ou do processo de inovação, nesta secção analisamos aquilo que nos diz a literatura sobre os principais determinantes ou causas da inovação.

### 2.4.1 Invenção e criatividade

A criatividade<sup>7</sup> e a invenção jogam um papel importante no processo de inovação. Mas o foco principal na literatura tem sido a invenção. Esta literatura baseia-se na economia de redes (*networking*) e na divisão do trabalho.

Uma das principais fontes de invenção e inovação resulta de um processo de aprendizagem assente em diferentes áreas de conhecimento (Simon, 1985). Quanto maior a rede de contatos de aprendizagem maior a probabilidade de surgir uma invenção. Mas para Smith (1776), a invenção é um resultado direto da divisão do trabalho, logo a rede de contatos é irrelevante. A divisão do trabalho leva a especialização, que por sua vez cria incentivos para a invenção.

Parecem bastantes antagónicos essas duas perspetivas. Mas a invenção que resulta da divisão do trabalho não é ilimitada, ou seja tende a diminuir à medida que aumenta o grau de especialização, porque afeta negativamente as capacidades cognitivas do trabalhador (Smith, 1776). Uma outra fonte de invenção, ainda segundo Smith (1776), são os inventores, ou cientistas, que se dedicam exclusivamente à investigação.

---

<sup>7</sup> Criatividade é a capacidade para criar ou inventar coisas. Dicionário Porto Editora (2012).

## 2.4.2 Empreendedorismo

De entre as várias perspetivas do contributo do empreendedor para a inovação vamos destacar a de Schumpeter e a de Shackle/Earl.

Segundo Schumpeter (1934), o empreendedor tem um papel semelhante ao inovador, por causa da sua capacidade de criar novos negócios, mercados, produtos. Mas esta perspetiva tem algumas limitações. Por exemplo, o conceito de inovação implica ser o primeiro a introduzir uma novidade no mercado. Para ser inovador, o empreendedor deve ser sempre o primeiro. Ou seja, toda a atividade de gestão de um negócio após a inovação não é empreendedorismo. Isto é, o empreendedorismo de Schumpeter não inclui atividades que contam como empreendedorismo noutras perspetivas. Ainda de acordo com Schumpeter (1934), o risco financeiro da inovação é assumido pelos capitalistas e não pelos empreendedores.

A perspetiva de Shackle/Earl (2003) baseia-se no pressuposto de que uma grande parte das ideias inovadoras resulta de novas formas de combinação de um conjunto definido de conhecimentos e/ou informações. Deste modo, o empreendedor tem a capacidade de combinar vários conhecimentos de forma a descobrir novas oportunidades de negócio. Segundo Martin (2007), grandes homens de negócio têm uma incrível capacidade de pensar de forma diferente e de integrar vários conhecimentos. Neste sentido, o empreendedorismo inclui atividades que não contariam como inovação na perspetiva de Schumpeter.

## 2.4.3 Organização para a inovação

O tipo de organização mais adequado a incentivar a inovação depende das perspetivas sobre a criatividade e invenção abordadas acima e do tipo de inovação fomentado: a especialização e divisão do trabalho, que fomenta mais inovações incrementais, a economia de redes, que fomenta mais inovações radicais ou disruptivas. A abordagem da divisão e especialização do trabalho

tende adequar-se mais em organizações com hierarquias, particularmente com estruturas funcionais rígidas, ou em organizações *U-form*<sup>8</sup>. A divisão do trabalho contribui positivamente para a inovação, mas esse contributo é bidirecional: a divisão do trabalho incentiva a invenção, o que conduz à inovação, mas a inovação também pode causar a divisão do trabalho. Segundo Smith (1776), a invenção e a inovação são um resultado direto da divisão do trabalho. A mesma perspectiva é defendida por Marx (1867), que realça os incentivos para a inovação resultantes da divisão do trabalho, embora sem deixar de reconhecer que a divisão do trabalho também pode resultar da inovação. Apesar dos claros benefícios, a divisão do trabalho tem as suas limitações, como a dimensão do mercado e os efeitos sociais perversos sobre o trabalhador (Smith, 1776).<sup>9</sup> Na perspectiva de John Rae (1834), a divisão do trabalho resulta da invenção. Segundo este autor, as invenções que aumentam a produtividade do trabalhador tenderão a ser adoptadas por causa do potencial de lucros resultantes das economias de escala. O aumento de produtividade permite reduzir o número de trabalhos dedicados a uma tarefa, o que conduz a uma maior divisão do trabalho. Ou seja, a inovação cria novas áreas profissionais ou científicas que levam à divisão de trabalho e a divisão do trabalho permite gerar inovação através da especialização.

Uma outra perspectiva da divisão do trabalho é atribuída a Charles Babbage (1835). Segundo este autor, a divisão do trabalho permite atribuir as tarefas em função das habilidades do trabalhador, ou seja, cada trabalhador desempenha as tarefas para as quais tem melhores competências, conduzindo à especialização do trabalho ao aumento da produtividade. Isto ficou conhecido como o “Princípio de Babbage”.

---

<sup>8</sup> Na organização U-form cada unidade da empresa gere uma função particular do negócio.

<sup>9</sup> Muitos outros autores criticaram a divisão do trabalho, tais como: Ruskin (1904), Jevons (1878), Durkheim (1893).

As organizações hierárquicas operam tipicamente em mercados com poucas inovações. A estrutura hierárquica possibilita a divisão do trabalho as economias de escala resultantes da especialização. Mas não fomenta muito os canais de comunicação entre as várias unidades, o que limita a troca e a partilha de conhecimentos (Freeman and Soete, 1997). A perspectiva da economia de redes adapta-se melhor a uma estrutura organizacional de *networking*. Numa *networking*, as relações entre grupos de trabalho não são reguladas por regras formais rígidas. Uma empresa de *networking* é aquela que se especializa numa secção da cadeia vertical e comercializa com uma rede de outras empresas para completar a cadeia vertical (Swann, 2009). Algumas das vantagens das organizações baseadas nesse tipo de estrutura são a sua forte capacidade de adaptação e interligação entre as várias unidades e a sua versatilidade, que lhes permitem impulsionar a geração de inovações radicais. Organizações de *networking* não se adequam a sistema de funcionamento rígidos, dada a sua constante necessidade de adaptação (Freeman and Soete, 1997).

As grandes empresas tendem a adoptar estruturas que permitem explorar economias de escala (*U-form*), enquanto as *startups* tendem a implementar estruturas de rede. Portanto, as primeiras têm mais inclinação para inovações marginais e as últimas para inovações radicais.

#### 2.4.4 Visão e inovação

A visão do futuro de uma tecnologia ou de um mercado tem um impacto significativo sobre o processo de inovação de uma empresa. A visão pode ser classificada segundo dois critérios: finalidade e efeitos. No que refere à finalidade, a visão pode ter objetivos de curto-prazo (táticos), ou objetivos de

longo-prazo (estratégicos). Quanto aos efeitos, a visão pode ter efeitos internos ou externos à empresa<sup>10</sup>.

O uso tático da visão é uma declaração sobre a intenção de introduzir um produto particular, serviço ou processo de produção em algum momento num futuro próximo. É normalmente considerado como pré-anúncio (G.M Peter Swann, 2009).

Pré-anúncios táticos, internamente, podem ajudar uma empresa a estabelecer o tipo de procedimentos organizacionais fundamentais para o funcionamento de uma organização hierárquica. Segundo Nelson et Winter (1982), os procedimentos organizacionais servem de trégua nos conflitos intra-organizacionais. O exemplo mais típico é o conflito entre a função de marketing e a função de pesquisa e desenvolvimento. Através de um pré-anúncio, o CEO pode obrigar as duas unidades a comprometerem-se no objetivo anunciado.

Externamente, um pré-anúncio incentiva o cliente a aguardar por um produto com maior qualidade e a menor custo, em detrimento do produto disponível de um concorrente; e serve também como um sinal para os concorrentes ou como uma estratégia de detenção de entrada.

O uso estratégico de uma visão, internamente, serve como um instrumento de planeamento a longo prazo na empresa.

Externamente, pode influenciar as decisões de investimento dos consumidores e/ou deter a decisão de entrada dos concorrentes. Na visão estratégica externa, o objetivo é dar ao consumidor uma perspectiva da evolução da tecnologia, e incentivá-lo a desenvolver as suas decisões de planeamento e investimento. Isto aplica-se principalmente quando os custos de mudanças são elevados para os clientes. A tabela 1, na página a seguir, sintetiza a relação entre finalidade e efeitos da visão.

---

<sup>10</sup> Os efeitos externos podem ser subclassificados em função do impacto nos concorrentes, parceiros de negócio, clientes, governo e outros.

Efeitos/Finalidade	Tático	Estratégico
Interno	Criar um compromisso entre unidades rivais da empresa em relação a um produto particular.	Reorganizar a empresa para lidar com futuras mudanças tecnológicas.
Externo	Incentivar o cliente a esperar por um novo produto.  Sinalizar às empresas concorrentes ou deter a sua entrada.	Incentivar o cliente a ter em conta a visão do futuro da tecnologia ao planear a compra de produtos.

**Tabela 1:** Categorias da visão corporativa.

**Fonte:** Swann, 2009.

### 2.4.5 *Clusters e Networks*

Na literatura existem diferentes conceitos de *cluster*. A tabela 2 ajuda a distinguir os vários critérios utilizados para definir um *cluster*.

Tendo em conta a Tabela 2, um *cluster* começa por ser considerado um agrupamento de empresas num determinado espaço, com semelhanças no tipo de tecnologias. Em seguida, considera-se que as empresas obtêm rendimentos elevados pelo facto de participarem no *cluster* e desempenharem funções diferentes numa mesma cadeia de valor (*cluster* enquanto cadeia de valor), sendo por isso dependentes uma das outras. As empresas especializam-se numa tarefa específica e fazem *outsourcing* das outras tarefas e beneficiam de externalidades Marshallianas<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> As externalidades Marshallianas (Marshall, 1890) resultam da partilha de ativos, tais como a provisão de produtos específicos e serviços de por fornecedores especializados e a criação de um mercado de trabalho especializado, e beneficiarem de efeitos de *spillovers* de conhecimentos.

Fenómeno	Riqueza do Cluster	Dificuldade de Medição
Troca informal de conhecimento	Rico	Difícil
Colaboração explícita	↑	↓
Mobilidade laboral		
Externalidades Marshallianas		
Empresas de <i>Networking</i>		
Empresas interdependentes na cadeia de valor		
Co-localização e desempenho superior		
Co-localização e proximidade tecnológica		
Co-localização	Superficial	Fácil

**Tabela 2:** “Escada” do *Cluster*: variação no conceito de *Cluster*.

Fonte: Swann, 2009.

A mobilidade de trabalho permite a transferência de conhecimentos num *cluster*. As empresas colaboram nos projetos de pesquisa e desenvolvimento. Por fim, existe uma troca informal de conhecimento entre os colaboradores, tanto da mesma empresa como de empresas diferentes.

Quanto às vantagens e desvantagens do *cluster*, estas podem ser agrupadas em provenientes da procura e provenientes da oferta. As vantagens provenientes da procura resultam do facto de consumidores ativos<sup>12</sup> contribuírem para o processo de inovação, da redução dos custos de pesquisa para os potenciais clientes (ativos), dos ganhos de quota de mercado<sup>13</sup>, das externalidades de informação que resulta do fato das empresas poderem obter diretamente

<sup>12</sup> Ao contrário dos consumidores passivos, os consumidores ativos contribuem com idéias para o processo de inovação da empresa.

<sup>13</sup> Segundo o modelo de Hotelling (1929), as empresas têm ganhos de quota de mercado quando se agrupam numa determinada zona.

informações sobre as outras empresas<sup>14</sup>, e a redução dos custos de transação<sup>15</sup>. No que refere às desvantagens, destaca-se unicamente a forte competição pelos clientes locais, o que no caso de uma empresa multinacional é um pouco irrelevante.

Quanto às vantagens e desvantagens provenientes da oferta, as principais vantagens são a maior proximidade entre empresas clientes e empresas fornecedoras, o que possibilita o contato direto com as empresas que fornecem materiais intermédios específicos, a oferta de trabalho especializada e de outros *inputs*; a partilha de infraestruturas específicas para o *cluster*, a redução dos custos de transação, as externalidades associadas à informação e à difusão de conhecimento (pelas mesmas razões para as vantagens do lado da procura). E as principais desvantagens são a forte concorrência pelos fatores de produção, a elevada pressão sobre as infraestruturas, a possibilidade de aumento do poder dos fornecedores (cartéis) e, por fim, “Novas idéias precisam de novos espaços”. Esta última significa que a proximidade num *cluster*, ao criar uma forma de pensamento comum, pode limitar a criatividade ao colocar resistências a novas formas de pensar.

## 2.5 Sistema nacional de inovação

O processo de inovação, apesar de acontecer principalmente nas empresas, também recebe contributos de outras organizações que pertencem ao ambiente externo. A relação entre essas organizações é regulada por um conjunto de instituições<sup>16</sup>. Estas instituições desempenham um papel fundamental na criação de incentivos e de barreiras à inovação.

---

<sup>14</sup>Exemplo a principal vantagem competitiva dos concorrentes, fornecedores, clientes, etc.

<sup>15</sup>Num *cluster*, os custos de transação são reduzidos devido a proximidade entre as empresas, e ao desincentivo ao comportamento oportunístico resultante da externalidade de informação.

<sup>16</sup> Como exemplo de organizações temos: os consumidores, fornecedores, universidades, organismos públicos, parceiros internacionais, etc. E instituições: as leis, regulamentos, hábitos culturais.

O sistema nacional de inovação é constituído pelas organizações e instituições envolvidas no processo de geração e troca de conhecimento (Edquist, 2005). Segundo Freeman (1987), o sistema nacional de inovação é um conjunto de instituições/organizações públicas e privadas cuja as atividades e interações permitem iniciar, importar e difundir novas tecnologias. A estrutura produtiva e o quadro institucional são os dois maiores determinantes do sistema nacional de inovação (Lundvall, 1992). A principal função de um sistema nacional de inovação é a desenvolvimento, difusão e utilização de inovações (Edquist, 2005). Dentre as várias atividades que são realizadas num sistema nacional de inovação realçam-se: a disponibilização de pesquisa e desenvolvimento; a criação de competências (ex. formação e educação); a promoção de mudanças institucionais com vista a criar incentivos e/ou remover barreiras à inovação; e o financiamento para a inovação. Na perspetiva de Edquist (1997b), o sistema nacional de inovação é o conjunto de todos os fatores económicos, sociais, políticos, organizacionais, institucionais, entre outros, que determinam o crescimento, a difusão e a utilização da inovação. Segundo Nelson (1993), as políticas e os programas governamentais, as leis da nação, a língua e os hábitos culturais, juntamente com as fronteiras definem o sistema nacional de inovação. Apesar do forte processo de globalização, ainda existem diferenças significativas nos sistemas nacionais de inovação e essas diferenças são explicadas por diferenças históricas, culturais e no período de industrialização do respetivo país (Landes, 2003). As várias definições têm em comum o fato de realçarem o carácter sistémico da inovação.

Além do elemento nacional, o sistema de inovação de um país também tem um elemento tecnológico (Carlsson, 1995), um elemento sectorial (Breschi e Malerba, 1997) e um elemento regional (Cooke, P et al.1997; Braczyk et al, 1998; Cook, 2001; Asheim e Isaksen, 2002). Os vários elementos fornecem uma perspectiva sistémica da inovação (Edquist, 1997b). Um sistema de inovação

pode ser delimitado em termos espaciais/geográficos (regiões ou países), sectoriais (área tecnológica ou produtos), e em termos de atividades (Edquist, 2005).

Segundo Edquist (2005), de entre as várias vantagens da perspectiva sistémica da inovação, destacam-se: o reconhecimento da inovação como endógena (em vez de ser considerado como “exógena”; o ser holística e interdisciplinar; o permitir a análise do processo de inovação sob uma perspectiva evolucionária e histórica; o evidenciar da interdependência e da não-linearidade da inovação<sup>17</sup>, bem como da importância das instituições.

Apesar de ser fortemente difundido, o sistema nacional de inovação tem algumas limitações, tais como: a falta de clareza de alguns conceitos<sup>18</sup> e o facto de não ser literalmente uma teoria, mas sim uma perspectiva (Edquist, 1997b). No que refere à primeira limitação, organização é uma estrutura formal, com origem voluntária e objetivo específico. Instituição é o conjunto de hábitos comuns, normas, rotinas, práticas estabelecidas, regras, ou leis que regulam as relações e as interações entre indivíduos, grupos ou organizações (Edquist e Johnson, 1997). Em qualquer sistema de inovação, as organizações, em particular as empresas, e as instituições são os principais componentes, apesar de variarem significativamente entre sistemas (Edquist, 2005). Segundo a OECD (2002<sup>a</sup>), a interação entre organizações num sistema nacional de inovação pode ser: competitiva quando as mesmas são rivais (o que afeta os incentivos para a inovação); transaccional, quando há uma troca (de bens, serviços, conhecimento tácito, etc) entre as organizações; de *networking*, quando há um processo através do qual o conhecimento é transferido através da colaboração, cooperação e contrato de *networking* (de longo prazo). Apesar das instituições influenciarem fortemente as organizações, o contrário também não deixa de ser verdade. Há

---

<sup>17</sup>Ver subcapítulo 2.2, pág. 20.

<sup>18</sup>O termo instituições para alguns autores significa um conjunto de organizações (Nelson e Rosenberg, 1993), e para outros é um conjunto de regras (Lundvall, 1992).

uma complexa interação entre ambos. As instituições também colaboram ou entram em conflitos entre si (Edquist and Johnson, 1997). Contudo, em muitos casos a compreensão da relação entre organização e instituição é limitada pela ambiguidade conceptual.

Um dos exemplos da utilização da perspectiva do sistema nacional de inovação é o conceito de capacidade inovativa nacional que, segundo Furman, Porter & Stern (2002), mede a capacidade de um país gerar a longo prazo inovações economicamente viáveis a nível mundial<sup>19</sup>.

## 2.6 Sistema de indicadores de inovação

### 2.6.1 Tipos de sistemas de indicadores de inovação

Segundo Keith Smith (2005), a inovação não é mensurável em todas as suas formas, mas as principais dimensões do seu processo e resultados podem ser quantificados. Contudo, um dos principais problemas dos indicadores de inovação está relacionado com a base conceptual do objeto a ser mensurado, o significado do conceito de medição e a viabilidade geral dos vários tipos de medição (Smith, 2005).

Um dos principais contributos teóricos para o desenvolvimento de sistemas de indicadores de inovação é o modelo “*Chain-Linked*” desenvolvido por Nathan Rosenberg e Steven Kline (1986)<sup>20</sup>. O contributo destes autores, em particular de Nathan Rosenberg, teve uma forte influência na criação do Manual de Oslo.

Segundo Smith (2005), as sondagens sobre a inovação podem ser classificadas em dois tipos:

- i. Abordagem “Objeto”: direcionada para as inovações tecnológicas significantes, restringindo a recolha de dados a inovações específicas

---

<sup>19</sup> Segundo estes autores, fatores específicos afetam a capacidade de inovação de um país, ou seja, determinam a capacidade de produção de inovação.

<sup>20</sup> Ver subcapítulo 2.2, pág. 21.

(OCDE, 2005). Esta abordagem enfatiza o resultado objetivo (*output*) do processo de inovação e tem a vantagem de centrar-se totalmente na tecnologia, possibilitando uma forma de avaliação externa do papel da inovação (sem viés de subjetividade). Permite também desenvolver uma perspectiva histórica do progresso tecnológico (Smith, 2005). Contudo, esta abordagem tem a desvantagem de se restringir às inovações radicais.

- ii. Abordagem “Sujeito”: direcionado para as atividades de inovação ao nível da empresa. Nesta abordagem, destaca-se o processo de inovação no seu todo, tanto os *inputs* e como os *outputs*. O principal objetivo é explorar os fatores que influenciam o processo de inovação nas empresas (estratégias, incentivos e barreiras), a dimensão das atividades de inovação, e os respetivos efeitos (OCDE, 2005). A abordagem “Sujeito” proporciona uma análise mais abrangente do processo de inovação, apesar dos indicadores que resultam desta abordagem também restringirem a inovação ao campo tecnológico (Smith, 2005). Permite obter uma maior consistência entre o conceito de mudança, novidade e comensurabilidade. Permite também categorizar as atividades de inovação, tendo como base conceptual o contributo de Kline et Rosenberg (1986). O Manual de Oslo (2005), e os relatórios baseados no mesmo<sup>21</sup>, têm como referência a abordagem “Sujeito”.

## 2.6.2 Global Innovation Index (GII)

O GII tem como objetivo classificar a capacidade de inovação e os resultados das economias ao nível internacional. O GII é constituído por dois sub-índices:

---

<sup>21</sup>O Innovation Union Scoreboards e Global Innovation Index, que serão abordados na seção seguinte, e entre outros.

sub-índice do *input* da inovação e sub-índice do *output* da inovação. Ambos os sub-índices baseiam-se em pilares.

O sub-índice do *input* da inovação agrupa cinco pilares, que representam as características de uma determinada economia que impulsionam as atividades de inovação: instituições, capital humano e investigação, infraestrutura, sofisticação/grau de desenvolvimento do mercado e do negócio.

O sub-índice do *output* da inovação agrupa dois pilares que servem como uma *proxy* dos efeitos da inovação: conhecimento e produtos tecnológicos e produtos criativos. Os pilares subdividem-se em sub-pilares e estes últimos em indicadores<sup>22</sup>.

O GII é uma média aritmética dos sub-índices do *input* e *output* da inovação. O rácio de eficiência da inovação é medido pelo quociente do sub-índice do *output* da inovação pelo sub-índice do *input* da inovação<sup>23</sup>.

A figura 5 descreve a estrutura de indicadores do GII. Esta estrutura demonstra que a inovação é um fenómeno complexo e multifacetado, que influencia e é influenciado por vários fatores ou *inputs*, tanto internos como externos às empresas, e que gera vários *outputs*.

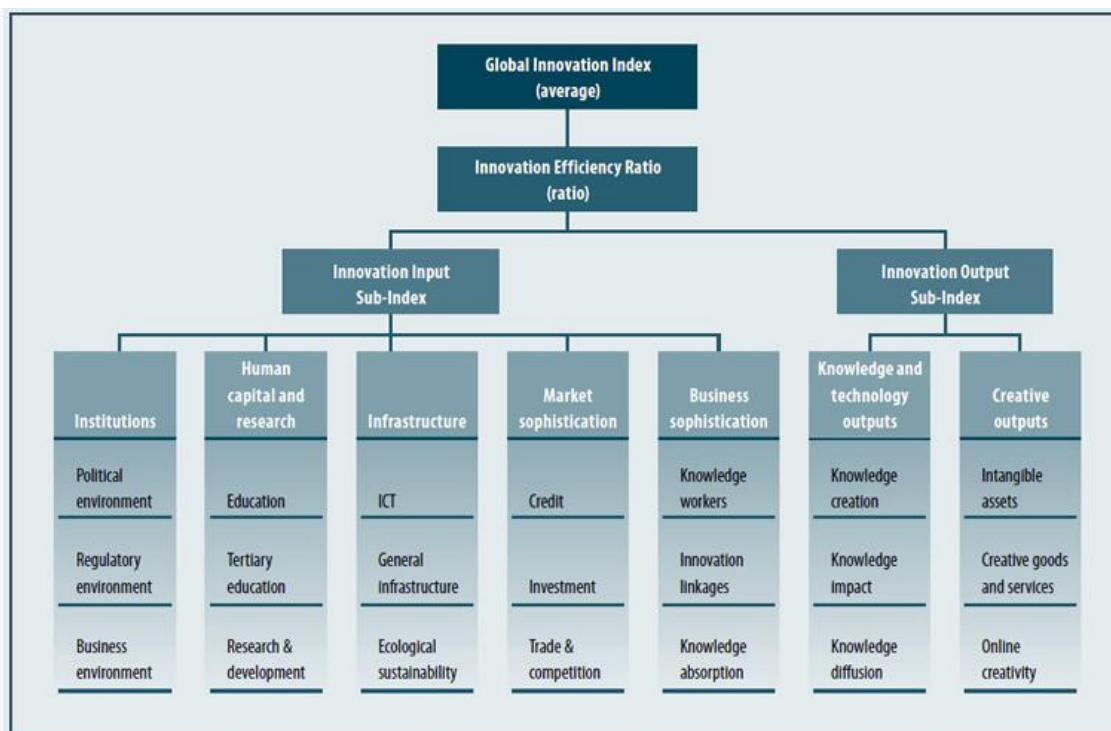
Estes indicadores permitem compreender melhor o funcionamento da “*black-box*” da inovação, tendo em consideração que o processo de inovação deve ser analisado sob a perspetiva do modelo “*Chain-Linked*”. A abordagem “*Sujeito*” adotada pelo GII confirma a papel fulcral que as empresas desempenham na capacidade de inovação e confirma o fato da inovação ser, sobretudo, um fenómeno empresarial. Contudo, o GII adota uma perspetiva mais “macro” das causas da inovação<sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> Os sub-pilares são calculados como média ponderada dos indicadores, e os pilares são calculados pela média ponderada dos sub-pilares. O sub-índice do *input* e *output* da inovação são uma média aritmética dos respetivos pilares.

<sup>23</sup> Segundo a literatura de análise de produtividade e eficiência, o nome mais adequado para este rácio de eficiência seria rácio da produtividade média. Esta questão será abordada nos capítulos seguintes.

<sup>24</sup> Estas causas foram analisadas no subcapítulo 2.4, pág n° 25.



**Figura 4:** Estrutura de indicadores do Global Innovation Index 2014.  
**Fonte:** Global Innovation Index 2014.

Uma das razões para o facto pode estar relacionada com o facto de o processo de inovação, ao nível das empresas, ser multidimensional e muitas destas dimensões não serem mensuráveis (Smith, 2005). Outra limitação do GII é o facto de não permitir realizar inferências estatísticas, pelo facto das pontuações e as classificações de um determinado ano não serem diretamente comparáveis com as pontuações e classificações de outros anos. Em cada ano, as pontuações e as classificações traduzem as posições relativas das várias economias, em função do quadro conceptual da cobertura de dados e da amostra de economias, e estas bases alteram-se todos os anos. Esta última limitação constituiu a principal razão que nos levou a optar pela base de dados da Comissão Europeia do Innovation Union Scoreboard (IUS), para efeitos da análise de produtividade e eficiência da inovação realizada no presente trabalho.

### 2.6.3 Innovation Union Scoreboards (IUS)

Uma das iniciativas da União Europeia, no quadro da estratégia Europa-2020<sup>25</sup>, é a União da Inovação. Esta iniciativa tem como objetivo tornar a Europa uma referência mundial na investigação científica, desenvolver as parcerias de inovação entre o setor público e privado e remover obstáculos à inovação através da criação do mercado de conhecimento interno (Europeu) para patentes e licenças. A União da Inovação também introduziu um painel de avaliação da inovação que permite avaliar comparativamente o desempenho da investigação científica e da inovação nos Estados-membros e os pontos fortes e fracos dos respetivos sistemas de inovação e investigação. Este painel de avaliação é constituído por:

- i. Innovation Union Scoreboard (IUS) – análise da inovação ao nível dos Estados-membros<sup>26</sup>.
- ii. Regional Innovation Scoreboard (RIS) – análise da inovação ao nível regional.
- iii. European Public Innovation Scoreboard (EPSIS) – análise da inovação ao nível do setor público.

O Innovation Union Scoreboard (IUS) mede o desempenho da inovação através de um indicador compósito, o Summary Innovation Index (SII). Em função da classificação SII e do valor médio do SII para a União Europeia (EU), os países são classificados em 4 grupos:

- i. Líderes da Inovação: agrupa os países que apresentam um desempenho superior a 20% da média da UE.
- ii. Seguidores da Inovação: agrupa os países com um desempenho menos que 20% abaixo da média da UE, ou mais que 90% da média europeia.

---

<sup>25</sup> A estratégia Europa-2020 foi criada em 2010, é um conjunto de iniciativas que visam promover o crescimento e o emprego na União Europeia. Os principais objetivos desta estratégia são: o emprego, investigação e desenvolvimento (inovação), clima/energia, educação, inclusão social e redução da pobreza.  
<sup>26</sup> Inclui também a Servia, a Ex-República Iugoslávia da Macedónia, Turquia, Islândia, Noruega e Suíça.

- iii. Inovadores moderados: agrupa os países com um desempenho entre 50%-90% da média da UE.
- iv. Inovadores modestos: agrupa os países com um desempenho abaixo de 50% da média europeia.

Para calcular o SII, o IUS especifica três categorias de indicadores - os *Enablers*, as Atividades das Empresas, e os Resultados - e 8 dimensões da inovação.

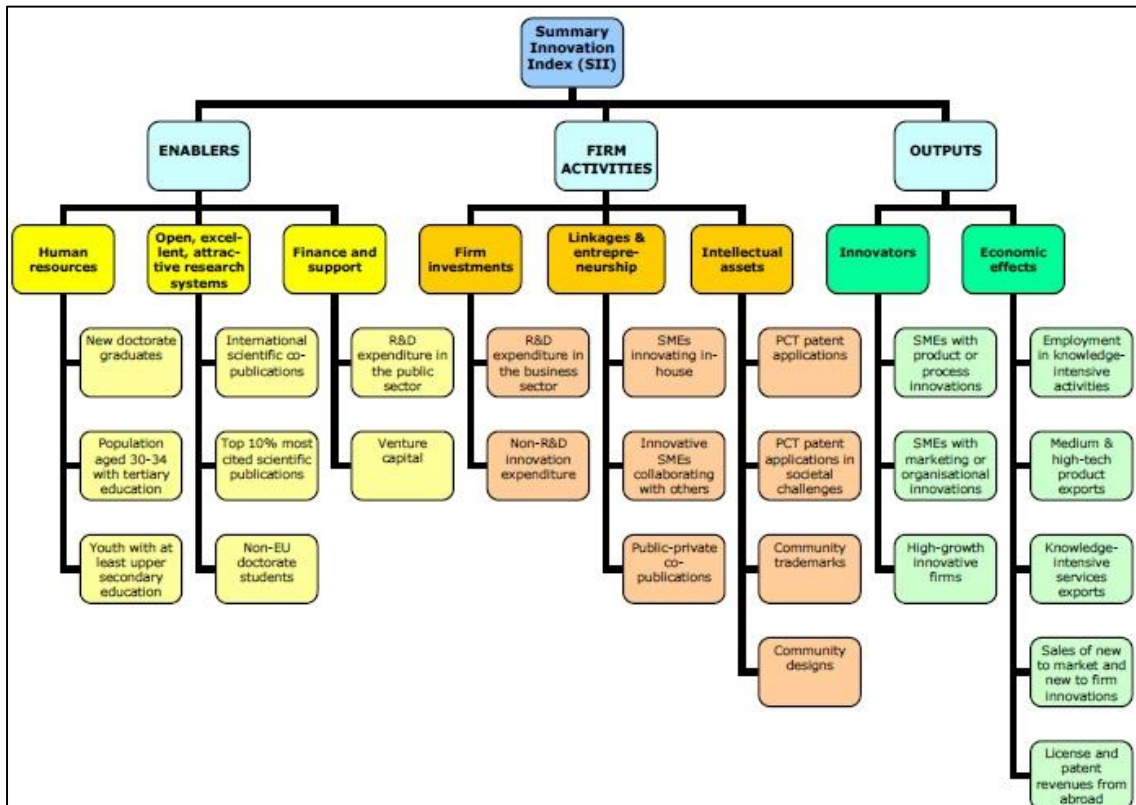
O *Enablers* é a categoria de indicadores que agrega as principais causas externas do desempenho das empresas. Contempla 3 dimensões: Recursos Humanos; Abertura, excelência e atratividade do sistema de investigação e Financiamento e apoio.

As Atividades das Empresas é a categoria que agrega todas as atividades de inovação ao nível empresarial. Contempla três dimensões: Investimentos das empresas; Parcerias e empreendedorismo; Ativos intelectuais.

Os Resultados agrega os efeitos das atividades de inovação das empresas. Contempla 2 dimensões: Inovadores e Efeitos económicos.

A figura 5 fornece uma descrição mais detalhada dos referidos indicadores parciais de inovação tidos em conta no IUS por categoria e dimensão.

O SII é calculado como uma média ponderada dos referidos indicadores. Tal como foi referido, o IUS é o sistema de indicadores que utilizamos como base de dados para estimação da fronteira da inovação neste trabalho.



**Figura 5:** Estrutura de indicadores do Innovation Union Scoreboards.

**Fonte:** Innovation Union Scoreboards 2014.

## 3. Modelo Empírico

### 3.1 Razões para a escolha do método SFA

Um processo produtivo tem como objetivo a transformação de fatores de produção em produtos. A função de produção determina o máximo de produto que pode ser obtido dado o nível de fatores de produção (Baye, 2010). O desempenho do processo produtivo é afetado por fatores internos e/ou externos à empresa<sup>27</sup>, o que impede a obtenção do nível de produção máximo.

A análise de produtividade e eficiência tem como objetivo avaliar a relação entre os *outputs* e *inputs*. A produtividade dos fatores é o rácio do produto efetivo pelos fatores de produção e a eficiência mede a diferença entre o produto efetivo e o produto potencial (máximo), dado o nível dos fatores de produção (Coelli et al, 1998). Quanto maior o produto efetivo, dado os fatores de produção, maior é a produtividade. Quanto maior a eficiência, dado os fatores de produção, menor é a diferença entre o produto efetivo e o produto potencial.

A produtividade pode ser total ou parcial. A produtividade total dos fatores (TFP)<sup>28</sup> é uma medida de produtividade que incorpora todos os fatores de produção, enquanto a produtividade parcial incorpora somente um fator de produção.

A fronteira de produção constitui uma correspondência produtiva que é definida pelo nível tecnológico. Uma expansão/contração da fronteira de produção é um resultado do progresso/retrocesso tecnológico.

Existem vários métodos para a análise de produtividade e eficiência. A Figura 6 resume os métodos existentes.

---

<sup>27</sup> Apesar de ser referido ao longo do trabalho somente as empresas, a abordagem aplica-se a outras organizações que também constituam unidades económicas de produção, tais como: ONG, hospitais, escolas, países, regiões, etc.

<sup>28</sup> Em inglês, Total Factor Productivity (TFP).

Benchmarking							
Abordagem Parcial unidimensional	Abordagem Multidimensional						
	Abordagem de Fronteiras					Abordagem das Médias	
	Não-Paramétricos		Paramétricos			Paramétrico	Abordagem Induzida
Indicadores de Performance	Data Envelopment Analysis (DEA)	Stochastic DEA (SDEA)	Stochastic Frontier Analysis (SFA)	Modified Ordinary Least Squares - MOLS	Corrected Ordinary Least Squares - COLS	Ordinary Least Squares (OLS)	Total Factor Productivity (TFP)

**Figura 6:** Técnicas de análise de produtividade e eficiência.

**Fonte:** Cullmann, Kappeler et Hirschhausen. 2006.

Os principais métodos de análise de eficiência e produtividade são:

- i) Modelos Econométricos de Produção baseados no Método dos Mínimos Quadrados (OLS).
- ii) Índices de produtividade total dos fatores (TFP index).
- iii) Data envelopment analysis (DEA).
- iv) Fronteiras Estocásticas (SFA).

Os métodos podem ser agrupados em função do tipo de medidas que geram, dos dados utilizados, dos pressupostos que assumem sobre a fronteira e sobre o comportamento dos decisores (decision making unit, DMU). As DMU podem ser países, empresas, etc.

Em termos de dados, resultados e pressupostos: os dois primeiros métodos (OLS e Índice TFP) utilizam dados em painel, permitem calcular as mudanças técnicas e a TFP e assumem que as empresas operam na fronteira de produção, ou seja, são tecnicamente eficientes; os dois últimos métodos (DEA e SFA) são mais utilizados para a análise de um conjunto de empresas num determinado período, por isso requerem dados *cross-section*, por esta via permitem comparar a eficiência relativa entre as empresas, e não assumem o pressuposto de que as

mesmas são tecnicamente eficiente. No entanto, também podem ser aplicados para medir as mudanças técnicas e de eficiência na presença de dados em painel.

Segundo Farrel (1957), uma fronteira pode ser estimada por métodos não-paramétricos (DEA) ou paramétricos (SFA). Para a análise de eficiência e produtividade da inovação, utilizamos o método das fronteiras estocásticas (SFA).

Aigner, Lovell et Schmidt (1977) e Meeusen et Van Den Broeck (1977) propuseram, de forma independente, uma fronteira estocástica para a função de produção Cobb-Douglas, conforme abaixo indicado:

$$\ln(y_i) = x_i\beta + v_i - u_i \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad 3.1$$
$$v_i \text{ i.i.d } N(0, \sigma_v^2)$$

Sendo  $\ln(y_i)$  o logaritmo do produto da  $i$ -th empresa;

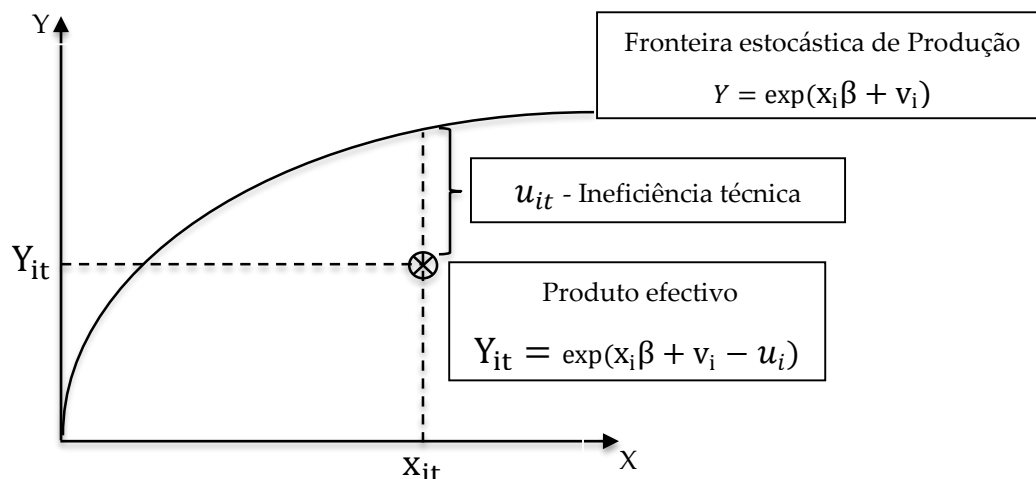
$x_i$  um vector-linha com  $1+K$  observações (o 1º termo igual a 1) e os outros termos são iguais aos logaritmos dos  $K$ -fatores de produção da  $i$ -th empresa;  $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)'$  é um vetor-coluna com  $1+K$  parâmetros a serem estimados.  $u_i$  é uma variável aleatória não-negativa, que indica a ineficiência técnica na produção da empresa  $i$ th.

$v_i$  é um erro aleatório: sendo uma variável normal, identicamente e independentemente distribuído (i.i.d), com média 0 e variância constante ( $\sigma_v^2$ ). Este erro aleatório permite considerar a influência dos erros de medição e de fatores aleatórios (condições climáticas, riscos políticos, sociais ou económicos, etc) no nível de produção, em conjunto com os efeitos combinados da não especificação de alguns fatores de produção na função de produção.

A eficiência técnica é definida como o rácio do produto efetivo da *i*th empresa em relação ao produto potencial, determinado pela fronteira de produção, dado os níveis dos fatores de produção. A eficiência técnica (TE) varia entre 0 e 1. Sendo 1, a eficiência máxima.

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(x_i\beta + v_i)} = \frac{\exp(x_i\beta + v_i - u_i)}{\exp(x_i\beta + v_i)} = \exp(u_i) \quad 3.2$$

Na figura 7, está representando uma fronteira estocástica de uma função de produção, segundo a especificação da equação 3.1.



**Figura 7:** Fronteira estocástica da função de produção.

Fonte: Coelli et al. 1998.

O método SFA escolhido permite-nos estimar e comparar o nível de ineficiência técnica da inovação dos países, dado que não tem como pressuposto a ausência de ineficiência. Permite ainda analisar a evolução das mudanças técnicas e da ineficiência técnica ao longo do tempo. Mas a principal razão da escolha do SFA está relacionado com a possibilidade de estimar, simultaneamente, a fronteira de produção, o nível de ineficiência técnica, e o impacto de um conjunto de variáveis ambientais (económicos, sociais, políticos, etc) sobre a ineficiência técnica (Tupy et Yamaguchi, 1998). O método permite também decompor o crescimento da inovação em mudanças dos factores,

variações do TFP e choques aleatórios. Permite ainda decompor as variações do TFP em mudanças tecnológicas, de escala e de eficiência técnica.

O método SFA tem ainda a vantagem em relação à DEA de considerar a existência de uma componente aleatória ( $v$ ) na fronteira. Isto é, desvios da fronteira não são totalmente atribuídos à existência de ineficiência técnica. O SFA tem por fim a vantagem de possibilitar a realização de testes de hipótese sobre a presença ou não de efeitos de ineficiência técnica.

Uma das limitações do SFA deve-se ao facto de impor uma forma funcional à função de produção, visto que é um método paramétrico. A forma funcional utilizada em muitos casos é a transformação logarítmica da função de Cobb-Douglas, dada a sua simplicidade, facilidade de estimação e conhecimento das suas propriedades. Mas esta forma impõe restrições importantes como: a elasticidade parcial dos fatores de produção ser constante e outras. Uma maneira de atenuar esta limitação é a utilização de formas funcionais flexíveis como a translog<sup>29</sup> (Coelli et al, 1998). A outra limitação do SFA resulta da falta de fundamentação teórica para a escolha de uma função de distribuição específica para os efeitos de ineficiência técnica ( $u_i$ ). Contudo, segundo Kumbhakar et Lovell (2000), a função de distribuição especificada não influencia a classificação do nível de eficiência das *Decision Making Units* (DMU).

### 3.2 Modelo de Battese et Coelli (1995)

Segundo Coelli et al (1998), numerosos estudos<sup>30</sup>, na tentativa de explicar as causas da ineficiência técnica numa amostra de DMU, adotaram uma metodologia de estimação em duas fases: na 1<sup>o</sup> fase calculavam as ineficiências técnicas e na 2<sup>o</sup> fase faziam uma regressão destas ineficiências técnicas num conjunto de variáveis ambientais explicativas. Esta abordagem tem a limitação

---

<sup>29</sup> Translog é o acrónimo, em inglês, de transcendental logarithmic. É a forma funcional generalizada da função Cobb-Douglas

<sup>30</sup>Ver Pitt et Lee (1981) e Kalirajan (1981).

de violar o pressuposto das ineficiências técnicas serem independentes e identicamente distribuídos. Para contornar esta limitação, Kumbhakar, Gosh et McGuckin (1991) e Reifschneider et Stevenson (1991) especificaram uma metodologia de estimação em que as variáveis explicativas da ineficiência técnica e os parâmetros da fronteira estocástica são estimados numa única fase. Battese et Coelli (1995) adaptaram esta metodologia para a estimação de uma fronteira estocástica para dados em painel. O modelo foi especificado da seguinte forma:

$$Y_{it} = \exp(x_{it}\beta + V_{it} - U_{it}) \quad 3.3$$

Sendo:

$Y_{it}$  a produção para observação da DMU  $i$  ( $i=1,2,\dots,N$ ) no período  $t$  ( $t=1,2,\dots,T$ );

$x_{it}$  é um vector-linha ( $1 \times K$ ) dos fatores de produção e outras variáveis explicativas relacionadas com a observação  $t$  da DMU  $i$ ;

$\beta$  é um vector-coluna ( $K \times 1$ ) de parâmetros desconhecidos a serem estimados.

$V_{it}$  são os erros aleatórios, i.i.d  $N(0, \sigma_v^2)$ , independentemente distribuídos de  $U_{it}$ .

$U_{it}$  são variáveis aleatórias não-negativas, relacionadas com a ineficiência técnica da produção, e são independentemente distribuídos, em que  $U_{it}$  é obtido por truncamento (em zero) da distribuição normal com média,  $Z_{it}\delta$ , e variância,  $\sigma^2$ .

Na equação (3.4), a ineficiência técnica,  $U_{it}$ , é especificada como uma função de um vector ( $1 \times M$ ) de variáveis ambientais explicativas da ineficiência técnica da produção da DMU ao longo do tempo,  $Z_{it}$ . Sendo  $\delta$  um vector ( $M \times 1$ ) de parâmetros desconhecidos a serem estimados.

$$U_{it} = Z_{it}\delta + W_{it} \quad 3.4$$

$W_{it}$  é uma variável aleatória, definida pelo truncamento da distribuição normal,  $N(0, \sigma^2)$ . O ponto de truncamento é  $-Z_{it}\delta$ , ou seja,  $W_{it} \geq -z_{it}\delta$ . Este pressuposto é consistente com o fato de  $U_{it}$  ser um truncamento não-negativo da distribuição  $N(Z_{it}\delta, \sigma^2)$ .

A eficiência técnica da produção para a observação  $t$  da DMU  $i$  é especificada conforme abaixo indicado:

$$TE_{it} = \exp(U_{it}) = \exp(-Z_{it}\delta - W_{it}) \quad 3.5$$

Outros resultados de interesse contemplam os rendimentos à escala e a decomposição das mudanças de TFP e do crescimento da inovação.

Quanto ao tipo de retornos à escala da função de produção, a sua medição é feita pela elasticidade de escala (3.7), que resulta do somatório das elasticidades do produto em relação a cada fator de produção (3.6):

$$\varepsilon_n = \varepsilon_n(x, t; \beta) = \frac{x_n f_n(x, t; \beta)}{f_n(x, t; \beta)}, n = 1, \dots, N \quad 3.6$$

$$\varepsilon = \varepsilon(x, t; \beta) = \sum_n \varepsilon_n(x, t; \beta) \cong 1 \quad 3.7$$

No que diz respeito às mudanças do TFP, estas podem ser decompostas em mudanças tecnológicas, de eficiência técnica, e dos retornos à escala (Kumbhakar et Lovell, 2000). Na análise da decomposição do TFP não entra em consideração os efeitos dos erros aleatórios (estocásticos) na função de produção. Estes efeitos são calculados de forma residual na decomposição do crescimento, constituindo a parte não explicada pela acumulação de fatores ou pela variação de TFP.

Considerando a seguinte fronteira de produção:

$$y = f(x, t; \beta) \cdot \exp\{-u\} \quad 3.8$$

Em que  $y$  um escalar do produto de uma DMU;  $f(x, t; \beta)$  é a parte determinística kernel da fronteira de produção estocástica,  $\beta$  é um vetor dos parâmetros tecnológicos a ser estimado;  $x$  é um vetor dos fatores de produção,  $t$  é uma tendência temporal (uma *proxy* das mudanças tecnológicas),  $u \geq 0$  é a ineficiência técnica. Pela equação 3.8, podemos especificar a decomposição da variação do TFP nas suas 3 componentes, começando pela mudança tecnológica:

$$T\Delta = \frac{\partial \ln f(x, t; \beta)}{\partial t} \stackrel{\geq}{\leq} 0 \quad 3.9$$

Uma variação positiva do nível tecnológico causa uma expansão da fronteira de produção, e a uma variação negativa causa uma contração da mesma.

A variação da eficiência técnica segue o mesmo procedimento:

$$TE\Delta = -\frac{\partial u}{\partial t} \stackrel{\geq}{\leq} 0 \quad 3.10$$

Uma variação positiva da ineficiência técnica traduz-se numa diminuição da eficiência técnica, e vice-versa.

No caso do produto escalar, o índice Divisia de variação da produtividade é calculado pela diferença entre a taxa de variação do produto e a taxa de variação do índice das quantidades dos fatores de produção.

$$TFP = \dot{y} - \dot{X} = \dot{y} - \sum_n S_n \dot{x}_n \quad 3.11$$

Sendo  $S_n = \frac{w_n x_n}{E}$  a percentagem de despesas efetivas no fator de produção  $x_n$ , e  $E = \sum_n w_n x_n$  representa as despesas totais, e  $w_n = (w_1, \dots, w_n) > 0$  é um vetor dos preços do fator de produção.

Uma derivada da equação 3.8 em relação ao tempo, com a inclusão da expressão de  $\dot{y}$ <sup>31</sup> na equação 3.11, resulta na expressão da decomposição da variação do TFP:

$$T\dot{F}P = T\Delta + S\Delta + TE\Delta \quad 3.12$$

Sendo  $T\Delta$  a mudança técnica,  $S\Delta = (\varepsilon - 1) \cdot \sum_n \left(\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon}\right) \dot{x}_n$  os retornos à escala, e  $TE\Delta$  as mudanças na eficiência técnica. Sendo  $\varepsilon_n$  e  $\varepsilon$  as elasticidades de substituição e a elasticidade de escala, respectivamente.

Relativamente à decomposição do crescimento, os principais elementos são as mudanças no TFP, a acumulação de fatores de produção e os choques aleatórios<sup>32</sup>.

$$\dot{y} = T\dot{F}P + \sum_n \dot{x}_n + \epsilon \quad 3.13$$

$$\epsilon = \dot{y} - T\dot{F}P - \sum_n \dot{x}_n \quad 3.14$$

### 3.3 Dados

A base de dados utilizada neste trabalho foi retirado do relatório do Innovation Union Scoreboard de 2014. No entanto, a amostra foi restringida para a UE-28 no período 2006-2012, devido a indisponibilidade de dados sobre alguns indicadores económicos para alguns países em determinados anos.

O elevado número de dimensões dos *inputs* (6) e *outputs* (2) da inovação tornou necessária a sua agregação. As 3 dimensões do *Enablers* (Recursos Humanos; Abertura, excelência e atratividade do sistema de investigação; Financiamento e suporte) e as 3 dimensões das Atividades das Empresa (Investimentos das

---

31 Um ponto sobre uma variável significa a sua taxa de crescimento:  $\dot{y} = (1/y) / (dy/dt) = d\ln y/dt$ .

32 Choques aleatórios explicam as variações na taxa de crescimento do produto não resultante das mudanças no TFP e dos fatores de produção, por isso é obtido de forma residual.

empresas; Parcerias e empreendedorismo; Ativos intelectuais) foram agregados através de uma média ponderada de um terço para cada dimensão. Desta forma, ficámos somente com os dois sub-índices agregados: os *Enablers* e as Atividades das Empresas. Para os Resultados (Outputs), aplicámos o mesmo procedimento, através de uma ponderação de 1/2 para cada dimensão (Inovadores e Efeitos económicos). A forte correlação entre os dois sub-índices agregados do *input*<sup>33</sup> implicou uma segunda agregação e assim ficamos somente com um índice agregado do *input*, construído através de uma ponderação de 1/2 para cada sub-índice anterior.

Para efeitos de estimação da fronteira estocástica da inovação, os dados sobre as quantidades agregadas do índice de outputs e do índice de *inputs* da inovação são suficientes, visto que está a ser analisada uma fronteira estocástica orientada para a produção.

De realçar que os dados utilizados no presente estudo são considerados como dados em painel balanceados, pelo fato de todos os países da amostra serem observados ao longo de todo o período em análise.

Como variáveis ambientais explicativas dos níveis de ineficiência técnica, seleccionámos:

- i. O PIB real *per capita* em euros, é o rácio do PIB real, a preços constantes de 2005, pela população média de um país num determinado ano. É utilizado como um indicador do padrão de vida, visto que mede o rendimento real médio. Um elevado PIB real *per capita* significa melhores condições de vida para os seus cidadãos, que se traduz em melhores escolas, hospitais, segurança, infraestruturas, defesa dos direitos de propriedade, etc. O aumento do padrão de vida contribui para o aumento do *stock* de capital humano e conseqüentemente da

---

<sup>33</sup> Um coeficiente de correlação de 0.87 entre os dois sub-índices. A correlação em excesso gera multicolineariedade e ineficiência na estimação.

I&D. Portanto, o aumento do PIB real *per capita* contribui para a diminuição da ineficiência técnica da inovação;

- ii. A taxa de crescimento real anual do PIB mede a taxa de variação percentual anual do produto interno bruto a preços constantes, tendo como referência os preços, em dólares americanos, de 2005. Na ótica informal da abordagem neo-Schumpeteriana, sobre a relação entre inovação e crescimento económico, as inovações criam “ondas” de crescimento económico, ou seja, influenciam o ritmo de crescimento económico. Na ótica neoclássica, a endogeneização da criação de inovação, gera difusão de conhecimentos ou “destruição criativa” que determina o crescimento económico a longo prazo. Deste modo, quanto maior a taxa de crescimento económico menor é a ineficiência da inovação;
- iii. As taxas de juros das dívidas soberanas de longo prazo<sup>34</sup> são medidas pelas *yields*, ilíquidas dos impostos, dos títulos da dívida soberana, no mercado secundário, com maturidade residual de 10 anos. As *yields* da dívida soberana servem como uma *proxy* do custo de financiamento da economia e do respetivo nível de risco, quando comparada com um país de referência. Servem também como *benchmarking* para as taxas de juro do setor privado. Indiretamente, um aumento das *yields* da dívida soberana, dado o impacto no prémio de risco, afeta negativamente o financiamento da inovação, logo maior é a ineficiência;
- iv. O Coeficiente de Gini é um indicador de desigualdade económica, medido pela relação da percentagem acumulada da população organizada de acordo o nível equivalente de rendimento disponível, com a percentagem acumulada do rendimento disponível total

---

<sup>34</sup> Definidas segundo o critério de Maastricht para as *yields* dos títulos. É utilizado como critério de convergência das taxas de juro de longo prazo para a União Económica e Monetária.

equivalente recebido por estes. A desigualdade económica está relacionada positivamente com a ineficiência da inovação;

- v. Os salários (%PPS)<sup>35</sup> mede o peso do total das remunerações (monetárias e não-monetárias) no PIB, em paridade do poder de compra. Esta variável é uma medida de desigualdade económica, entre fatores de produção (trabalho e capital). Quanto maior o peso do trabalho menor a desigualdade e maior é a inovação.
- vi. A inflação<sup>36</sup> tem efeitos negativos sobre a atividade económica tais como a distorção dos preços relativos e a inerente perda de eficiência na economia. Espera-se que um aumento da taxa de inflação contribua positivamente para o nível de ineficiência da inovação;
- vii. O aumento da taxa de desemprego tem um impacto negativo sobre capacidade de inovação de um país, logo aumenta a ineficiência;
- viii. O nível de descentralização governamental<sup>37</sup> contribui positivamente para o nível de eficiência da inovação, no pressuposto de que os governos locais conhecem melhor as necessidades de inovação e são mais capazes de afetar o dinheiro público aos projetos mais inovadores das respetivas áreas.

As variáveis ambientais foram escolhidas tendo em conta a revisão da literatura realizada, a disponibilidade de informação existente e o grau de correlação existente entre as mesmas.

---

<sup>35</sup> PPS, em inglês Purchasing Power Standards é uma taxa de conversão de moedas que se baseia na paridade de poder de compra.

<sup>36</sup> Medido pelo índice de preços ao consumidor harmonizado (em inglês, HICP), dado que permite realizar comparações da taxa de inflação a nível internacional.

<sup>37</sup> Medido pelo peso das despesas do Governo Local/Regional sobre o total das despesas do Governo-central.

### 3.4 A função de produção escolhida: Cobb\_Douglas

Para a estimação da fronteira estocástica da inovação escolhemos a função de produção Cobb-Douglas com um *input*. As razões para a escolha desta função devem-se à sua simplicidade, facilidade de estimação e conhecimento das suas propriedades, como a forma da fronteira de produção (Greene, 2008). A flexibilidade da Translog permite uma melhor aproximação aos dados mas não garante que a forma funcional estimada tenha uma estrutura de fronteira. Por este motivo, e verificada a forma da função Translog estimada, optamos pela função Cobb-Douglas, apesar do teste de hipótese sobre a escolha da forma funcional <sup>38</sup> indicar a rejeição da função Cobb-Douglas a favor da função Translog. Resultados semelhantes sobre a rejeição da função Cobb-Douglas foram obtidos por Duffy et Papageorgiou (2000), através de uma análise empírica da especificação da função de produção agregada para dados de painel (82 países em 28 anos), e por Kneller et Stevens (2003) na análise do impacto da tecnologia de produção na eficiência técnica.

Os estudos que estimam fronteiras estocásticas utilizam, normalmente, ou a função Translog ou a função Cobb-Douglas<sup>39</sup>. Portanto, não tem sido um ponto crucial nas análises de fronteira estocástica a escolha da forma funcional. Todavia, segundo Greene (2008), as restrições da especificação funcional podem afetar a medição da eficiência.

A fronteira estocástica (equação 3.15) foi especificada de acordo com a equação 3.3, a modelização da ineficiência técnica (equação 3.16) segundo a equação 3.4, e a eficiência técnica (equação 3.17) segundo a equação 3.5. Nesta estimação, o tempo foi incluído não só na fronteira, mas também como variável Z explicativa da ineficiência técnica, logo serve como uma *proxy* das mudanças tecnológicas e de ineficiência técnica.

---

<sup>38</sup> Ver anexo A.

<sup>39</sup> Ver, por exemplo, Wang (2006); Heshmati (2009); Fu et Yang (2009); Chiara et Leoncini (2012) e Bai (2011).

$$\ln y_{it} = \gamma + \alpha \ln x_{it} + \theta t + V_{it} - U_{it} \quad 3.15$$

$$U_{it} = \delta_1(PIB_{per\ cap}) + \delta_2(PIB_{cresc\ real}) + \delta_3(Yields_{sob}) + \delta_4(CoefGini) + \delta_5(Sal_{PIB}) + \delta_6(IPHC) + \delta_7(Taxa_{Despg}) + \delta_8(Desc_{gov}) + \delta_9 t + W_{it} \quad 3.16$$

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp[-(\delta Z + W_{it})] \quad 3.17$$

Sendo:

$y_{it}$  - o índice do *output* da inovação para o país  $i$  no ano  $t$ .

$x_{it}$  - o índice do *input* da inovação para o país  $i$  no ano  $t$ .

$t$  - é a variável tempo.

$PIB_{per\ cap}$  - o PIB real *per capita* a preços constantes de 2005 em euros.

$PIB_{cresc\ real}$  - a taxa de crescimento real anual do PIB a preços constantes de 2005 em USD.

$Yields_{sob}$  - as yields da dívida soberana;

$CoefGini$  - o Coeficiente de Gini, varia na escala de 0-100;

$Sal_{PIB}$  - o peso dos salários no PIB, medido em PPS;

$Taxa_{Despg}$  - a taxa de desemprego;

$Desc_{gov}$  - o nível de descentralização governamental;

A decomposição da variação da produtividade total do fator (TFP), na equação 3.18, em mudança tecnológica, de escala e da eficiência técnica, foi especificada segundo a equação 3.12. E a decomposição do crescimento de acordo com a equação 3.13.

$$T\dot{F}P = T\Delta + S\Delta + TE\Delta \quad 3.18$$

$$T\Delta = \frac{\partial \ln y_{it}}{\partial t} = \theta \quad 3.19$$

$$S\Delta = (\varepsilon - 1) \cdot \sum_1 \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}\right) \dot{x}_n = (\varepsilon - 1) \cdot \sum_1 (1) \dot{x}_1 = (\varepsilon - 1) \cdot \dot{x}_1 \quad 3.20$$

$$TE\Delta = -\frac{\partial U_{it}}{\partial t} = -\left(\sum_{i=1}^k \frac{\delta_i \partial z_{it}}{\partial t} + \frac{\partial w_{it}}{\partial t}\right) \quad 3.21$$

$$\varepsilon_1 = \alpha \quad 3.22$$

$$\varepsilon = \sum_n \varepsilon_n = \varepsilon_1 = \alpha \quad 3.23$$

$$\dot{y} = T\dot{F}P + \sum_n \dot{x}_n + \epsilon \quad 3.24$$

A estimativa do coeficiente ( $\beta_t$ ) permite verificar a existência de deslocções da fronteira no período em análise. A variação dos rendimentos à escala da função de produção ( $S\Delta$ ) é determinada pela elasticidade de escala ( $\varepsilon$ ) e pela taxa de variação do *input* ( $\dot{x}_1$ ). Neste caso, de uma função de produção com um *input*, a elasticidade de escala e a elasticidade parcial do produto em relação ao *input* são iguais ( $\varepsilon_1$ ). Por este motivo, o tipo de rendimentos à escala da função de produção é determinado pelo parâmetro estimado do *input* da inovação ( $\alpha$ ). A mudança no nível de eficiência técnica é uma função das alterações nas variáveis ambientais explicativas e dos respetivos efeitos, incluindo o impacto do tempo no nível de ineficiência técnica.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Resultados da estimação da fronteira

A análise econométrica foi realizada com recurso à versão 12.1 do *software* estatístico Stata. A tabela 3 mostra os resultados da estimação da fronteira estocástica Cobb-Douglas para a inovação, segundo o modelo de Battese et Coelli (1995). O método de estimação utilizado foi o da máxima verossimilhança (ML)<sup>40</sup>.

Foram realizados testes *Likelihood-ratio* de hipóteses<sup>41</sup>, no sentido de verificar a existência de deslocações da fronteira ao longo do período e testar a modelização dos efeitos das variáveis ambientais na ineficiência técnica, em particular no que refere à omissão da constante (ver anexo A). A um nível de significância de 5%, somente as estimativas dos coeficientes correspondentes à constante e ao fator de produção são estatisticamente significantes, na fronteira. Ou seja, a variável tempo não é significativa no que refere à fronteira. Este resultado significa que não houve mudanças tecnológicas no que refere à produção de inovação durante o período em análise, ou seja, não houve deslocações da fronteira da inovação.

A estimativa do parâmetro do *input* indica-nos a elasticidade parcial e, no caso, de escala do output em relação ao *input*. Aumentando o *input* em 1% a produção de inovação aumenta 0.39%. Ou seja, os rendimentos à escala são decrescentes.

---

<sup>40</sup>Outro método de estimação também utilizado é o COLS – Corrected Ordinary Least Squares. Contudo, segundo Coelli (1995<sup>a</sup>) os estimadores ML são melhores quando o contributo dos efeitos da ineficiência técnica sobre o termo da variância total é elevado.

<sup>41</sup> Os testes Likelihood-ratio baseiam-se na estimação do modelo sob a hipótese nula e alternativa, e no cálculo da estatística do teste  $LR = -2\{\ln[L(H_0)/L(H_1)]\} = -2\{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\}$ : em que  $L(H_0)$  e  $L(H_1)$  representa valor da função de verossimilhança sob a hipótese nula e sob a hipótese alternativa (equação 3.25). O valor crítico é retirado da tabela 1 de Kodde et Palm (1986), com o grau de liberdade igual ao número de restrições, a um nível de significância de 5% para este estudo. A decisão sobre a rejeição da hipótese nula é feita quando a estatística do teste (LR) é superior ao valor crítico.

Modelo de Efeitos de Ineficiência Técnica - Battese et Coelli (1995)							
Dados em Painel Balançados							
Número de observações: 196				Distribuição: Truncada - Normal			
Número de países: 28				Prob> chi2: 0.000			
Número de anos: 7				Wald chi2 (2): 85.00			
Período: 2006 - 2012				Log likelihood: 66.9692			
In Yit		Coeficiente	Desvio_Padrão	z	P> z	[95% Intervalo de Confiança]	
Fronteira estocástica							
In A	$\gamma$	-0.210699	0.0474968	-4.44	0.000	-0.3037914	-0.1176075
In x	$\alpha$	0.3942970	0.0430808	9.15	0.000	0.3098610	0.4787345
t	$\theta$	-0.008547	0.0072377	-1.18	0.238	-0.0227300	0.0056379
u - Modelização dos efeitos de ineficiência técnica							
PIB <i>per cap</i>	$\delta_1$	-0.000060	0.0000159	-3.84	0.000	-0.0000092	-0.0000297
PIB <i>cresc real</i>	$\delta_2$	-0.030688	0.0107509	-2.85	0.004	-0.0517602	-0.0096174
Yields <i>sob</i>	$\delta_3$	-0.114812	0.0309742	-3.71	0.000	-0.1755213	-0.0541045
Coef de Gini	$\delta_4$	0.052973	0.0110580	4.79	0.000	0.0313000	0.0746467
Sal %PIB_PPS	$\delta_5$	-0.024300	0.0091768	-2.65	0.008	-0.042287	-0.0063145
IPHC	$\delta_6$	0.048004	0.0174025	2.76	0.006	0.0138958	0.0821125
Taxa_Despg	$\delta_7$	0.050739	0.0150295	3.38	0.001	0.0212825	0.0801973
Desc_govern	$\delta_8$	0.025130	0.0074935	3.35	0.001	0.0104432	0.0398172
t	$\delta_9$	-0.070301	0.0266621	-2.64	0.008	-0.1225583	-0.0180450
	$U_\sigma$	-2.743829	0.2730448	-10.0	0.000	-3.278987	-2.208671
	$V_\sigma$	-4.053368	0.1661578	-24.3	0.000	-4.379031	-3.727705
	$\sigma$	0.2536209	0.0346249	7.32	0.000	0.1940783	0.331431
	$\sigma_v$	0.1317718	0.0109474	12.04	0.000	0.111971	0.155074
	$\lambda = \sigma/\sigma_v$	1.924699	0.038777	49.64	0.000	1.848697	2.000700

Tabela 3: Estimação da fronteira estocástica de produção de inovação.

## 4.2 Efeitos de ineficiência técnica

Relativamente a modelização dos efeitos da ineficiência técnica, as estimativas indicam que as variáveis ambientais selecionadas são estatisticamente significantes a 5%, isto é, influenciam o nível de ineficiência técnica dos países da amostra na produção de inovação. Os sinais dos coeficientes são, em geral, os esperados.

O PIB real *per capita* tem um sinal negativo. O aumento do rendimento médio de um país causa uma redução no nível de ineficiência técnica da produção de inovação.

O crescimento económico tem um impacto negativo na ineficiência técnica. Quanto maior a taxa de crescimento económico, mais eficiente é a produção de inovação. Evidência empírica no mesmo sentido foi obtida por Hasan et Tucci (2010), estes autores concluíram que quanto maior o número de empresas inovadoras num país maior é o crescimento económico.

Ao contrário do esperado, os juros da dívida soberana têm um impacto negativo no nível de ineficiência, isto é, quanto maiores menor é a ineficiência. Resultado semelhante foi obtido por Fang et al (2014). Estes autores concluíram que um aumento da liquidez (*stock liquidity*) causa uma redução do nível de inovação futura de uma empresa.

O sinal positivo do coeficiente de Gini indica uma relação positiva entre a desigualdade económica e a ineficiência da inovação. Países com maiores níveis de desigualdade económica tendem a ser os menos inovadores. Hatipoglu (2012) obteve a mesma conclusão ao analisar o efeito da desigualdade sobre o progresso tecnológico, confirmando a existência de uma relação negativa entre desigualdade económica e as atividades de inovação.

Uma variação positiva do peso dos salários no PIB, medido em paridade de poder de compra, ou a diminuição da desigualdade entre rendimentos do trabalho e do capital, reduz a ineficiência técnica.

A inflação e o desemprego têm o sinal positivo, conforme o esperado, contribuem para o aumento da ineficiência técnica.

Ao contrário do esperado, a descentralização governamental tem um sinal positivo. Quanto maior a descentralização do poder político maior é a ineficiência da inovação. Este resultado é curioso porque os países mais desenvolvidos, com maiores níveis de inovação, tendem a ter um modelo governamental mais descentralizado. Segundo Blöchliger et Égert (2013), a descentralização governamental afeta a atividade económica, e conseqüentemente a inovação. Estes autores concluíram que existe uma relação positiva entre a descentralização fiscal e o crescimento económico (PIB *per capita*), em que uma duplicação da descentralização fiscal (aumento das receitas ou despesas das autoridades locais ou regionais) está relacionado com um aumento, em média, de 3% do PIB *per capita*. No entanto, ainda segundo estes autores, esta relação não é linear. Por outras palavras, do ponto de vista da produção de inovação pode existir um nível ótimo de descentralização governamental que já tenha sido ultrapassado nos países mais desenvolvidos da UE.

O sinal negativo do tempo na modelização da ineficiência técnica implica que a mesma é variável no tempo por razões outras para lá da variação das outras variáveis ambientais, e que, pelas razões apontadas, esta diminuiu ao longo do período em análise.

Por fim, a estimativa da variância do parâmetro  $\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma_s^2}$ , em que  $\sigma_s^2 = \sigma^2 + \sigma_s^2$ , é igual a 0.78, significa que 78% da variância da fronteira estocástica é determinada pela ineficiência técnica. Ou seja, a ineficiência técnica determina fortemente o nível de produção efetiva de inovação.

### 4.3 Eficiência técnica e rendimentos à escala

Na figura 8 e na tabela 4, é possível observar, respetivamente, a posição média em relação à fronteira de inovação e a posição média no ranking da eficiência técnica de cada país.<sup>42</sup>

Existem algumas diferenças entre o ranking e a posição face à fronteira. Um país mais próximo da fronteira e com menos *input* é mais eficiente que um país mais próximo da fronteira e com mais *input*. Por exemplo, vejam-se os casos do Luxemburgo e da Alemanha.

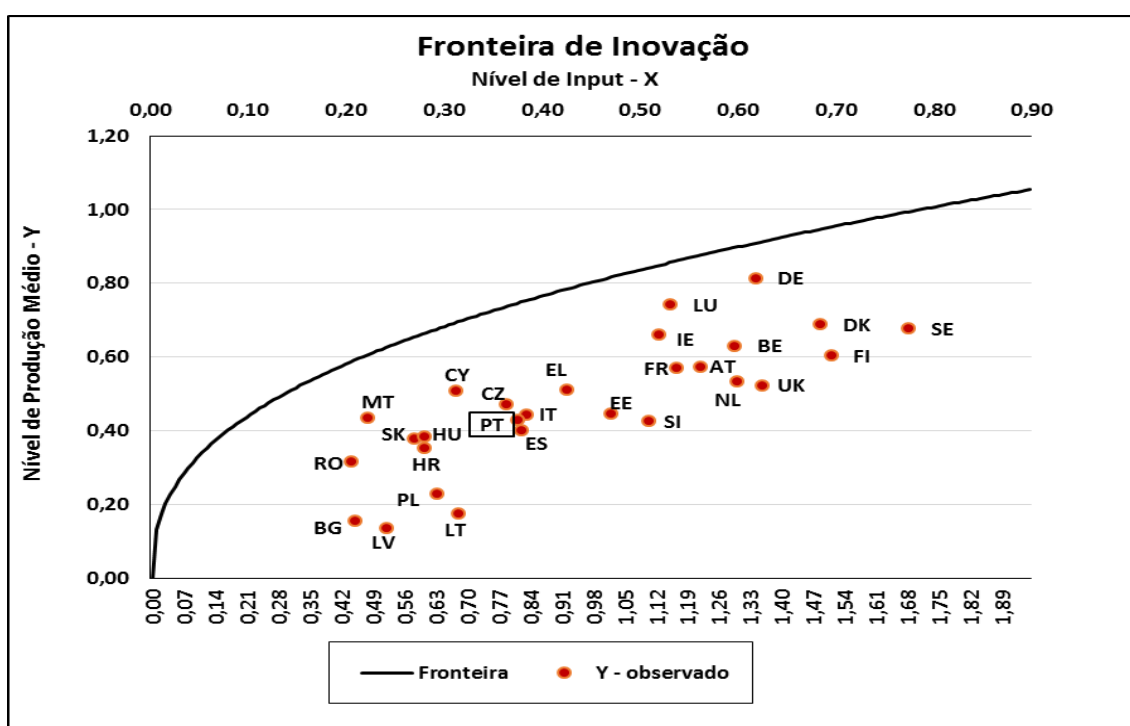


Figura 8: Fronteira de produção da inovação na UE-28.

A Alemanha é o país líder na produção de inovação na UE-28. Todavia, não é o país que apresenta a maior eficiência técnica. O Luxemburgo é o líder em termos de eficiência técnica, seguido pela Alemanha e pela Irlanda. A Suécia lidera no nível de afectação de recursos à inovação, mas ocupa a 6<sup>o</sup> posição em termos de eficiência técnica. Nas últimas posições do ranking encontramos os

<sup>42</sup> Os valores da eficiência técnica e dos níveis de produção foram calculados através da média aritmética dos valores estimados e observados no período em análise, respetivamente. Ver no anexo B a relação entre a fronteira de inovação e as observações completas.

países do alargamento a Leste da UE. Portugal ocupa a 18<sup>o</sup> posição, acima da Espanha. Conforme já foi referido, a fronteira de produção apresenta rendimentos decrescentes à escala. Quanto maior o *input* maior o *output*, mas estes acréscimos positivos são decrescentes com a quantidade de input.

<b>Classificação</b>	<b>Código</b>	<b>País</b>	<b>TE</b>
1 <sup>o</sup>	LU	Luxemburgo	0,99
2 <sup>o</sup>	DE	Alemanha	0,97
3 <sup>o</sup>	IE	Irlanda	0,97
4 <sup>o</sup>	BE	Bélgica	0,97
5 <sup>o</sup>	AT	Áustria	0,96
6 <sup>o</sup>	SE	Suécia	0,95
7 <sup>o</sup>	DK	Dinamarca	0,95
8 <sup>o</sup>	MT	Malta	0,95
9 <sup>o</sup>	FR	França	0,95
10 <sup>o</sup>	NL	Países Baixos	0,95
11 <sup>o</sup>	CY	Chipre	0,95
12 <sup>o</sup>	FI	Finlândia	0,94
13 <sup>o</sup>	EL	Grécia	0,93
14 <sup>o</sup>	UK	Reino Unido	0,92
15 <sup>o</sup>	CZ	República Checa	0,88
16 <sup>o</sup>	IT	Itália	0,87
17 <sup>o</sup>	SI	Eslovénia	0,86
18 <sup>o</sup>	PT	Portugal	0,85
19 <sup>o</sup>	HU	Hungria	0,84
20 <sup>o</sup>	SK	Eslováquia	0,82
21 <sup>o</sup>	ES	Espanha	0,82
22 <sup>o</sup>	HR	Croácia	0,76
23 <sup>o</sup>	EE	Estónia	0,74
24 <sup>o</sup>	RO	Roménia	0,70
25 <sup>o</sup>	PL	Polónia	0,48
26 <sup>o</sup>	LT	Lituânia	0,39
27 <sup>o</sup>	BG	Bulgária	0,38
28 <sup>o</sup>	LV	Letónia	0,32

**Tabela 4:** Ranking de Eficiência Técnica (TE) na UE-28.

## 4.4 Decomposição do crescimento da inovação

A tabela 5 mostra a decomposição do crescimento da inovação ( $\dot{y}$ ) em mudanças na produtividade do fator (TFP), acumulação do *input* ( $\dot{x}$ ) e a componente residual não explicada (Res). Mostra também a decomposição do TFP em alterações tecnológicas ( $T\Delta$ ), mudanças na eficiência técnica ( $TE\Delta$ ) e mudanças nos rendimentos à escala ( $S\Delta$ ).

Durante o período em análise, não houve mudanças tecnológicas ou de fronteira, por isso o contributo desta componente ( $T\Delta$ ) para o crescimento da produtividade da inovação (TFP) foi nulo. Devido ao fato da função de produção apresentar rendimentos decrescentes à escala para todos os países, a componente das mudanças nos rendimentos à escala ( $S\Delta$ ) contribuiu negativamente para o crescimento da produtividade da inovação. Assim sendo e tendo havido acumulação do input ( $\dot{x}>0$ ) em todos os países, os ganhos que alguns países obtiveram na produtividade da inovação (TFP  $>0$ ) foram totalmente conseguidos por ganhos de eficiência técnica ( $TE\Delta>0$ ). Os países que retrocederam na produtividade da inovação (TFP  $<0$ ) devem o facto aos ganhos de eficiência técnica ( $TE\Delta>0$ ) não terem sido suficientes para compensar os rendimentos decrescentes à escala ( $S\Delta < 0$ ).

No que refere ao crescimento da inovação, a Bulgária foi o país com maior taxa de crescimento (9.11%), muito por via da acumulação do *input* (6.60%) e de fatores residuais não explicados (2.76%), que excederam a queda da produtividade (-0.25%).

O Luxemburgo, o país com maior nível de eficiente técnica, teve um crescimento modesto da inovação (1.35%) sustentado por uma forte expansão do *input* (5.54%) e um ligeiro acréscimo da produtividade (1.44%), que permitiram superar o impacto fortemente negativo da componente residual (-5.63%) e dos rendimentos á escala decrescentes (-1.79%).

A Suécia registou também um crescimento modesto (da inovação 1.26%), mais devido ao aumento da produtividade da inovação (3.39%) do que ao crescimento do *input* (1.23%), que compensou o contributo negativo dos fatores residuais (-3.36%) e dos rendimentos à escala decrescentes (-0.33%).

A Alemanha cresceu também ligeiramente em termos de inovação (0.91%), tendo o crescimento sido determinado mais pelo aumento da produtividade da inovação (0.40%) do que pela acumulação do *input* (0.25%) e da componente residual positiva (0.27%).

Portugal teve um crescimento significativo da inovação (2.93%), assente totalmente na acumulação do *input* (7.25%), que compensou a redução verificada na produtividade da inovação (-1.76%) e o contributo negativo da parte residual (-2.57%).

Segundo Araújo et Costa (2013), em termos de níveis de produtividade, Portugal equipara-se à Alemanha, mas supera fortemente a Suécia. Deste modo, a produtividade marginal da inovação é elevada em Portugal e na Alemanha, em contraste com a Suécia. Segundo estes autores, este resultado é devido a diferença nos níveis de recursos alocados à inovação, nesta categoria Portugal encontra-se consideravelmente abaixo da Alemanha e da Suécia.

A componente residual não explicada pode estar a refletir, entre outros, a posição ganhador ou perdedor de cada país no contexto da crise europeia e da Grande Recessão. Por exemplo, os países sujeitos a programas de resgate apresentam uma componente residual fortemente negativa.

Código	País	$\dot{y}$	T $\dot{F}P = T\Delta + TE\Delta + S\Delta$				$\dot{x}$	Res
			T $\dot{F}P$	T $\Delta$	TE $\Delta$	S $\Delta$		
DE	Alemanha	0,91	0,40	0,00	1,62	-1,22	0,25	0,27
AT	Áustria	1,49	-0,54	0,00	1,62	-2,16	2,06	-0,03
BG	Bulgária	9,11	-0,25	0,00	0,78	-1,03	6,60	2,76
BE	Bélgica	1,40	0,21	0,00	0,93	-0,72	2,37	-1,18
CY	Chipre	0,75	0,51	0,00	3,20	-2,69	4,62	-4,38
HR	Croácia	1,50	0,00	0,00	1,32	-1,32	7,30	-5,80
DK	Dinamarca	1,43	0,90	0,00	1,80	-0,90	1,61	-1,08
SK	Eslováquia	1,77	-0,71	0,00	1,48	-2,19	5,99	-3,51
SI	Eslovénia	1,60	1,99	0,00	3,43	-1,43	3,32	-3,72
ES	Espanha	1,15	-0,34	0,00	0,51	-0,85	1,35	0,15
EE	Estónia	3,76	-1,56	0,00	2,05	-3,61	3,25	2,07
FI	Finlândia	2,82	2,55	0,00	2,98	-0,43	0,85	-0,58
FR	França	1,26	-0,01	0,00	0,98	-0,99	1,22	0,05
EL	Grécia	0,36	2,24	0,00	1,56	0,68	1,34	-3,22
HU	Hungria	3,16	0,41	0,00	0,88	-0,47	0,62	2,12
IE	Irlanda	2,94	4,52	0,00	4,46	0,06	0,88	-2,46
IT	Itália	5,59	-0,83	0,00	0,15	-0,97	0,72	5,69
LV	Letónia	6,93	-2,26	0,00	0,13	-2,39	6,00	3,19
LT	Lituânia	8,25	-0,73	0,00	0,96	-1,69	3,81	5,17
LU	Luxemburgo	1,35	1,44	0,00	3,23	-1,79	5,54	-5,63
MT	Malta	1,70	-3,77	0,00	0,35	-4,12	7,61	-2,13
NL	Países Baixos	8,80	-0,57	0,00	0,94	-1,51	2,01	7,36
PL	Polónia	2,60	0,08	0,00	0,71	-0,63	3,71	-1,19
PT	Portugal	2,93	-1,76	0,00	0,54	-2,30	7,25	-2,57
UK	Reino Unido	1,72	-0,20	0,00	1,23	-1,43	1,05	0,87
CZ	República Checa	1,85	0,69	0,00	1,23	-0,54	1,93	-0,76
RO	Roménia	5,16	-0,16	0,00	0,17	-0,33	5,14	0,18
SE	Suécia	1,26	3,39	0,00	3,73	-0,33	1,23	-3,36

**Tabela 5:** Decomposição do crescimento da inovação (taxa de crescimento anual composta).

**Nota:** valores em percentagens.

## 5. Conclusão

A presente dissertação de mestrado (TFM) teve como objetivos proceder a uma análise da produtividade e eficiência da inovação na UE-28, no período 2006-2012. Uma fronteira estocástica Cobb-Douglas foi estimada de acordo com o modelo de Battese e Coelli (1995) utilizando a base de dados que consta do relatório Innovation Union Scoreboards (IUS) de 2014 da Comissão Europeia e do Eurostat.

A inovação é a materialização de uma invenção. E subdivide-se em inovação de produto, processo, organizacional e de marketing. A inovação na UE-28 resulta de um processo produtivo que exhibe retornos decrescentes à escala. No período analisado a fronteira da inovação não se alterou, e o seu crescimento é explicado por aumentos na eficiência técnica e pela acumulação de fator.

A ineficiência técnica da produção de inovação diminuiu com o aumento do rendimento médio, a redução das desigualdades económicas e maiores taxas de crescimento económico.

Um excesso de liquidez financeira contribuiu para o aumento da ineficiência da inovação. O controlo da inflação e do desemprego contribuem para o aumento da eficiência da produção de inovação. A descentralização governamental prejudica a eficiência técnica da inovação na nossa amostra, mas parece haver uma questão de grau.

No que refere ao crescimento da inovação na UE-28, ele é devido a ganhos de produtividade, à acumulação do *input* e também a efeitos residuais não explicados. Os ganhos de produtividade são exclusivamente devidos a aumentos de eficiência técnica.

Países como o Luxemburgo, a Suécia e a Alemanha registaram crescimentos da inovação modestos no período em análise. O Luxemburgo é o país com maior

nível de eficiente técnica na inovação e o crescimento deve-se à acumulação de *input*. A Alemanha é o país líder na quantidade produzida de inovação e o crescimento é mais explicado pelos ganhos de eficiência técnica do que pela acumulação do *input*. A Suécia é o país com maior nível de recursos destinados à inovação e o crescimento também resultou de ganhos de eficiência técnica. Portugal teve um crescimento significativo da inovação, assente totalmente na acumulação do *input*, que compensou a redução verificada na produtividade da inovação.

A componente residual (não explicada) do crescimento da inovação pode traduzir, entre outros, os efeitos da Grande Recessão mundial.

Uma das limitações do estudo é a restrição da amostra à UE-28 e ao período 2006-2012. Tal deveu-se ao facto da produção de estatísticas de inovação ser um fenómeno recente em muitos países. A escolha das variáveis ambientais foi também limitada pela informação estatística disponível. No mundo da globalização e das cadeias de valor globais, seria interessante estender o trabalho a outros países do mundo, em particular aos países da OCDE e às economias emergentes, com vista a analisar quais são os países mais produtivos e eficientes na produção de inovação, os determinantes da referida eficiência, bem como os países que mais crescem em termos de inovação e o porquê desse crescimento.

Outra das limitações do estudo é a crítica feita por Rodrik (2008) à metodologia utilizada. Segundo o autor, a decomposição do crescimento em variações do TFP, acumulação de fatores e uma componente residual não permite perceber as relações entre as componentes. Como saber se a variação do *input* resultou de um aumento do TFP, ou o contrário? Ou mesmo, como saber se a variação da componente residual influenciou a variação do TFP e do *input*? A informação resultante da decomposição do crescimento não nos permite responder a estas questões.

# Bibliografia

- Abrahamovitz, M.A. 1956. Resources and output trends in the United States since 1870. *American Economic Review*, 46: 5 -23.
- Aghion, P. & Howitt, P. 1992. A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60: 323-51.
- Aigner, D.J., C.A.K Lovell & P. Schmidt. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier production function model. *Journal of Econometrics*, 6: 21-37.
- Asheim, B. & Isaksen, A. 2002. Regional innovations systems: The integration of local “sticky” and global “ubiquitous” knowledge. *Journal of technology transfer*, 27: 77-86.
- Araujo, Nuno. & Costa, Leonardo. 2013. The productivity of innovation in Portugal. *The International Journal of Management Science and Information Technology (IJMSIT)*, Special Issue, 2013 ICIE: 41-52.
- Bijker, W.E., Hughes, T.P. & Pinch, T. 1987. *The social construction of technologies systems*. (eds). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Baye, Michael.R. 2010. *Managerial economics and Business strategy*. (7<sup>th</sup> ed). New York. McGraw Hill/Irvin.
- Babbage, C. 1835. *On the economy of machinery and manufactures*. (4<sup>th</sup> ed.). London. Charles Knight.
- Braczyk et al. 1998. *Regional innovation systems: The role of governance in a globalised world*. London e Pennsylvania. UCL.
- Breschi, S. & Malerba, F. 1997. Sectoral innovation systems: Technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. In Edquist 1997a,

- Systems of innovations: Technologies, institutions and organizations*: 130-56.  
London: Pinter.
- Battese, G. E. & Coelli, T. J. 1995. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20 (2): 325-332.
- Bai, Junhong. 2011. On regional innovation efficiency: Evidence from panel data of China's different provinces. *Regional Studies*. 45 (5): 773-788.
- Blöchliger, H. & B. Égert (2013). *Decentralisation and economic growth - part 2: The impact on economic activity, productivity and investment*. OECD Working Papers on Fiscal Federalism. No. 15. OECD Publishing.
- Christensen, Clayton M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston: Harvard Business School Press.
- Coelli, Tim., Rao, D.S.Prasada., & Battese, George. E. 1998. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Boston. Kluwer Academic Publishers.
- Cooke, P. et al. 1997. Regional systems of innovation: institutional and organisational dimensions. *Research policy*, 26: 475-91.
- Cooke, P. 2001. Regional innovations systems, clusters and the knowledge economy. *Industrial and corporate change* 10(4): 945-74
- Carlsson, B. 1995. *Technological systems and economic performance: The case of factory automation*. Dordrecht. Kluwer.
- Chiaromonte, F. & Dosi, G. 1993. Heterogeneity, competition and macroeconomics dynamics. *Structural change and economic dynamics*, 4: 39-63.

- Chiara, Franco. & Leoncini, Ricardo. 2013. Measuring China's innovative capacity – A stochastic frontier exercises. *Economics of Innovation and New Technology*, 22:2: 199-217.
- Cullmann, A., A. Kappeler & C.V, Hirschhausen. 2006. *Introduction to efficiency and productivity measurement*. Lecture in the 3<sup>rd</sup> Berlin Summer School on Infrastructure.
- Comissão Europeia. 2015. Jobs, Growth and Investment. Disponível em [http://ec.europa.eu/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/index_en.htm) (2015/02/07; 17:49).
- Comissão Europeia/Directório-Geral para Empresas e Indústria/Diretório B – Crescimento Sustentável EU 2020/Unidade B3 – Política de inovação para o crescimento. 2014. *Innovation Union Scoreboard 2014*. Bruxelas. União Europeia.
- Comissão Europeia. Directório-Geral para a Política Urbana e Regional. 2013. *Guia para a Inovação Social*. Bruxelas. Comissão Europeia. Disponível em <https://infoeuropa.eu/ocid.pt/registo/000053057/documento/0001/>. (24/01/2015; 01h:36).
- Comissão Europeia. 2014. Eurostat: Your key to European statistics. Disponível em <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (2014/10/15; 10H00M).
- Comissão Europeia. 2014. Ameco: The annual macro-economic database. Disponível em [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/db\\_indicators/ameco/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/economy_finance/db_indicators/ameco/index_en.htm) (2014/11/25; 15H00M).
- Cornell University, INSEAD, and WIPO. 2014. *The Global Innovation Index 2014: The Human Factor in Innovation*. Fontainebleu, Ithaca e Genebra.
- Dosi, G. 1982. Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy*, 11: 147-62.

- Duffy, J. & Papageorgiou, C. 2000. A cross-country empirical investigation of the aggregate production function specification. *Journal of Economic Growth*, 5: 87-120.
- Edquist, C. 1997b. Systems of innovations approaches –their emergences and characteristics. In Edquist 1997a, *Systems of innovations: Technologies, institutions and organizations*: 1-35. London: Pinter.
- Edquist, C., Hommen, L., & McKelvey, M. 2001. *Innovation and Employment: Process versus Product Innovation*. Cheltenham: Elgar.
- Edquist, C. 2005. Systems of Innovation. In R. *The Oxford Handbook of Innovation*: 182-208. New York: Oxford University Press.
- Edquist, C. & Johnson, B. 1997. Institutions and organisations in systems of innovation. In Edquist 1997a, *Systems of innovations: Technologies, institutions and organizations*: 41-63. London: Pinter.
- Enos, John. 1958. A measure of the rate of technological progress in the petroleum refining industry. *Journal of Industrial Economics*, June.
- Earl, P.E. 2003. The entrepreneur as constructor of connections. In R. Koppl (ed.). *Advances in Austrian economics*, 6: 117-134. Amsterdam: JAI/Elsevier.
- Fagerberg, Jan. 2005. Innovation: A guide to the literature. In R. *The Oxford Handbook of Innovation*: 1-26. New York: Oxford University Press.
- Freeman, C. 1987. *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Freeman, C. & Soete, L. 1997. *The Economics of Industrial Innovations* (3<sup>rd</sup> ed.). London. Pinter.
- Freeman, C. & Louça, F. 2001. *As time goes by: From the industrial revolutions to the information revolution*. Oxford: Oxford University Press.

- Farrell, M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, CXX, part 3: 253-290.
- Furman, J.L., Porter, M.E., & Stern, S. 2002. The determinantes of national innovation capacity. *Research policy*, 31: 899-933.
- Fu, Xiaolan. & Yang, Qing Gong. 2009. 1982. Exploring the cross-country gap in patenting: A stochastic frontier approach. *Research Policy*, 38: 1203-1213.
- Fang, Vivian W., Tian, Xuan., & Tice, Sheri. 2014. Does stock liquidity enhance or impede firm innovation? *Journal of Finance*, 69: 2085-2125.
- Greene, William H. 2008. The econometric approach to efficiency analysis. In R. *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*: 92-250. New York: Oxford University Press.
- Godin, Benoît. 2007. Science, accounting and statistics: The input-output framework. *Research Policy*, 39: 1388-1403.
- Hotelling, H. 1929. Stability in competition. *Economic Journal*. 39. 41-57.
- Heshmati, Almas. 2009. A generalized knowledge production function. *The Icfai University Journal of Industrial Economics*, 1. Vol, VI.
- Hatipoglu, Ozan. 2012. The relationship between inequality and innovative activity: A Schumpeterian theory and evidence from cross-country data. *Scottish Journal of Political Economy*, Vol.59: 224-48.
- Hasan, Iftekhhar. & Tucci, Christopher L. 2010. The innovation-economic growth nexus: Global evidence. *Research Policy*, 39(10): 1264-1276.
- Kleinknecht, A. 1987. *Innovation patterns in crisis and prosperity. Schumpeter long cycle reconsidered*. London. Macmillan.

- Kline, S.J. & Rosenberg, N. 1986. An Overview of Innovation. In R. Landau e Rosenberg (eds.). *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington, DC: National Academy Press, 275-304.
- Kumbhakar, S.C., S.Ghosh & J.T McGuckin. 1991. A generalized production frontier approach for estimating determinants of inefficiency in U.S Dairy Farms. *Journal of Business and Economic Statistics*, 9. 279-286.
- Kumbhakar, S. & Lovell, C. A. K. 2000. *Stochastic frontier analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kalirajan, K.P. 1981. An econometric analysis of yield variability in Paddy production. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 29: 283-294.
- Kodde, D. & Palm, F. 1986. Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. *Econometrica*, 54(5): 1243-1248.
- Kneller, R. & Stevens, P.A. 2003. The specification of the aggregate production function in the presence of inefficiency. *Economic Letters*, 81: 223-226.
- Lundvall, B.A. 1988. *Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the National Systems of Innovations*. In R. Dosi et al. 1988: 349-69.
- Lundvall, B.A. 1992. *National Systems of Innovations: Towards a theory of innovations and interactive learning*. London. Pinter.
- Landes, D. 2003. *The unbound Prometheus: Technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present*. (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lazonick, William. 2005. The innovative firm. In R. *The Oxford Handbook of Innovation*: 29-55. New York: Oxford University Press.
- Marshall, Alfred. 1890. *Principles of economics*. Macmillan, London.

- Martin, Roger. 2007. *The opposable mind: How successful leaders win through integrative thinking*. Boston, M.A: Harvard Business School Press.
- Marx, K. 1867. *Capital: A critical analysis of capitalist production*. Vol n. 1. London: Lawrence and Wishart.
- Meeusen, W. & J. Van Den Broeck. 1977. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production function with composed error. *International economic review*, 18: 435-444.
- Mazzucato, Mariana. & Perez, Carlota. 2014. *Innovation as growth policy: the challenge for Europe*. SPRU - Working papers series, SWPS 2014-13. University of Sussex.
- Nelson, R.R. & Winter, S.G. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Nelson, Richard R. 1993. *National innovation systems: A comparative analysis*. New York: Oxford University Press.
- OECD & Eurostat. 2005. *Oslo manual* (3<sup>rd</sup>ed.). Paris: OECD Publishing.
- OECD. 2002a. *Dynamising national innovations systems*. Paris: OECD.
- OECD. 1996. *The knowledge-based economy*. Paris: OECD.
- Porto Editora. 2012. *Dicionário da Língua Portuguesa*. Porto. Porto Editora.
- Pavitt, Keith. 2005. Innovation process. In R. *The Oxford Handbook of Innovation*: 86-114. New York: Oxford University Press.
- Pitt, M.M. & L-F, Lee. 1981. Measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. *Journal of Development Economics*, 9. 43-64.
- Pordata. 2014. Pordata: Base de dados Portugal contemporâneo. Disponível em <http://www.pordata.pt/Home> (2014/11/10; 21H05M).

- Rogers, E. 1995. *Diffusion of Innovations* (4<sup>th</sup> ed.). New York: The Free Press.
- Romer, P. 1986. Increasing returns and long run growth. *Journal of Political Economy*, 94: 1002-37.
- Romer, P. 1990. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98: S71-S102.
- Reifschneider, D. & R. Stevenson. 1991. Systematic departure from the frontier: A framework for the analysis of firm efficiency. *International economic review*, 32. 715-723.
- Rodrik, Dani. 2008. What use is sources-of-growth accounting? *Dani Rodrik's weblog*. [http://rodrik.typepad.com/dani\\_rodriks\\_weblog/2008/02/what-use-is-sou.html](http://rodrik.typepad.com/dani_rodriks_weblog/2008/02/what-use-is-sou.html), February 11.
- Schumpeter, J. 1934. *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Schmookler, J. 1966. *Invention and Economic Growth*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Smith, Keith. 2005. Measuring Innovation. In R. *The Oxford Handbook of Innovation*: 148-177. New York: Oxford University Press.
- Solow, R.M. 1956. A Contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, 65-94.
- Solow, R.M. 1957. Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, No.3 312-320.
- Simon, H.A. 1985. What do we know about creative process? In R. R.L Kuhn (ed.). *Frontiers in creative and innovative management*. Cambridge, M.A: Ballinger.
- Smith, A. 1776. *An inquiry into the cause nature and cause of the wealth of nations*. London. Methuen.

- Schumpeter, J.A. 1939. *Business cycles: A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*. New York: Addison Wesley.
- Swann, Peter G.M. 2009. *The economics of innovation: An introduction*. Cheltenham. Edward Elgar Publishing Limited.
- Tupy, Oscar. & Yamaguchi, L.C Takao. 1998. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. *Agricultura em São Paulo*, 45: 39-51.
- Von Hippel, E. 1988. *The sources of innovation*. New York: Oxford University Press.
- Verspagen, Bart. 2005. Innovation and Economic Growth. In R. *The Oxford Handbook of Innovation*: 487-513. New York: Oxford University Press.
- Varian, Hal R. 2011. *Microeconomia: Uma abordagem moderna*. (8<sup>th</sup> ed). Lisboa: Verlag Dashöfer.
- Von Hirschhausen C., Cullmann A., & Kappeler A (2006). Efficiency analysis of German electricity distribution utilities – non-parametric and parametric tests. *Applied Economics*, 38: 2553-2566.
- Wang, Eric. 2007. R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using stochastic frontier analysis. *Journal of Policy Modeling*, 29: 345-360.
- World Bank. 2014. World developments indicators. Disponível em <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators> (2014/10/22; 18H:05M).

# Anexos

## A. Teste de Hipóteses

Teste de Hipótese	Hipótese Nula	LR	Valor crítico	Graus de liberdade	Decisão
Ausência de mudanças técnicas.	$H_0: \theta = 0$	1.41	2.706	1	Não Rejeitar Ho
Ausência de efeitos de ineficiência técnica.	$H_0: \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \dots = \delta_8 = \delta_9 = 0$	173.53	16.274	9	Rejeitar Ho
A ineficiência técnica é invariável no tempo	$H_0: \delta_9 = 0$	7.05	2.706	1	Rejeitar Ho
Omissão da constante	$H_0: \delta_0 = 0$	68677.40	10.371	5	Não Rejeitar Ho*
Forma funcional alternativa: Translog	$H_0: \beta_{xx} = 0$	4.72	2.706	1	Rejeitar Ho

\* Resultou em erros de estimação, por isso decidimos não rejeitar a hipótese nula.

B. Fronteira de inovação Cobb-Douglas: Observações completas.

