

# C&S SIG

---

***Avaliação da evolução do perfil regional em  
inovação  
O caso das regiões europeias 2003/2009***

---

João Miguel Esteves Cruz dos Santos

---

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

# **Avaliação da evolução do perfil regional em inovação**

O caso das regiões europeias 2003/2009

Dissertação Orientada por:

Professor Doutor Fernando Lucas Bação

Agosto 2013

*O progresso económico significa tumulto. (...) As possibilidades de lucros pela produção de novos artigos ou pela produção mais barata de artigos antigos estão-se materializando, constantemente, e exigindo novos investimentos. Estes novos artigos e novos métodos competem com os velhos artigos e métodos, não em termos iguais, mas com vantagem decisiva, que pode acarretar a morte dos últimos. Assim se processa o progresso na sociedade capitalista.*

(Schumpeter, 1961)

## **Agradecimentos**

Para realização desta dissertação foi fundamental o incentivo e contributo de várias pessoas, a quem não posso deixar de agradecer e de partilhar a satisfação que é ver este trabalho concretizado.

Agradeço em primeiro lugar ao Professor Doutor Fernando Bação, meu orientador, por me ter aceite como seu orientando, pelo espírito crítico e em particular pela sua constante persistência em questionar pela conclusão da presente dissertação. Foi a sua pressão, necessária e positiva, que me motivou em alguns momentos menos inspiradores.

Ao Professor Doutor Roberto Henriques agradeço pela disponibilização de informação necessária à concretização da tese.

Um agradecimento especial para a minha entidade empregadora, na instituição Banco BPI pelo apoio financeiro sem o qual não teria sido possível concretizar esta ambição pessoal e nas pessoas cujos conselhos e apoio foram uma força para prosseguir este desafio.

Por fim, aos familiares mais próximos, mas em especial à minha esposa Catarina pelo suporte emocional e sobretudo pela compreensão da minha ausência. Foi tempo que nos foi tirado, mas acredito que será tempo recompensado.

# **Avaliação da evolução do perfil regional em inovação**

O caso das regiões europeias 2003/2009

## **Resumo**

A inovação é considerada pelos economistas como fator determinante para o crescimento económico e social sustentável. No contexto da atual economia, global e marcada por uma profunda crise, torna-se imperativo compreender os padrões de inovação para suportar melhores políticas e respostas aos desafios que se impõem.

Este entendimento conduz à ilação de que os desvios significativos no crescimento económico observado entre diferentes regiões são também explicados por diferenças espaciais nos padrões de inovação.

Na sequência do exposto tem-se assistido a um renovado e crescente interesse no estudo da inovação numa perspetiva territorial e a uma crescente produção e disponibilização de dados para estudo e compreensão das suas dinâmicas.

O objectivo principal da presente dissertação é demonstrar a utilidade de uma técnica de Data Mining, a rede neuronal Self Organizing Map, na exploração destes dados para estudo da inovação. Em concreto pretende-se demonstrar a capacidade desta técnica tanto para identificar perfis regionais de inovação bem como para visualizar a evolução desses perfis no tempo num mapa topológico virtual, o espaço de atributos do SOM, por comparação com um mapa geográfico.

Foram utilizados dados Euronext relativos a 236 regiões europeias para os anos compreendidos entre 2003 e 2009. O Self Organizing Map foi construído com base no GeoSOM, software desenvolvido pelo Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação.

Os resultados obtidos permitem demonstrar a utilidade desta técnica na visualização dos padrões de inovação das regiões europeias no espaço e no tempo.

# **Assessing the evolution of regional innovation profile**

The case of european regions 2003/2009

## **Abstract**

Innovation is regarded by economists as a key factor for sustainable economic growth and social development. In the context of the current economy, global and marked by a deep crisis, it becomes imperative to understand the patterns of innovation to support better policies and responses to the challenges that are faced today.

This understanding leads to the evidence that significant deviations in economic growth observed between different regions are also explained by spatial differences regarding innovation patterns.

From the above there has been a renewed and growing interest in the study of innovation in territorial perspective and increasing production and availability of data for the study and understanding of its dynamics.

The main objective of this dissertation is to show the use of a data mining technique, the neural network Self Organizing Map, in exploration of these data for the study of innovation. In particular its intended to show the capability of this technique to both identify the regional innovation profiles as well as to visualize the evolution of these profiles in time on a topological virtual map, the attribute space of SOM, by comparison with a geographical map.

It was used data from Euronext related to 236 European regions for the years between 2003 and 2009. The Self Organizing Map was built on GeoSOM software developed by Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação.

The obtained results demonstrate the use of this technique for the visualization of innovation patterns in European regions in space and time, and have also seen some possible association existence of regional clusters with different innovation patterns and the approach between innovation performance of different regions and their special proximity.

## **Palavras-Chave**

Inovação

Território

Informação Geográfica

Self-Organizing Map

## **Keywords**

Innovation

Territory

Geographic Information

Self-Organizing Map

## **Acrónimos**

**BMU** – Best Matching Unit

**CE** – Comissão Europeia

**EQM** – Erro de Quantização Médio

**ET** – Erro Topológico

**IUS** – Innovation Union Scoreboard

**OECD** – Organisation for Economic Co-operation and Development

**RIS** – Regional Innovation Scoreboard

**RNA** – Rede Neuronal Artificial

**SOM** – Self Organizing Map

**UE** – União Europeia

**U-Mat** – Unified Distance Matrix

## Índice

Agradecimentos .....	iv
Resumo .....	v
Abstract .....	vi
Palavras-Chave .....	vii
Keywords.....	vii
Acrónimos .....	viii
Índice .....	ix
Índice de Figuras.....	xii
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da Tese.....	2
2. Inovação .....	4
2.1 Introdução .....	4
2.2 Conceito .....	5
2.2.1 Inovação, Novidade e Comercialização.....	5
2.2.2 Inovação, Imitação e Difusão .....	6
2.2.3 Inovação e Organização .....	7
2.2.4 Inovação e Incerteza .....	8
2.2.5 Inovação e Invenção .....	8
2.3 Tipos de Inovação .....	9
2.3.1 Inovação Incremental e Inovação Radical .....	9
2.3.2 Inovação de Produto e Inovação de Processo .....	10
2.3.3 Inovação Organizacional e Inovação de Marketing .....	10
2.4 Modelos de Inovação .....	10
2.4.1 As cinco gerações da inovação.....	11
2.4.2 Abordagem sistémica do processo de inovação.....	13
3. Perspetiva Territorial da Inovação .....	14
3.1 Introdução .....	14

3.2	Modelos de inovação de base territorial .....	15
3.2.1	Meios Inovadores .....	15
3.2.2	Distritos Industriais .....	15
3.2.3	Clusters .....	16
3.2.4	Sistemas de Inovação Regional.....	16
3.2.5	Learning Regions .....	17
3.3	O papel da proximidade geográfica na inovação.....	17
3.4	O papel atual das regiões na promoção da inovação.....	20
4.	Self Organizing Map.....	23
4.1	Introdução .....	23
4.2	Algoritmo SOM.....	25
4.3	Interpretação dos resultados do SOM .....	29
4.3.1	Visualização da estrutura do SOM.....	29
4.3.2	Visualização de novos dados no SOM .....	31
4.3.3	Visualização dos resultados noutras ferramentas .....	32
4.4	Medidas de Qualidade do SOM .....	33
4.4.1	Erro de Quantização Médio.....	33
4.4.2	Erro Topológico .....	34
4.4.3	Considerações relativas às medidas de qualidade.....	34
5.	Metodologia.....	36
5.1	Compreensão dos Dados.....	36
5.2	Preparação dos Dados.....	37
5.3	Aplicação do Modelo .....	38
5.3.1	Tamanho e topologia.....	39
5.3.2	Critérios de Treino.....	39
5.4	Avaliação do Modelo .....	40
6.	Resultados .....	41
6.1	Caracterização dos Clusters .....	41
6.1.1	Caracterização do perfil de inovação.....	41
6.1.2	Caracterização espacial .....	45

6.2	Visualização da evolução temporal do perfil inovador das regiões .....	46
6.2.1	Evolução do perfil inovador no tempo e no espaço de atributos .....	46
6.2.2	Relação entre padrão de inovação e proximidade geográfica.....	48
7.	Conclusões.....	50
8.	Limitações .....	51
	Referências Bibliográficas.....	52

## Índice de Figuras

Figura 2.1 – Modelos de inovação de 1ª geração: “Technology Push” .....	11
Figura 2.2 – Modelos de inovação de 2ª geração: “Market Pull” .....	11
Figura 2.3 – Modelos de inovação de 3ª geração: “Coupling Model” .....	12
Figura 2.4 – Modelos de inovação de 4ª geração: “Integrated Models” .....	12
Figura 4.1 – Rede neuronal de aprendizagem supervisionada .....	23
Figura 4.2 – Self Organizing Map .....	24
Figura 4.3 – Ilustração de resultados de três métodos de segmentação distintos.....	25
Figura 4.4 – Tamanho e topologia de dois SOM .....	26
Figura 4.5 – Aprendizagem do SOM.....	27
Figura 4.6 – Duas funções de vizinhança .....	28
Figura 4.7 – Projeção de neurónios do SOM na Matriz-U .....	30
Figura 4.8 – Planos de componentes para visualização da distribuição de diferentes variáveis .....	31
Figura 4.9 – Diferentes formas de visualização de observações no SOM. ....	32
Figura 4.10 – Exemplo de representação de nova variável no SOM .....	32
Figura 4.11 – Janela do GeoSOM suite.....	33
Figura 5.1 – Dimensão de inovação e respetivos indicadores usados na análise. ....	37
Figura 5.2 – Matriz de correlação entre as variáveis do estudo. ....	38
Figura 5.3 – Modelos SOM construídos.....	39
Figura 5.4 – EQM e ET para cada SOM construído. ....	40
Figura 5.5 – Matriz U da rede SOM selecionada. ....	40
Figura 6.1 – Segmentação da Matriz U em 8 áreas. ....	41
Figura 6.2 – Plano de componentes da dimensão Socioeconómica. ....	42
Figura 6.3 – Plano de componentes da dimensão educação.....	42
Figura 6.4 – Plano de componentes da dimensão Inputs de I&D. ....	43
Figura 6.5 – Plano de componentes da dimensão Outputs de I&D.....	43
Figura 6.6 – Média dos indicadores normalizados e dimensões por cada cluster. ....	44
Figura 6.7 – Caracterização dos Clusters da Matriz U. ....	45
Figura 6.8 – Representação espacial dos clusters criados. ....	45

Figura 6.9 – Correspondência simplificada entre Cluster SOM e NUTs 2. ....	46
Figura 6.10 – Representação do processo de projeção em mapa topológico. ....	47
Figura 6.11 – Evolução da região de Lisboa em desempenho na inovação entre 2003 e 2009. ....	47
Figura 6.12 – Variação do perfil de inovação da região de Lisboa entre 2003 e 2009 .....	48
Figura 6.13 – Evolução do perfil de inovação das Regiões entre 2003 e 2009 .....	49
Figura 6.14 – Padrão espacial da evolução do perfil de inovação observado entre 2003 e 2009.....	49

# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento

No contexto da atual crise económica e num ambiente de cada vez maior competitividade os principais agentes de decisão são confrontados com a dificuldade em encontrar caminhos para o crescimento económico e social sustentável.

Organizações internacionais, como a OECD e a CE, têm enfatizado o papel crucial da inovação como resposta aos desafios que se impõem. A capacidade de inovar traduz a capacidade de introduzir novos produtos, serviços, modelos de negócio e métodos organizacionais, sendo reconhecido a essas evoluções fontes de aumento de competitividade, produtividade, de quantidade e qualidade de postos de trabalho e dos padrões de vida (OECD, 2011).

A arena da competitividade ultrapassa hoje a esfera empresarial. As regiões são hoje reconhecidas como motores de crescimento económico. A reunião de pessoas, saberes e infraestruturas num dado espaço geográfico continua a ser relevante para o desenvolvimento de novas ideias, projetos e negócios. Contudo, na era da globalização as regiões não são mais territórios fechados nas suas fronteiras administrativas, mas antes palcos ligados em rede onde os actores da competitividade tomam lugar. Assim, da mesma forma que uma empresa que deixe de ser competitiva é excluída do mercado também a região menos competitiva, por menor natureza inovadora, pode ser excluída da sua rede pondo em causa a vitalidade económica e social da sua população.

A relevância da inovação e do papel das regiões na sua concretização está patente na investigação científica, em planos estratégicos de desenvolvimento e em instrumentos de monitorização promovidos por autoridades nacionais e internacionais. Alguns desses exemplos são a promoção de Sistemas Regionais de Inovação que procuram potenciar as vantagens competitivas da região com o contributo dos actores locais, os planos de estratégicos de crescimento para a UE designados de “Estratégia de Lisboa” e a “Europa 2020” que definem objetivos na área da inovação e por fim os instrumentos como Innobarometer, Innovation Union Scoreboard (IUS) e Regional Innovation Scoreboard (RIS), que procuram medir e avaliar numa base comparativa os estados e as regiões europeias quanto ao desempenho em inovação.

Os instrumentos IUS e RIS apresentam uma segmentação do território europeu quanto a padrões de inovação e retratam a sua evolução no tempo por análise comparativa dos segmentos obtidos em diferentes momentos. A segmentação é realizada em análise de clusters por métodos estatísticos designados de segmentação hierárquica e também com base no conhecido k-means.

Com esta dissertação procura-se demonstrar o potencial de uma nova área de conhecimento, o Data Mining, na forma de analisar e gerar conhecimento sobre os padrões territoriais de inovação com recurso a diferente método de classificação designado de Self-Organizing Map.

## **1.2 Objetivos**

O objectivo principal da presente dissertação é o estudo da relação que se estabelece entre inovação e território tendo em consideração o espaço europeu por utilização do algoritmo SOM. Tem como objetivos específicos:

- Caracterização das NUTS II quanto à inovação;
- Visualização num espaço virtual topológico da evolução de uma região em desempenho de inovação entre 2003 e 2009;
- Visualização de associação entre proximidade espacial e evolução regional em inovação

## **1.3 Estrutura da Tese**

Esta dissertação possui caracter interdisciplinar abordando questões de diferentes áreas científicas como a Economia, Teorias de Inovação de Base Territorial, a Estatística, Otimização entre outros.

Para conciliação entre os diferentes temas e o objectivo proposto definiu-se uma estrutura com duas componentes, a teórica que sintetiza a pesquisa e o estudo da bibliografia e a prática que descreve os passos metodológicos desenvolvidos para concretização do objectivo final. Assim a dissertação desenvolve-se ao longo de sete capítulos.

Inicia-se com presente capítulo onde é enquadrado o tema da investigação, a metodologia adotada e a estrutura da tese.

No segundo capítulo é apresentado o conceito de inovação desenvolvido por diferentes abordagens teóricas

O terceiro capítulo enquadra o tema da inovação na dimensão territorial, tal como apresentado em diferentes perspetivas teóricas e a relevância das regiões no processo de inovação.

No quarto capítulo é apresentado o conceito do SOM sendo sintetizado as principais características do algoritmo e critérios de avaliação.

O quinto capítulo apresenta a metodologia desenvolvida para concretização dos objetivos propostos, com a descrição dos dados utilizados, tratamento efetuado e a parametrização do SOM.

No capítulo sexto são apresentados os resultados e a sua análise, nomeadamente a identificação de clusters regionais, o perfil de inovação de cada cluster, a visualização da evolução de regiões em mapa topológico virtual e a sua relação com o espaço geográfico.

No capítulo sete é apresentada as conclusões gerais deste trabalho e no oitavo capítulo as principais limitações do estudo e feitas recomendações para o futuro.

## **2. Inovação**

### **2.1 Introdução**

Sem grande perda de rigor afirma-se que toda a evolução do homem tem subjacente a inovação. Quando começou a cultivar os alimentos em lugar da coleta o homem inovou na sua relação com o meio envolvente dando origem a uma revolução agrícola e à consequente expansão demográfica. Quando adaptou a caravela para uma mais fácil navegação à bolina os portugueses inovaram, obtendo por esse meio o controlo de rotas de comércio e marcaram o início da era das explorações marítimas com alterações profundas na sociedade europeia a que se resumem na passagem da idade média para a idade moderna. Na história mais recente, Henry Ford ao criar a linha de montagem em série inovou, revolucionando métodos e processos produtivos até então existentes que se traduziram em ganhos de produtividade e competitividade.

A questão que agora se coloca é qual o enquadramento da inovação na sociedade de hoje?

No contexto da atual crise económica e num ambiente de cada vez maior competitividade os principais agentes de decisão são confrontados com a crescente dificuldade em encontrar caminhos para o crescimento económico sustentável. Da leitura bibliográfica percebe-se um consenso de que os fatores de produção capital, trabalho e recursos naturais não são garante para contínua criação de riqueza e de que esse caminho tem de ser feito via aquisição de conhecimento e inovação. A inovação introduz novas tecnologias, produtos, formas de organização e mercados que em última linha confere ganhos de produtividade e competitividade. O incentivo para quem inova é o acréscimo de vantagens na capacidade concorrer por determinado mercado.

Para além da crise económica, a sociedade atual é ainda confrontada com outros dois grandes desafios nomeadamente as crises ambiental e energética, cuja resposta tem sido também procurada com grande expectativa na inovação (Cooke et al, 2011). O aquecimento global e a limitação energética para as necessidades de uma população crescente são uma realidade cada vez mais presente. O desenvolvimento de tecnologias e mercados relacionados com as fontes de energia alternativas são evidências de tentativas de resposta pela inovação.

Assim, percebe-se que as primeiras teorias sobre inovação radicavam para uma natureza puramente tecnológica ou comercial, fundamentalmente aplicável à esfera da iniciativa privada. Contudo, os desafios que a sociedade enfrenta incentiva a um novo olhar para a inovação, ampliando a sua natureza e abrangência às questões sociais, sector público e à geografia, e exigem uma coordenação de estratégias e políticas entre autoridades nacionais e regionais (OECD, 2010).

Em síntese, o propósito da inovação é o crescimento económico e social, por intermédio de ganhos de produtividade, eficiência e eficácia, uma vez que crescer é um bom indicador da vitalidade de um organismo quer seja biológico ou socioeconómico (Cooke et al, 2011).

## **2.2 Conceito**

Vários autores, provenientes de diversas áreas científicas e inspirados pela conjuntura das respetivas épocas e regiões, têm enriquecido a nossa compreensão quanto ao tema da inovação. Constituem contributos tanto alternativos como complementares, mas a primeira conclusão obtida desta diversidade é de que a inovação é um conceito abrangente que não pode ser completamente compreendido com uma única perspetiva científica.

A emergência do tema ocorreu na teoria económica com Schumpeter pela sua obra *Teoria do Desenvolvimento Económico* (Schumpeter, 1997).

(Schumpeter, 1997, p.76) *Esse conceito engloba os cinco casos seguintes: 1) Introdução de um novo bem — ou seja, um bem com que os consumidores ainda não estiverem familiarizados — ou de uma nova qualidade de um bem. 2) Introdução de um novo método de produção, ou seja, um método que ainda não tenha sido testado pela experiência no ramo próprio da indústria de transformação, que de modo algum precisa ser baseada numa descoberta cientificamente nova, e pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria. 3) Abertura de um novo mercado, ou seja, de um mercado em que o ramo particular da indústria de transformação do país em questão não tenha ainda entrado, quer esse mercado tenha existido antes, quer não. 4) Conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, mais uma vez independentemente do fato de que essa fonte já existia ou teve que ser criada. 5) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio (por exemplo, pela trustificação) ou a fragmentação de uma posição de monopólio.*

Para Schumpeter não existe uma única dimensão da inovação mas cinco, que traduzem vários caminhos para a sua concretização e reforça a já enunciada natureza abrangente.

A definição de Schumpeter associa à inovação diversos conceitos como novidade, comercialização, imitação, difusão, organização e incerteza que foram posteriormente aprofundados por diversos autores que constituíram contributos para melhor entendimento quanto à natureza da inovação, como esta ocorre e o que a motiva.

### **2.2.1 Inovação, Novidade e Comercialização**

Novo bem, novo método de produção, novo mercado, nova fonte de matérias-primas, nova organização de qualquer indústria. Novo, palavra recorrentemente usada por Schumpeter para expor o conceito de inovação.

A inovação é uma novidade para quem se lhe apresenta. Contudo, a novidade por si só não confere uma vantagem económica.

Numa perspetiva de produto, é a aceitação da novidade pelo mercado que determina se a inovação é viável ou não, pelo que o seu sucesso está dependente da sua força comercial. Numa perspetiva de processo também não existe razão para que uma nova tecnologia substitua a mais antiga apenas em virtude da sua novidade, pelo que o sucesso da novidade dependerá também da sua força tecnológica (Kline e Rosenberg, 1986).

Assim, uma novidade configura uma inovação quando esta é aceite por quem lhe é destinada atribuindo-lhe valor económico.

Mais recentemente a OECD (2005) avançou com três dimensões da novidade:

- Novo para a empresa: requisito mínimo de novidade é que seja novo para a empresa, mesmo que o novo já se encontre disponível noutras empresas;
- Novo para o mercado: quando a empresa é a primeira a introduzir a inovação no seu mercado. O mercado pode ser definido pela empresa e os seus concorrentes e pode incluir uma linha de produto ou região geográfica. O âmbito geográfico da novidade depende da própria visão da empresa quanto ao seu mercado operacional que pode incluir empresas domésticas ou estrangeiras;
- Novo para o mundo: quando a empresa é a primeira a introduzir a inovação em todos os mercados e indústrias, doméstico ou internacional.

### **2.2.2 Inovação, Imitação e Difusão**

Novidade para empresa mas não para o mercado ou para o mercado mas não para o mundo significa que o novo pode ser introduzido primeiro num dado contexto e posteriormente introduzido pela primeira vez num segundo contexto. Determinadas perspetivas entendem que a novidade introduzida no segundo contexto é na realidade uma imitação. Contudo, na perspetiva de Schumpeter esta deverá também ser considerada uma inovação dado configurar uma novidade em dado contexto (Fagerberg, 2003).

Subjacente a este processo de imitação está a transferência e adaptação de conhecimento entre diferentes contextos a que se designa de processo de difusão da inovação. Raramente os benefícios da inovação ficam circunscritos à indústria que a promoveu (Kline e Rosenberg, 1986).

É igualmente uma parte intrínseca do processo de inovação os efeitos de aprendizagem, imitação e resposta que se levantam durante o processo de difusão. A aplicação do novo em diferente contexto exige por vezes consideráveis adaptações, que configuram também uma espécie de inovação (Hall, 2004).

Hall (2004) coloca a difusão como central no processo de inovação ao afirmar que sem ela o impacto social e económico da inovação seria muito limitado, salientando ainda que a difusão pode ser a componente de inovação mais importante para países em desenvolvimento, regiões periféricas ou empresas com atraso tecnológico. O autor desenvolve ainda considerações para as diferenças que por vezes se observa na taxas de difusão de uma inovação entre sectores ou regiões, apontando motivações como os benefícios e custos percebidos, os efeitos de rede, a informação disponível sobre a inovação, os constrangimentos impostos pelo ambiente cultural, social ou regulatório como também a dimensão de mercado em que se atua versus a dimensão necessária para o investimento em inovação.

A difusão, a par da invenção e comercialização é um pilar para a introdução de inovação numa empresa ou sociedade. Por esta natureza a inovação é entendida como um processo de aprendizagem coletiva.

### **2.2.3 Inovação e Organização**

Schumpeter descreve inovação como uma luta do empresário. Esta visão de inovação, um esforço solitário ou processo individual, foi posteriormente contrariada por alguns investigadores ao afirmarem que a inovação ocorre igualmente no conjunto de uma organização (Fagerberg, 2003).

Lam (2005) refere a existência de uma relação dinâmica entre a organização e a inovação, que tem sido investigada em três perspetivas diferentes. A primeira perspetiva foca-se na estrutura organizacional das empresas e a sua relação com uma propensão à inovação. Admite que inovar exige uma estrutura organizacional e o objectivo é encontrar as características estruturais das empresas inovadoras ou determinar o efeito dessas características na inovação. A segunda perspetiva entende que a inovação ocorre em processos micro de busca de ideias e soluções para problemas, estando assim relacionada com processos de aprendizagem organizacional ou de criação de conhecimento. A última perspetiva assenta na capacidade da organização para compreender a mudança e a adaptação à inovação que ocorre no seu ambiente externo. Está subjacente nesta ideia a existência de uma relação da organização com o seu exterior, em que a existência de redes com parceiros pode ser útil à abertura de novas inovações.

A inovação organizacional pode ser um pré-requisito para a inovação de produto ou processo.

Note-se que a inovação organizacional está também presente na visão de Schumpeter, mas como um processo de carácter geral e revolucionário, na forma de uma reestruturação de todo um sector industrial.

## 2.2.4 Inovação e Incerteza

A inovação é a criação e comercialização de algo novo e a novidade encerra elementos que não são compreendidos nos seus primeiros momentos. Quanto maior a profundidade da inovação maior a incerteza (Kline e Rosenberg, 1986).

A inovação é também um processo contínuo entre reflexão estratégica, geração de novas soluções, implementação e difusão (Dantas e Moreira, 2011). Este facto diz-nos que se trata de um erro em tratar a inovação como um processo bem definido, homogéneo que pode ser identificado como tendo entrado na economia numa época precisa ou tornada disponível num dado momento (Fagerberg, 2003). Quanto mais longo for o processo maior a incerteza associada à inovação.

Em resumo, a inovação é um processo complexo e difuso impondo por vezes alterações profundas em todo um sistema, pelo que envolve incerteza que condiciona a sua própria concretização. A incerteza pode resumir a:

- Incerteza no desempenho da nova solução: resposta do mercado, capacidade de a organização incorporar as alterações
- Incerteza na medição dos benefícios: não existe uma única dimensão da inovação, os seus benefícios raramente ficam circunscritos a um sector de atividade, os efeitos económicos obtidos num mercado podem não ser replicados por diferente potencial

## 2.2.5 Inovação e Invenção

Outra preocupação percebida na revisão bibliográfica foi a clarificação entre inovação e invenção.

*(Schumpeter, 1997, p.95) A liderança económica em particular deve pois ser distinguida da “invenção”. Enquanto não forem levadas à prática, as invenções são economicamente irrelevantes. E levar a efeito qualquer melhoramento é uma tarefa inteiramente diferente da sua invenção, e uma tarefa, ademais, que requer tipos de aptidão inteiramente diferentes. Embora os empresários possam naturalmente ser inventores exatamente como podem ser capitalistas, não são inventores pela natureza de sua função, mas por coincidência e vice-versa. Além disso, as inovações, cuja realização é a função dos empresários, não precisam necessariamente ser invenções. Não é aconselhável, portanto, e pode ser completamente enganador, enfatizar o elemento invenção como fazem tantos autores.*

A inovação constitui um fator para a liderança económica e esta se gera não só pela invenção, i.e. pela pesquisa científica. Fagerberg (2003) reforça esta ideia pela afirmação de que a inovação consiste na combinação de ideias, capacidades, perícia, recursos, entre outros fatores já existentes, ou seja não é dependente do ato de inventar.

Invenção é a primeira ocorrência de uma ideia para um novo produto ou processo e inovação é a comercialização dessa ideia, ou seja é a inovação que dá relevância económica à invenção através da sua aplicação. Por vezes ambas estão intrinsecamente ligadas o que torna a sua distinção difícil, contudo na maioria dos casos existe um desfasamento temporal entre invenção e inovação, que ocorre por diferenças nos requisitos necessários ao desenvolvimento de uma ideia daqueles que são empregues na colocação dessa ideia em prática (Fagerberg, 2003).

Na interpretação das visões expostas, conclui-se que a inovação é um processo contínuo de aprendizagem coletiva e de geração de novas soluções (na forma de novos produtos, processos, métodos de processo e organizacionais) construídas com novas combinações do conhecimento próprio e/ou externo e com um elevado grau de incerteza quanto ao seu alcance mas com o benefício potencial de assumir a liderança económica resultante da vantagem competitiva de se ser o inovador.

## **2.3 Tipos de Inovação**

Da leitura bibliográfica percebe-se diversas classificações da inovação sendo as mais usuais a distinção entre inovação incremental e inovação radical e entre inovação de produto e de processos.

O desenvolvimento teórico do conceito de inovação conduziu ainda à sua classificação em outros dois tipos, a inovação de organizacional e inovação de marketing (OECD, 2005).

### **2.3.1 Inovação Incremental e Inovação Radical**

A distinção entre inovação radical e incremental é feita pela magnitude das alterações associadas à inovação.

A inovação radical produz alterações significativas numa organização ou indústria e representam uma clara rutura com as práticas existentes. A inovação incremental, por outro lado representa melhorias marginais às formas correntes de fazer as coisas (Gopalakrishnan e Damanpour, 1997).

Dado a menor visibilidade do seu impacto não se deve entender a inovação incremental como menos relevante uma vez que o seu impacto cumulativo pode ter resultado semelhante ao da inovação radical (Fagerberg, 2003).

Kline e Rosenberg (1986) referem no entanto que a inovação pode ser apresentada como um espectro que pode ir desde o menos evolucionário até ao mais incremental.

### **2.3.2 Inovação de Produto e Inovação de Processo**

A inovação de produto é a introdução de bem ou serviço que é novo ou significativamente melhorado e inovação de processo é a implementação de novo ou significativamente melhorado método de produção ou entrega (OECD, 2005)

A inovação de produto é comumente aceite como estando mais diretamente relacionada com o crescimento dos lucros e do emprego e a inovação de processo está antes associada ao controlo de custos e de efeito mais ambíguo (Fagerberg, 2003).

### **2.3.3 Inovação Organizacional e Inovação de Marketing**

A inovação de marketing respeita a implementação de novo método de marketing na organização que envolve significativa alteração do desenho do produto, embalagem, novo canal de vendas, promoção do produto ou preço. As inovações de marketing são destinadas a melhor satisfazer as necessidades dos Clientes, abrir mercados, reposicionar o produto de forma a aumentar as suas vendas (OECD, 2005)

A inovação organizacional é a implementação de novo método organizacional na prática de negócio da empresa, local de trabalho ou relações externas, e é conduzida para melhorar a performance da empresa pela redução de custos administrativos ou custos de transação, melhorar a satisfação do local de trabalho, ganhar acesso a ativos não negociáveis ou reduzir os custos de fornecimento. Este tipo de inovação confunde-se por vezes com a inovação de processo dado objetivos similares e por muitas vezes ocorrerem em simultâneo. Um ponto para a diferenciação é de que a inovação de processo envolve especialmente equipamento, técnicas ou procedimentos a inovação organizacional lida com pessoas (OECD,2005).

## **2.4 Modelos de Inovação**

Os modelos de inovação surgem como tentativas teóricas de explicar as dinâmicas do processo de inovar. O que o motiva, como se desenvolve, que condições exige? No fim, o que procuram estas interrogações é um guião de boas práticas para auxiliar projetos de inovação.

Rothwell (1992) caracteriza a evolução dos modelos de inovação em cinco gerações. Esta evolução partiu de representações lineares do processo de inovação, descritos por diferentes etapas que se sucediam consecutivamente em sentido único, até se chegar a modelos mais complexos caracterizados por estruturas de rede.

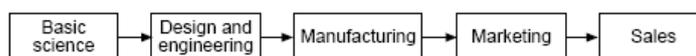
Aqueles modelos representam a inovação como processos que ocorrem predominantemente na fronteira das empresas. O maior relevo dos fatores externos no

processo de inovação foi introduzida por abordagem sistémicas com propostas de “Sistemas de Inovação” (Godinho, 2003).

### 2.4.1 As cinco gerações da inovação

A descrição do processo de inovação tem sido objeto de revisão no decurso do tempo em consequência de adaptações necessárias ao respetivo enquadramento económico. Rothwell (1994), na sua formulação sobre o quinto modelo de inovação, fez descrição desta evolução.

De acordo com este autor, os modelos de inovação de primeira geração predominaram entre 1950 e meados de 60, período caracterizado por crescimento económico, largamente suportado pela rápida expansão industrial e novas oportunidades tecnológicas. O processo de inovar consistia em promover maiores níveis de investigação e desenvolvimento que resultariam em novos produtos bem-sucedidos, dado entender-se que existiria sempre procura pelo mercado. Estes modelos de inovação, designados por Rothwell (1994) de “technology push”, caracterizavam-se pelo desenvolvimento linear de um conjunto de etapas que eram impulsionadas pelo desenvolvimento de novas tecnologias.



**Figura 2.1 – Modelos de inovação de 1ª geração: “Technology Push”**  
(Rothwell, 1994)

A segunda geração de modelos surge em meados dos anos 60, tempos em que se assiste a uma concentração industrial, à introdução de novos produtos mas baseados especialmente em tecnologias já existentes. Neste ambiente foi o mercado, nas suas dimensões de oferta e procura, que determinou as motivações das empresas no processo de inovação. Esta geração de modelos designa-se de “market pull” e diferencia-se da geração anterior na origem do processo de inovação, mantendo a visão deste como um conjunto de etapas desenvolvidas de forma linear.

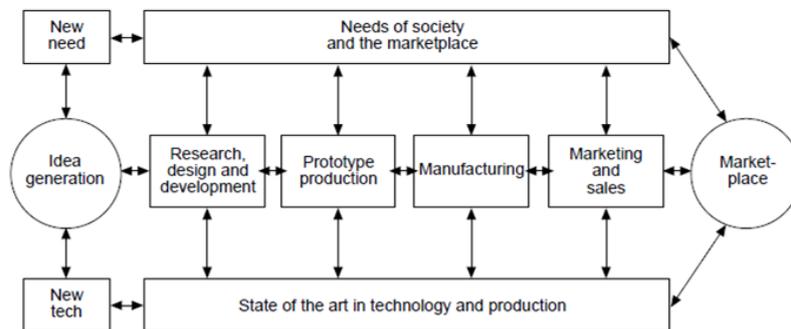


**Figura 2.2 – Modelos de inovação de 2ª geração: “Market Pull”**  
(Rothwell, 1994)

Entre 1970 e meados de 80 observou-se constrangimentos económicos, tais como altas taxas de inflação e saturação da procura pelo aumento do desemprego estrutural. Esta nova realidade forçou empresas a adotar novas estratégias de consolidação e racionalização com

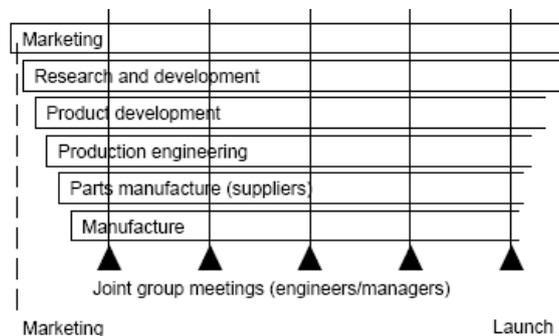
crescente ênfase em economias de escala e nos benefícios de experiência. Neste período de restrições de recursos foram desenvolvidos estudos empíricos do processo de inovação, abrangendo diversos sectores de atividade e países, os quais expuseram a fragilidade dos modelos anteriores em explicar tanto a origem como a direção do processo de inovação.

Rothwell (1994) classifica os modelos apresentados nesta terceira geração de “Coupling Model”. Apesar manter uma natureza linear refere que o processo de inovação inclui relações de resposta entre as suas diferentes fases que representam interações permanentes.



**Figura 2.3 – Modelos de inovação de 3ª geração: “Coupling Model”**  
(Rothwell, 1994)

Entre 1980 e 1990 assiste-se a uma nova geração de equipamentos de produção que obriga ao desenvolvimento de novas estratégias e de parcerias empresariais onde a vertente tecnológica assume um papel relevante. A inovação passa a ser concretizada com vários processos a decorrer em paralelo e com relações de resposta em detrimento de processos sequenciais. A estes modelos de inovação Rothwell (1994) designou-os de “Integrated Models”



**Figura 2.4 – Modelos de inovação de 4ª geração: “Integrated Models”**  
(Rothwell, 1994)

A crescente complexidade e rápida alteração tecnológica forçaram as empresas a novas alianças, tanto a nível vertical como horizontal para procura de maior flexibilidade e eficiência na atuação dos mercados. Tal reforçou a estratégias direcionadas à integração e cooperação em rede com entidades externas conduzindo os inovadores a considerar uma quinta geração dos processos de inovação.

Os modelos de quinta geração são essencialmente um desenvolvimento dos modelos de quarta geração, caracterizados por maior integração e flexibilidade organizacional, através do desenvolvimento de redes externas e descentralização da tomada de decisão. A principal característica é a ênfase no desenvolvimento das tecnologias de informação e de comunicação que permitem a criação de estruturas mais adequadas à inovação e à resposta cada vez mais célere que os mercados exigem.

#### **2.4.2 Abordagem sistémica do processo de inovação**

As abordagens sistémicas ao processo de inovação surgem em 1980 com propostas de conceitos de “sistemas de inovação”. Estas abordagens sugerem um esquema analítico que para além dos fatores tradicionalmente considerados, integra a organização institucional, a cultura, a história dos países e regiões onde a inovação ocorre, o qual tem vindo a ganhar uma grande influência na definição de políticas de inovação (Godinho, 2003).

O núcleo vital do sistema de inovação é a empresa. Mas em torno desta gravitam todo um conjunto de atores sem os quais a inovação não ocorreria nem se difundiria pelo conjunto do sistema. As ligações que se estabelecem entre a empresa e esses atores são por conseguinte vitais para o dinamismo do sistema. Por outro lado, as interações entre cada empresa individual e todas as restantes são também relevantes, visto nos contactos que entre elas se verificam, maioritariamente para realização de transações, se partilham e transferem informalmente conhecimentos com relevância económica (Godinho, 2003).

Apesar de diferentes abordagens sistémicas, a perspetiva dos sistemas de inovação contribui no entanto para destacar de forma clara a importância de alguns fatores tais como os padrões de interação entre as empresas e outros atores externos, a identificação em simultâneo das estratégias e estruturas organizacionais dominantes no tecido microeconómico, o papel das entidades de I&D e universidades, a referência aos sistemas educacional e de formação, a relevância do sistema financeiro no financiamento da inovação, a compreensão do quadro legal e regulamentar, a consideração das rotinas e das regras e normas informais nos padrões de comportamento, e, por fim integração das políticas públicas no quadro global de análise. Dependendo de cada situação específica, todos estes fatores tendem a influenciar a natureza, direção e ritmo da aprendizagem e das atividades de inovação (Godinho, 2003).

### 3. Perspetiva Territorial da Inovação

#### 3.1 Introdução

Não obstante os desenvolvimentos teóricos iniciados nos anos 20, o território como dimensão central na análise do tema inovação surge evidente nos anos 90 motivado pelo desenvolvimento do processo de globalização.

O impulso para esta análise foi a necessidade de compreender como a globalização poderia por em causa a hegemonia económica das nações (Cooke et al, 1997).

A globalização trouxe assim para arena da competitividade novos atores, as nações.

Segundo Porter (1990) o objectivo principal de uma nação é proporcionar um alto e cada vez maior nível de vida aos seus cidadãos. A habilidade para tal depende da produtividade do trabalho e capital empregue na nação. Assim o nível de vida de uma nação depende da capacidade de as suas empresas em atingir níveis elevados e crescentes de produtividade. O crescimento sustentável da produtividade exige que uma economia continuamente se renove, que suas as empresas obstinadamente melhorem a sua capacidade produtiva e procurem ganhar vantagens competitivas. As empresas alcançam essa vantagem através da inovação.

*(Porter, 1990) National prosperity is created, not inherited. It does not grow out of country's natural endowments, its labor pools, its interest rates, or its currency's value as classical economics insists. A nation's competitiveness depends on the capacity of its industry to innovate and upgrade.*

A procura por ganhos de competitividade passou por questionar que motivos levam empresas sediadas numa dada nação a inovarem mais que outras e como é que algumas nações disponibilizam um ambiente mais propício às suas empresas para melhorar e inovar mais depressa que os seus rivais (Porter, 1990).

O desenvolvimento teórico do tema conjuntamente com a percepção de que no seio das nações também se observa diferenças regionais significativas de desenvolvimento económico fez emergir a necessidade de alargar a discussão sobre a competitividade e inovação a diferentes escalas e complexidades, tomando em consideração outras dimensões territoriais (Cooke et al, 1997).

Tomou-se o conhecimento de que as diferenças de crescimento económico entre regiões são acompanhadas por diferenças nos níveis de acumulação espacial de conhecimento e de capacidade inovadora das empresas locais. Por outro lado, foi também observado a existência de um espaço para um aproximar virtuoso das regiões mais desfavorecidas às

regiões mais inovadoras, uma vez que com a globalização se assistiu a uma maior circulação a nível internacional de conhecimento e de pessoas instruídas promovendo a difusão da inovação e a emergência de novas regiões competitivas (OECD, 2010).

Quais os fatores que levam a acumulação de conhecimento e de capacidade de inovação num determinado local? Que políticas de inovação regional devem ser implementadas para melhor assistir as suas instituições e empresas no incremento da sua capacidade inovadora? É em torno destas questões que se têm centrado a investigação sobre a perspectiva territorial da inovação.

## **3.2 Modelos de inovação de base territorial**

Os modelos de inovação de base territorial surgem como teorias para a explicação do desenvolvimento assimétrico de diferentes regiões. Esta secção apresenta as diferentes perspectivas que nos aspetos explicativos mais relevantes pouco se diferenciam entre si tais como a interação, conhecimento, cooperação, diferentes atores envolvidos.

### **3.2.1 Meios Inovadores**

O meio inovador é aquele que surge como incubador de inovação ou de empresas inovadoras numa dada região. Os seus elementos chave são a cooperação e a interação entre atores regionais em repetidos encontros pessoais, o compromisso entre atores provenientes de diferentes sectores da economia como empresas, universidades ou autoridades locais e a consciência por parte desses atores de pertencerem a uma unidade coerente e cultura regional (Bardon e Irena, 2012).

Os meios inovadores são um conjunto ou uma rede complexa de relações sociais principalmente informais que se desenvolvem num limitado espaço geográfico e que aumentam a capacidade inovadora local através de processos de conhecimento coletivos e sinérgicos (Bardon e Irena, 2012).

### **3.2.2 Distritos Industriais**

Segundo Bardon e Irena (2012), a noção de distrito industrial surge nos anos 20 com Alfred Marshall com a obra “Princípios de Economia” onde demonstra a possibilidade de se alcançar vantagens com a produção em larga escala concretizada por um grupo de pequenas empresas localizadas em determinada área. Os argumentos associados a esta perspectiva são os benefícios gerados por economias de aglomeração como a redução de custos de transação, a perícia acumulada entre os trabalhadores, a criação de uma “atmosfera industrial” e a promoção do processo de inovação.

Nesta perspetiva, a região é o local onde se desenvolve rede de negócios baseada em pequenas e empresas de propriedade local e onde os próprios empregados se identificam mais com o distrito industrial do que com as empresas. Caracterizam-se ainda por contratos de longo prazo e compromissos entre fornecedores e clientes locais, baixo nível de cooperação ou ligação com empresas fora do distrito, fontes especializadas de financiamento e boas perspetivas para o crescimento e emprego a longo prazo (Bardon e Irena, 2012).

No passado mais recente, perto dos anos 70, surge um interesse renovado por esta perspetiva com o surgimento de regiões italianas inovadoras tipicamente mais modestas e o declínio de regiões tradicionalmente mais prósperas. Aqui o distrito industrial surge como uma especialização sectorial, a proximidade de fornecedores e produtores conjuntamente com empresas baseadas em inovação e uma identidade sociocultural que reforçam a confiança (Bardon e Irena, 2012).

### **3.2.3 Clusters**

A ideia de clusters geográficos é desenvolvido por Porter (2000)

*(Porter, 2000) Clusters are geographic concentrations of interconnected companies, specialized suppliers and service providers, firms in related industries, and associated institutions (e.g. universities, standards agencies, and trade associations) in particular fields that compete but also cooperate.*

A pressuposto desta perspetiva é de que as empresas num determinado cluster destinam-se a ser mais inovadoras por tomar vantagens de economias de aglomeração, observar de forma mais direta os concorrentes, por beneficiar do conhecimento coletivo e de efeitos de rede como por interações sociais fortalecidas.

Bardon e Irena (2012) descrevem algumas motivações para aparecimento de Clusters como a necessidade de resolução de problemas locais, pela localização de uma empresa inovadora que estimula o crescimento de outras, por pesquisa efetuada por universidades, por resposta ao desenvolvimento de um local.

### **3.2.4 Sistemas de Inovação Regional**

Esta abordagem sistémica descrita na secção 2.4.2., lida alternativamente entre duas tipologias de sistemas de inovação, nomeadamente sistemas de inovação sectorial e sistemas de inovação local que se pode diferenciar em nível nacional ou regional.

Ambas as tipologias salientam o importante papel desempenhado pelas interações entre atores e instituições (formais ou informais) para a promoção da inovação, no entanto discordam sobre os limites espaciais dessas interações benéficas. A perspetiva sectorial

observa o processo de inovação e do desempenho inovador como sectorial. As ligações intraindustriais (proximidade sectorial entre os atores) são os principais fatores para a inovação, pelo que neste caso, as políticas de inovação devem ser orientadas a nível sectorial. Na perspetiva regional ou nacional a localização geográfica assume maior relevância, sendo as ligações intrarregionais (proximidade geográfica entre os atores) os fatores mais importantes para a inovação, i.e. com maior impacto do que as ligações inter-regionais, independentemente da atividade sectorial (Rondé e Hussler, 2005).

A perspetiva de sistema de inovação regional surge mais recente como uma maior delimitação territorial do conceito mais alargado de Sistemas de Inovação Nacional, por se perceberem que existem no seio dos estados assimetrias fortes no desenvolvimento das suas regiões.

### **3.2.5 Learning Regions**

Segundo Bardon e Irena (2012) o conceito de “learning regions” foi desenvolvido por Richard Florida que salienta que é na região que a capacidade de aprendizagem e de saber é crucial para o sucesso económico das suas empresas e conseqüentemente da região.

Também neste conceito as regiões não são ilhas isoladas que ignoram os diferentes níveis espaciais, uma vez que é crucial para as empresas a consciência de se manterem abertas às dimensões nacionais e internacionais. Dado que o ambiente propício à inovação ocorre tipicamente em uma única região, pelo que atividades entre regiões são cruciais e promovem uma melhor gestão da inovação e melhoram a competitividade das empresas locais e regionais (Bardon e Irena, 2012).

## **3.3 O papel da proximidade geográfica na inovação**

A proximidade geográfica na inovação refere-se à distância espacial ou física entre atores económicos e esta está subjacente nos modelos teóricos de inovação territorial como uma vantagem competitiva. A discussão da capacidade de inovação das regiões e da competitividade local centra-se em parte no papel da proximidade e co-localização dos atores de inovação num dado espaço geográfico (Vale, 2008; Boschma, 2005 e Carrincazeaux e Coris, 2011).

Vale (2008) resume o debate na diferenciação espacial da inovação em duas posições que corporizam diferentes perspetivas sobre o desenvolvimento das regiões na economia do conhecimento nomeadamente a sobredeterminação espacial e a subdeterminação espacial.

Segundo Vale (2008) a sobredeterminação espacial envolve as teorias que valorizam a aglomeração geográfica na interpretação das dinâmicas de conhecimento e da inovação.

O grande contributo para esta perspetiva tem origem na Geografia Económica e considera dois argumentos para sustentar a importância da proximidade nos processos de inovação, nomeadamente a natureza espacial dos sistemas de inovação e as externalidades de conhecimento que atores espacialmente concentrados beneficiam (Carrincazeaux e Coris, 2011).

Pequenas distâncias literalmente aproximam as pessoas, favorecem contactos sobre informação e facilitam a troca de conhecimento tácito, devido à partilha de linguagem, normas, valores culturais comuns. Quanto maior for a distância entre agentes económicos menor a intensidade destas externalidades positivas e mais difícil se torna transferir o conhecimento tácito. Isto pode ser ainda verdade no uso e difusão de conhecimento codificado porque a interpretação e assimilação requer conhecimento tácito e logo uma proximidade espacial (Vale, 2008 e Boschma, 2005).

Estudos empíricos tendem a confirmar que as externalidades do conhecimento são limitadas por fronteiras geográficas: empresas perto das fontes do conhecimento mostram melhor performance inovadora do que empresas localizadas em qualquer outro sítio. Experiências bem-sucedidas por outras empresas locais (tipicamente rivais) não se mantêm despercebidas, mas são antes tomadas em considerações sem custos adicionais (Boschma, 2005).

É ainda reforçado nesta perspetiva que a aglomeração contribui para a constituição de uma infraestrutura de conhecimento por concentrar universidades, centros de pesquisa, permitir um acesso mais fácil às regras e regulamentação. A menor distância entre atores menor os custos de troca de conhecimento e informação e mais rápido é a comunicação entre atores (Bardon e Irena, 2012).

Em resumo as dinâmicas de inovação nos territórios decorrem de co-localização de atores económicos resultantes de economias de especialização ou de diversificação e da possibilidade de encontros fortuitos mas eventualmente frutuosa para a inovação (Vale, 2008).

Esta perspetiva tem sido objeto de crítica por não considerar a existência de outros tipos de proximidade também relevantes no processo de inovação. Boschma (2005) refere que é difícil imaginar um processo de aprendizagem por imitação através da monitorização sem qualquer proximidade cognitiva entre atores de conhecimento, i.e. as empresas locais têm de ter capacidade de absorção e de processamento do conhecimento externo.

Boschma (2005) refere ainda que demasiada relevância à proximidade espacial também pode originar efeitos de "lock in", sobretudo em regiões altamente especializadas, quando a pesquisa e processo de imitação se tornam fundamentalmente internos enfraquecendo a

habilidade de aprendizagem e capacidade de inovação dos atores locais colocando problemas de resposta aos novos desafios.

A subdeterminação espacial, referida por Vale (2008) assenta na diminuição causal entre concentração espacial nas dinâmicas de inovação, resultante dos efeitos da globalização da economia e da evolução das tecnologias de informação e comunicação e da emergência de formas de organização em redes trans-regionais.

A abordagem sistémica de sistemas sectoriais de inovação revela a existência de redes de inovação sem delimitação geográfica, mas sim baseadas numa proximidade quanto à atividade sectorial (Rondé e Hussler, 2005).

Boschma (2004), destaca a existência de outras formas de proximidade não propriamente espacial, nomeadamente as proximidades cognitiva, organizacional, social e institucional. A proximidade cognitiva significa que as pessoas partilham o mesmo conhecimento base e perícia e podem aprender uns com os outros, facilitando a comunicação e difusão da inovação. Uma elevada distância cognitiva, mesmo entre atores localmente próximos implica fortes dificuldades de absorção e utilização de novo conhecimento. A proximidade organizacional refere-se a arranjos organizacionais que facilitem coordenação e a troca de peças de conhecimento complementares por uma variedade de atores dentro e fora da organização. A proximidade social refere-se a ligações estabelecidas a nível micro como a confiança baseada em amizades, parentesco ou obtidas por experiências partilhadas que podem estimular a aprendizagem coletiva. A proximidade institucional refere-se a ligações estabelecidas a nível macro como hábitos comuns, rotinas estabelecidas, regras e leis que regulam as interações com instituições que oferecem condições para a aprendizagem coletiva.

Por outras palavras, a organização industrial e as estratégias empresariais demonstram que as formas de produção e difusão de conhecimento são mais complexas e simultaneamente apresentam cada vez mais uma orientação não local a aprendizagem não local que por sua vez também traz vantagens à aglomeração por reforçarem dinâmicas localizadas de conhecimento (Vale, 2008).

Em resumo, Boschma (2004) refere que a proximidade geográfica pode facilitar a aprendizagem inter-organizacional, mas não é condição necessária nem suficiente. Não é necessária porque outras formas de proximidade podem funcionar como substitutos para resolver o problema de coordenação facilitados pela proximidade espacial e também por poder suscitar problemas de “lock in”. Não é suficiente porque o processo de aprendizagem exige pelo menos proximidade cognitiva para além da proximidade geográfica

Este debate tem implicações substantivas para a orientação das políticas de desenvolvimento territorial. Se o foco é a aglomeração geográfica, as estratégias de desenvolvimento tendem a reforçar a capacitação e a articulação institucional regional, a mobilizar de forma mais eficiente os recursos disponíveis e a investir nas atividades locais e regionais mais intensivas de conhecimento; ao invés a focagem na rede de atores tende a ignorar as condições locais e regionais nas dinâmicas do conhecimento e da inovação e privilegia a internacionalização, a mobilização de recursos não locais e a cooperação territorial internacional (Vale, 2008).

### **3.4 O papel atual das regiões na promoção da inovação**

Segundo OECD (2010) dois fenômenos atuais reforçam a importância das regiões no desenho de políticas nacionais de inovação, nomeadamente a necessidade de maior governança articulada entre autoridades nacionais e regionais para desenho de políticas de inovação e a necessidade de revisão das políticas de desenvolvimento regional promovidas no passado recente.

A necessidade de maior articulação entre diferentes níveis de governança é motivada por novos desafios como a sustentabilidade social e ambiental, pela melhor compreensão das dinâmicas da inovação e pela crescente procura de responsabilização política e vigilância dos seus resultados. São áreas em que as autoridades regionais têm também espaço e responsabilidade de atuação o que sugere diversas configurações de governança multinível e experimentação política cuja eficácia só pode ser garantida com coordenação entre as diferentes entidades envolvidas.

As novas políticas de desenvolvimento regional procuram a promoção da gestão e do potencial dos ativos locais, a maior participação dos atores regionais para construção de um crescimento endógeno e um padrão de desenvolvimento mais equilibrado em detrimento de políticas que consistiam apenas em compensar as disparidades económicas regionais com a simples transferência de recursos das regiões mais ricas para as mais desfavorecidas as quais demonstraram resultados dececionantes no passado.

A OECD resume ainda três grandes tendências que estão a remodelar a inovação e que incentivam a um papel mais ativo das regiões: a crescente procura da inovação para enfrentar os desafios sociais e ambientais, o aumento da globalização, e a crescente importância das redes de inovação (OECD, 2010).

#### **3.4.1.1 Desafios sociais e ambientais**

A atual procura pela inovação faz-se não só pelo seu contributo nos potenciais acréscimos de produtividade. O dever de promoção da qualidade de vida dos cidadãos obriga a resposta a novas e mais abrangentes questões como o aquecimento global e a limitação

energética para as necessidades de uma população crescente, a qual tem sido procurada com bastante expectativa na inovação (Cooke et al, 2011).

É uma nova dimensão da inovação que exige uma nova geração de políticas, com tipos mais amplos de intervenção, mudanças nas práticas de negócio, de modos de consumo, compromisso do sector empresarial, na qual as regiões possuem responsabilidade fundamental (Cooke et al, 2011).

Por exemplo, uma estratégia de crescimento verde exige esforços coordenados tanto do lado da oferta (novas tecnologias, novas energias, novos padrões de produção e comércio) como do lado da procura (novos padrões de consumo e uso). As regiões podem intervir ativamente pela procura de produtos e serviços sustentáveis e pela definição de normas e regulamentação dos mercados. Os governos regionais têm assim uma responsabilidade de encontrar uma forma de apoiar as atividades locais que aumentam o bem-estar da comunidade regional (OECD, 2010).

#### **3.4.1.2 Aumento da globalização**

O aumento da globalização tem um efeito duplo sobre as regiões, como desafio e como oportunidade.

Na aldeia global as regiões não competem só com os pares dentro das fronteiras nacionais, mas também com os seus homólogos estrangeiros. Esta competição faz-se pela atração e retenção de elementos chave à promoção do progresso tecnológico e económico nomeadamente talentos e investimentos. Como reter pessoal qualificado quando não se consegue iguais as condições de trabalho oferecidas noutras regiões? Como desenvolver políticas de inovação e pesquisa a nível regional e nacional quando os fluxos do conhecimento e o investimento são crescentemente conduzidos por empresas e indivíduos internacionais? Assim, a globalização desafia as regiões na procura por formas de manter as capacidades de produção e talentos locais bem como na identificação de fontes endógenas de crescimento. As políticas de inovação precisam de considerar o impacto das políticas regionais na atratividade sobre atividades de inovação (OECD, 2010).

Por outro lado, a globalização viabiliza a organização da investigação e da produção além-fronteiras, favorecendo a mobilidade de talentos e o aumento das oportunidades de colaboração internacional. Regiões com níveis altos de conhecimento e intensas em tecnologia podem beneficiar de maiores oportunidades de networking e intercâmbio com os seus homólogos estrangeiros, promovendo a inovação pela difusão (OECD, 2010).

### **3.4.1.3 Redes de inovação**

Muita da inovação é incremental pelo que parte da sua geração é resultante da combinação de conhecimento de várias fontes. A colaboração e redes de inovação assumem nesta esfera uma grande relevância.

As empresas sempre se socorreram de fontes externas para obter ideias para inovar e para partilhar responsabilidades na produção. A novidade hoje é a velocidade com que a conectividade pode ter lugar, o aumento de número de potenciais parceiros e a sua distribuição geográfica alargada. Esta realidade desafia as empresas a experimentar novas maneiras de organização espacial da produção.

Neste sentido as regiões são desafiadas a garantir a fluidez das relações investindo no apoio à colaboração entre atores dentro e fora da região. O conhecimento tácito e a proximidade com os atores locais constituem uma oportunidade para as autoridades regionais para manter com vigor as ligações existentes enquanto incentivam os atores na procura de novas ligações em redes mais amplas (OECD, 2010).

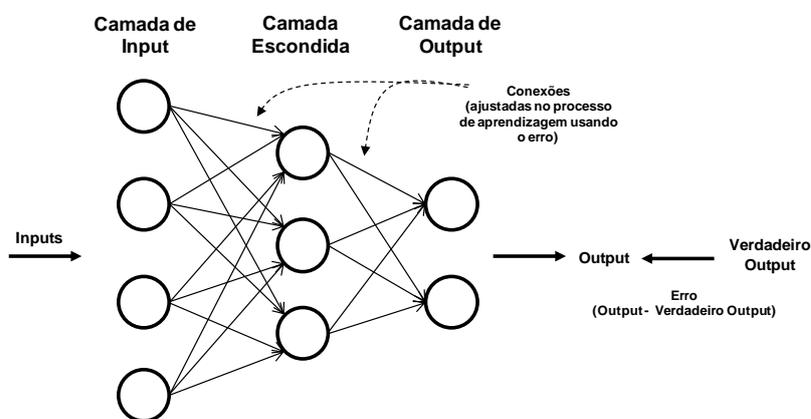
Assim, uma região menos competitiva pode ser excluída da sua rede, tal como uma empresa menos competitiva pode ser excluída do seu mercado, relegando toda uma população para níveis de qualidade de vida reduzidos.

## 4. Self Organizing Map

### 4.1 Introdução

O desenvolvimento das tecnologias de informação, observado nas últimas décadas, possibilitou a crescente recolha e armazenamento de dados, recurso para a geração de informação e posterior construção de conhecimento. O desafio que em seguida se coloca é o de extrair o desejado conhecimento da elevada complexidade dos dados agora disponíveis. Várias disciplinas têm contribuído com desenvolvimento de técnicas de extração de informação em grandes quantidades de dados, sendo as Redes Neurais Artificiais (RNA) uma aproximação quantitativa a essa concretização.

As RNA são modelos matemáticos que simulam o modo de funcionamento do cérebro humano, nomeadamente o seu complexo sistema de neurónios e de como este se adapta para aprender com determinado problema. A estrutura mais genérica consiste num conjunto de conexões entre unidades computacionais, designadas de neurónios, formando a denominada rede neuronal. Os neurónios encontram-se organizados por camadas, nomeadamente a camada de input constituída por neurónios que apresentam os dados do problema à rede e a camada de output formada por neurónios que produzem o resultado final da rede. Pode ainda existir uma ou mais camadas escondidas de neurónios, que depende do tipo e complexidade do problema em estudo.



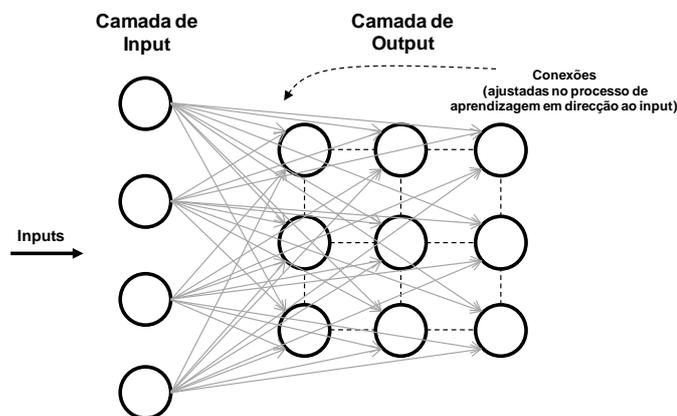
**Figura 4.1 – Rede neuronal de aprendizagem supervisionada**  
*Adaptado de (Bigus, 1996)*

A similaridade à contraparte biológica reside no ajustamento do seu complexo sistema no decurso de um processo de aprendizagem, onde nova informação relativa ao problema em estudo é apreendida através de alterações que afetam potencialmente largas porções da rede (Skupin e Agarwal, 2008).

A rede neuronal adapta-se em função da aprendizagem adquirida com informação passada, construindo-se por essa via conhecimento para posterior generalização a situações futuras. Esta adaptação consiste no ajustamento das conexões entre neurónios que melhor adequa o resultado da rede ao pretendido. Depreende-se que a aplicação de uma RNA a um caso prático exige em primeiro lugar a realização do processo de aprendizagem.

A principal distinção entre RNA incide no tipo de aprendizagem, designadamente RNA de aprendizagem supervisionada e RNA de aprendizagem não supervisionada (Skupin e Agarwal, 2008). No caso supervisionado, os exemplos do problema apresentados à rede consistem num conjunto de dados (inputs) que determinam um resultado que é conhecido previamente (output). Neste tipo de aprendizagem a rede neuronal procura conhecer a relação funcional existente entre o par input-output, ajustando os parâmetros de forma que a solução encontrada pela rede se aproxime o melhor possível do verdadeiro resultado. Na aprendizagem não supervisionada os casos exemplo não apresentam um output, i.e. não existe um resultado previamente conhecido. Neste tipo de treino a rede adapta-se às idiosincrasias dos dados num processo não orientado, de forma a encontrar nos dados relações ou estruturas. Estas relações são encontradas com base em medidas de similaridades observadas nos exemplos.

O Self-Organizing Map (SOM) é uma RNA de aprendizagem não supervisionada, com a particularidade dos respetivos neurónios estarem conectados entre si através de relações topológicas.

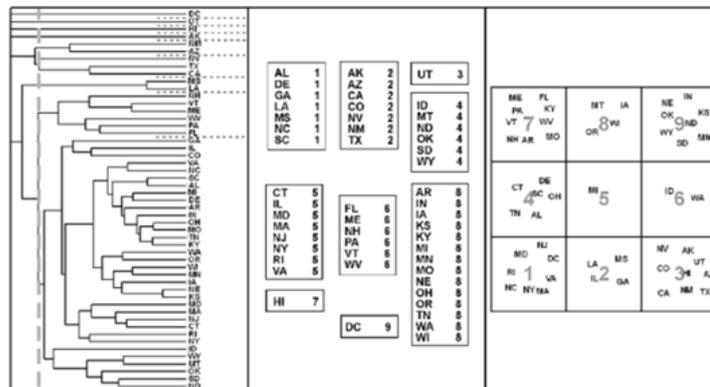


**Figura 4.2 – Self Organizing Map**  
*Adaptado de (Bigus, 1996)*

Desenvolvido por Tuevo Kohonen como ferramenta de visualização de dados de elevada dimensionalidade, que converte complexas relações estatísticas não lineares em simples relações geométricas de baixa dimensionalidade. Comprime a informação preservando

simultaneamente as mais importantes relações topológicas e métricas dos dados iniciais, podendo também ser pensada para produção de algum tipo de abstração (Kohonen, 2001).

A utilização mais usual do SOM é na execução de tarefas de segmentação, i.e. de redução do número inicial de observações em estudo através da sua organização em menor número de grupos cuja constituição é baseada na partilha de determinadas características dos seus elementos. A principal diferença do SOM aos demais métodos baseia-se na criação de uma segmentação ordenada topologicamente através da organização das observações em segmentos dispostos numa grelha regular preservando por essa via as relações de vizinhança entre si, como ilustrado na imagem da direita na Figura 4.3. A título de exemplo é possível afirmar o segmento 1 é próximo do segmento 2 e ambos encontram-se distantes do segmento 9 (Skupin e Agarwal, 2008).



**Figura 4.3 – Ilustração de resultados de três métodos de segmentação distintos**  
Segmentação hierárquica (esquerda), k-means (centro) e SOM (direita) (Skupin e Agarwal, 2008).

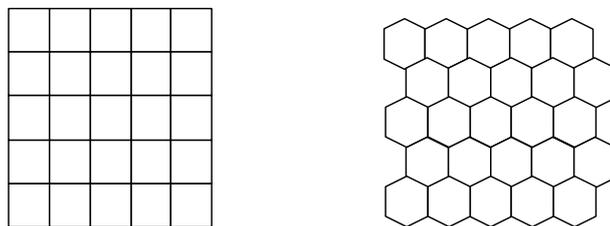
A criação de uma partição topologicamente ordenada das observações iniciais pode traduzir-se na projeção dessas observações num espaço de menor dimensionalidade. Neste sentido o SOM é igualmente percebido como método de redução do espaço input, i.e. de redução das variáveis usadas no estudo de dado problema mantendo a relevância da informação inicial. A diferença face aos demais métodos de redução incide no facto de as observações iniciais não serem conceptualizadas como objetos discretos mas como amostras provenientes de um espaço n-dimensional que durante o treino do SOM conduzem uma representação desse espaço num mapa discreto de menor dimensão (Skupin e Agarwal, 2008).

## 4.2 Algoritmo SOM

O primeiro passo na utilização do SOM consiste na definição do seu tamanho e da sua topologia. O tamanho do SOM corresponde ao número de neurónios a utilizar e do número de dimensões da grelha topológica. A título ilustrativo, um SOM de 5x5 neurónios consiste

numa rede neuronal de 2 dimensões com um total de 25 neurónios. A escolha da dimensão do mapa tem algum grau de subjetividade, existindo no entanto duas aproximações: o k-means SOM e o SOM emergente. No K-means SOM o número de neurónios da rede deverá ser igual ao nº de segmentos esperado, sendo que cada neurónio representará um segmento e no SOM emergente é utilizado o número elevado de neurónios de forma a obter uma matriz com segmentos bem definidos.

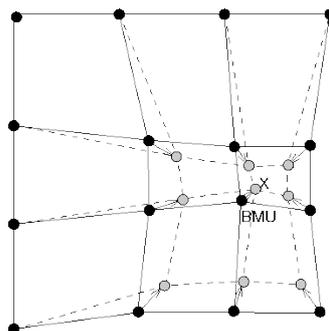
A topologia traduz as relações de vizinhança entre os neurónios sendo frequentemente usadas a topologia retangular ou topologia hexagonal. Numa topologia retangular cada neurónio tem 4 neurónios vizinhos e na topologia hexagonal a vizinhança é formada por 6 neurónios.



**Figura 4.4 – Tamanho e topologia de dois SOM**  
SOM 2D com 5X5 neurónios de topologia retangular (esquerda) e topologia hexagonal (direita).

Após definição da estrutura da rede é atribuído a cada neurónio um vetor de valores que terá tantas dimensões quantas as variáveis utilizadas no problema em estudo. Por exemplo, se são utilizadas três variáveis para caracterizar cada observação então cada neurónio terá um vetor de valores de três dimensões. A construção do vetor é tipicamente aleatória dado que as propriedades das observações serão transferidas para os neurónios no decurso do processo de aprendizagem. No entanto é possível a atribuição específica de valores com o intuito de facilitar a aprendizagem pelo algoritmo ou para comparação com a afetação aleatória (Kohonen, 2001).

Em seguida inicia-se a fase de treino. Trata-se de um processo iterativo durante o qual cada observação é selecionada aleatoriamente para apresentação à rede neuronal, se encontra o best matching unit (BMU), i.e. o neurónio mais similar a essa observação e são ajustados os vetores de valores do BMU e dos neurónios vizinhos. Este ajustamento corresponde a uma deslocação dos neurónios na direção da observação selecionada promovendo por essa via a sua melhor representação pela rede.



**Figura 4.5 – Aprendizagem do SOM**

*Ajustamento do BMU e vizinhança na direção da observação apresentada à rede, marcada com X (Vesanto, 1997).*

A extensão do ajustamento da BMU é dado pela taxa de aprendizagem que varia entre zero e um, sendo que quanto maior o valor da taxa maior o deslocamento da BMU na direção da observação. A extensão do ajustamento dos neurónios vizinhos depende da respetiva distância ao BMU.

O processo repete-se várias vezes permitindo que observações semelhantes se associem em neurónios relativamente próximos. De forma a facilitar a convergência dos resultados, a taxa de aprendizagem e o número de vizinhos a ajustar decrescem no decurso do processo de treino até que no final são poucos os neurónios, para além do BMU, a serem ligeiramente atualizados. Nesta fase os valores dos neurónios já não são aleatórios mas refletem as propriedades estatísticas dos dados originais.

O processo de aprendizagem anteriormente descrito é em seguida apresentado com maior formalismo.

Considerando que uma observação é representada por vetor n-dimensional  $x$ :

$$x = [\xi_1, \dots, \xi_n]^T \in \mathcal{R}^n$$

E considerando que os  $k$  neurónios são representados por vetor  $m_i$ :

$$m_i = [\mu_{i1}, \dots, \mu_{in}]^T \in \mathcal{R}^n$$

Durante o processo de aprendizagem, é selecionada aleatoriamente uma observação de cada vez e comparada com todos  $m_i$  para encontrar o vetor  $m_c$  que satisfaz um critério de mínima distância ou de máxima similaridade, i.e. o BMU. Tipicamente a medida mais adotada é a distância Euclidiana:

$$\|x - m_c\| = \min_i \{\|x - m_i\|\}$$

Em que  $\|\cdot\|$  é a medida de distância.

A BMU e os neurónios na sua vizinhança são então ajustados para melhor representarem a observação em causa:

$$m_i(t + 1) = m_i(t) + h_{ci}(t)[x(t) - m_i(t)]$$

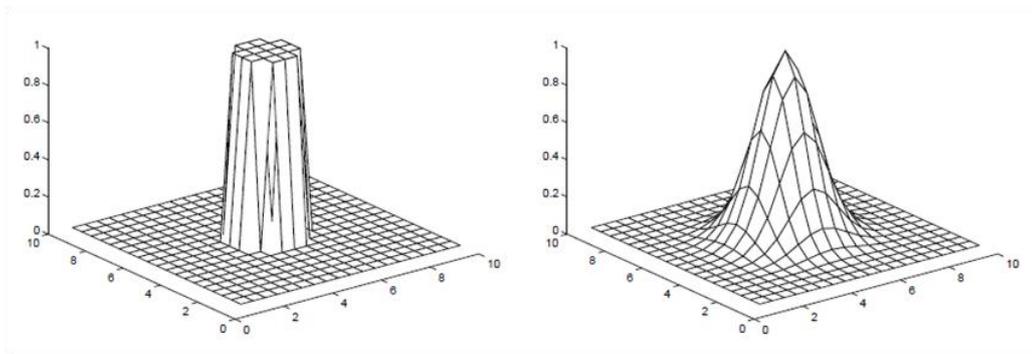
Em que  $t$  representa o tempo,  $x(t)$  é a observação seleccionada aleatoriamente do espaço de input no tempo  $t$  e  $h_{ci}(t)$  a função de ajustamento no tempo  $t$  dos neurónios em torno do BMU representado por  $c$ .

Inicialmente a função  $h_{ci}(t)$  promove significativos ajustamentos dos neurónios às observações decrescendo o seu efeito com a distância do neurónio  $i$  ao neurónio  $c$  e ao longo do processo de aprendizagem. A função tem duas componentes:

$$h_{ci}(t) = \alpha(t)h(\|r_c - r_i\|, t)$$

Em que  $\alpha(t)$  é a função da taxa de aprendizagem,  $h(d, t)$  a função de vizinhança e  $r_i$  a coordenada do neurónio  $i$  no SOM.

Entre as funções de vizinhança mais usuais tem-se a função “bubble” que define uma constante em torno de toda a vizinhança da BMU sendo a restante região igual a zero e a função gaussiana em que o raio da vizinhança em torno da BMU é maior no início diminuindo linearmente durante o treino. Esta ultima função dá tendencialmente resultados ligeiramente melhores com custos computacionais um pouco mais pesados (Vesanto, 1987).



**Figura 4.6 – Duas funções de vizinhança**  
 À esquerda função “bubble” e à direita “função gaussiana” (Vesanto, 1997).

A função da taxa de aprendizagem  $\alpha(t)$  é uma função decrescente no tempo, i.e. no decurso do fase de treino a taxa de aprendizagem da rede vai diminuindo. São usadas tipicamente duas funções, nomeadamente uma função linear ou inversamente proporcional ao tempo:  $\alpha(t) = \frac{A}{t+B}$ , onde A e B são duas constantes seleccionadas adequadamente (Vesanto, 1997).

O processo de aprendizagem pode ser desenvolvido em duas fases. A primeira fase tem como objectivo ajustar o SOM a uma representação de todo o espaço das observações em estudo pelo que é iniciado com elevada taxa de aprendizagem e raio de vizinhança. Um neurónio dominante, i.e. aquele que representa um elevado número de observações iniciais, é seleccionado no treino repetidamente como BMU podendo ter por essa via maior influência no ajustamento da sua vizinhança que os demais neurónios. Este facto pode conduzir um ajustamento inapropriado dos neurónios não dominantes conduzindo estes a fracas representações das suas observações. Para colmatar este potencial problema é realizado uma segunda fase do treino, com baixa taxa de aprendizagem e raio de vizinhança pelo que a influência do BMU nos demais neurónios é restrita (Schweighofer et al., 2001).

Importa ainda referir a existência de algumas variantes ao SOM acima descrito que têm como objectivo encontrar um melhor resultado, como por exemplo na segmentação obtida. Um exemplo de uma variante é o treino em modo “batch”, onde todas as observações do problema em estudo são apresentadas em simultâneo à rede sendo a atualização de cada neurónio uma média ponderada das observações que representa.

$$m_i(t + 1) = \frac{\sum_{j=1}^n h_{ic(j)}(t)x_j}{\sum_{j=1}^n h_{ic(j)}(t)}$$

Em que  $c(j)$  é o BMU da observação  $x_j$ ,  $n$  o nº de observações do espaço problema.

### 4.3 Interpretação dos resultados do SOM

Concluído o processo de aprendizagem segue-se a exploração e interpretação do SOM. Consoante o objectivo, esta tarefa recorre a diferentes métodos de visualização dos resultados obtidos.

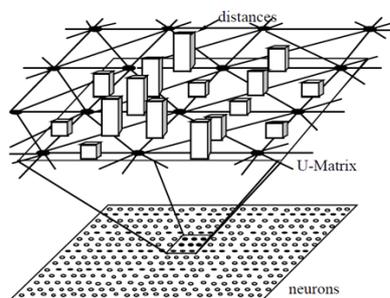
Tipicamente a exploração inicia-se com a visualização da estrutura do SOM para avaliação da existência de padrões ocultos nos dados como a descrição do mapa topológico criado, existência de segmentos nas diferentes áreas do mapa, a correlação entre as variáveis usadas no processo de aprendizagem, entre outros. Outra forma de explorar os resultados é visualizar novos dados no SOM. Por fim, o resultado do SOM pode ser estendido a outras representações visuais como os mapas geográficos, para análise exploratória sobre outra dimensão (Skupin e Agarwal, 2008).

#### 4.3.1 Visualização da estrutura do SOM

Como já referido, uma das propriedades do SOM é o de preservar as principais relações topológicas existentes nos dados quando representados num espaço de menor dimensionalidade (Kohonen, 2001). Contudo, a proximidade geométrica entre objetos existente no espaço input pode ser fortemente distorcida naquela projeção por um efeito de

contração do espaço em áreas com reduzido número de observações ou de expansão em áreas altamente densas. A contração ocorrida entre áreas esparsas e densas pode ser percebida como uma fronteira entre segmentos (Skupin e Agarwal, 2008).

A combinação das duas propriedades referidas possibilita a visualização do grau de distorção num espaço topologicamente ordenado. Esta visualização é frequentemente conduzida por método designado de Matriz U (Ultsch et al. 1993). O método consiste na projeção dos neurónios numa rede regular que possibilita uma representação visual da distância entre neurónios e uma interpretação simplificada dos resultados. A identificação de segmentos está dependente da leitura do analista podendo ser subjetiva dado diferentes magnitudes de distorção do espaço input (Henriques e Bação, 2004).

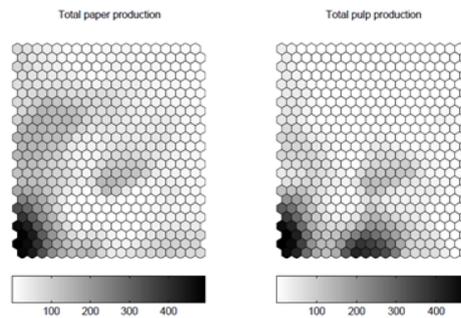


**Figura 4.7 – Projeção de neurónios do SOM na Matriz-U**  
(Ultsch et al. 1993).

A Matriz-U é construída por meio de uma expansão dos elementos da rede neuronal, que têm por objectivo codificar as distâncias entre neurónios. A codificação das distâncias é usualmente realizada com recurso a um esquema de cores, podendo ser usadas outras técnicas como por exemplo o gráfico de barras como ilustrado na Figura 4.7.

Após construção de uma ideia sobre as características gerais dos dados, pode ser ainda estudado as propriedades dos neurónios em detalhe. Esta análise é tipicamente realizada com base na visualização em plano de componentes.

Um plano de componentes consiste na visualização da distribuição de uma variável por toda a grelha do SOM. Como visível na Figura 4.8, permite caracterizar as diferentes regiões do mapa identificando as particularidades que as tornam distintas face às demais e inspecionar a existência de correlações entre variáveis. Estas correlações são reveladas através da existência de padrões semelhantes em posições idênticas do plano (Vesanto, 1999).



**Figura 4.8 – Planos de componentes para visualização da distribuição de diferentes variáveis**  
*Neste exemplo, ambas as variáveis apresentam principalmente valores baixos e os valores altos estão delimitados em pequenas regiões dos planos, na componente da esquerda na região inferior esquerda e na componente da direita na região inferior esquerda e central (Vesanto, 1999)*

À semelhança da Matriz-U, a visualização dos resultados no plano de componentes é realizado com recurso a um esquema de cores, sendo tipicamente usado uma escala de cinzentos.

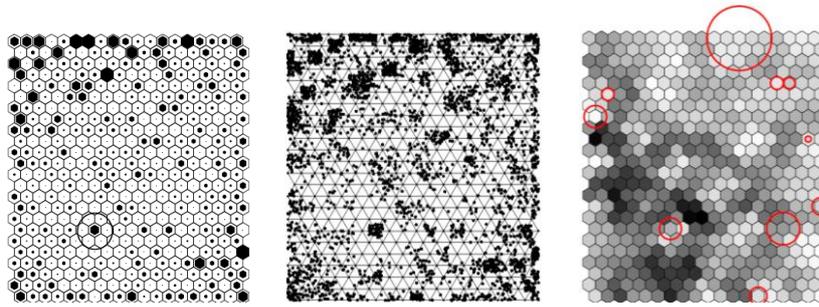
A conjugação do plano de componentes com a Matriz-U permite a construção de conhecimento coerente sobre as observações do espaço de input. Como exemplo, identificado na Matriz-U um segmento de observações distante dos demais, pelo plano de componentes é possível observar qual ou quais as características que tornam esse conjunto de observações distinto.

### 4.3.2 Visualização de novos dados no SOM

Novos dados tanto respeitam a nova amostra de observações como a novas variáveis não usadas no processo de aprendizagem.

A visualização de nova amostra no mapa topológico permite a classificação das novas observações de acordo as características da região onde estas se localizam, bem como apreciação das diferenças existentes entre si.

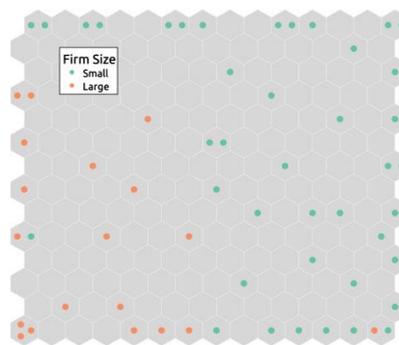
A forma mais tradicional de visualizar uma amostra de observações é salientar no mapa o BMU de cada observação, sendo o realce tanto maior quanto o número de observações associado ao BMU. A simplicidade da abordagem tem a desvantagem de não representar o nível de similaridade entre as observações e o BMU, i.e. o erro de quantização. Uma técnica de resolução é a utilização de um marcador em que a sua localização indica o BMU das observações e sua dimensão o erro de quantização (Vesanto, 1999).



**Figura 4.9 – Diferentes formas de visualização de observações no SOM.**

Na imagem da esquerda a localização das observações é representada pelo preenchimento da unidade do mapa associada ao BMU, cujo realce é tanto maior quanto o número de observações que representa. Na imagem do centro cada observação é posicionada no respetivo BMU com ligeiro deslocamento aleatório para a distinguir das demais observações. Na imagem da direita os círculos centram-se no BMU de um conjunto de observações e o seu diâmetro representa a distância média do BMU às observações que representa. A textura de fundo representa a matriz de distâncias entre neurónios (Vesanto, 1999).

A visualização de nova variável permite apreciar a existência de novos padrões como por exemplo a sua associação com as variáveis usadas no processo de aprendizagem. Neste método, a distribuição da variável no mapa topológico é visualizada por intermédio das observações da amostra que são representadas com diferentes cores ou simbologias consoante o valor na variável em estudo (Kourtit et al., 2011).



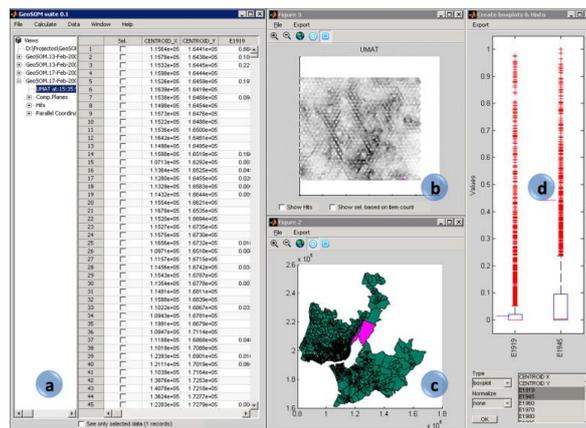
**Figura 4.10 – Exemplo de representação de nova variável no SOM**

O mapa representa uma distribuição do desempenho económico de empresas, os pontos a localização de empresas holandesas no mapa e a cor a dimensão de cada empresa, variável não utilizada no processo de aprendizagem. É possível observar um padrão na distribuição das empresas pela sua dimensão, com as de grande dimensão localizadas no lado esquerdo do mapa e as de pequena dimensão no lado direito (Kourtit et al., 2011).

### 4.3.3 Visualização dos resultados noutras ferramentas

A integração do SOM com outras ferramentas visa a exploração dos seus resultados com diferentes representações visuais para maior facilidade na construção de conhecimento. Esta necessidade expõe-se com maior evidencia aquando na utilização de dados geográficos cujos padrões e estruturas são melhor percecionados por interpretação visual sobre um mapa geográfico.

O mapa geográfico permite então uma nova tradução visual dos resultados do SOM e tipicamente este é disponibilizado com recurso a aplicações que usem estruturas de dados de Sistemas de Informação Geográfica (Skupin e Agarwal, 2008). Neste âmbito releva-se a ferramenta GeoSOM suite, desenvolvida pelo ISEGI e utilizada neste trabalho. Permite o treino do SOM descrito neste capítulo e do GeoSOM, adaptação para considerar a natureza espacial dos dados, bem como a visualização dos seus resultados num mapa geográfico (Henriques, Bação e Lobo, 2011).



**Figura 4.11 – Janela do GeoSOM suite.**

Em (a) lista das análises efetuadas e das variáveis disponíveis para treino da rede, (b) a Matriz-U obtida a partir de dados censitários, (c) o mapa da área metropolitana de Lisboa e (d) gráficos designados de caixa de bigodes ilustrando a distribuição de duas variáveis (Henriques, Bação e Lobo, 2011)

## 4.4 Medidas de Qualidade do SOM

A estrutura do SOM é definida no início do processo de aprendizagem com a fixação de pressupostos sobre os parâmetros do mapa, como a sua topologia, tamanho e a inicialização dos neurónios. Pressupostos diferentes conduzirão a um mapa diferente, pelo que se coloca em questão a prática de diferentes opções na definição dos parâmetros e de avaliação de cada mapa para seleção daquele que melhor representa os dados.

Na avaliação são usualmente consideradas a exatidão e a preservação topológica do mapa (Uriarte e Martín, 2005). A exatidão é medida pelo erro de quantização médio e a preservação do mapa pelo erro topológico.

### 4.4.1 Erro de Quantização Médio

Por forma a melhor descrever o conceito deste erro, admitamos que no final do processo de aprendizagem de um SOM cada a observação é exatamente representada pelo seu BMU. Neste cenário o SOM estaria perfeitamente ajustado aos dados, porque os seus neurónios

representariam com exatidão as observações em estudo. À medida que a distância entre as observações e os BMU aumentasse diminuiria a exatidão desse mapa.

O erro de quantização médio mede então o grau de ajustamento do SOM aos dados e corresponde à distância média entre cada observação e o correspondente BMU (Uriarte e Martín, 2005).

$$EQM = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \|x_j - m_c\|$$

Depreende-se que este erro é inerente ao processo de aprendizagem, uma vez que nesse âmbito quando identificado o BMU de cada observação aquele ajustasse no sentido desta. Acrescenta-se ainda que uma boa resolução do SOM implica que as observações posicionadas em áreas remotas do espaço input não são mapeadas em neurónios vizinhos de acordo com o definido no mapa topológico.

#### 4.4.2 Erro Topológico

O erro topológico mede a preservação topológica da rede através da observação da existência de descontinuidades na projeção de observações em estudo nos neurónios do SOM. É definido como a proporção de observações, representadas por um vetor  $x_k$ , cujo primeiro e segundo BMU não são adjacentes (Kiviluoto, 1996)

$$ET = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(x_j), \text{ em que } f(x_j) = \begin{cases} 1, & \text{se } 1^\circ \text{ e } 2^\circ \text{ BMU não são adjacentes} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Quando o primeiro e segundo BMU de uma observação não são adjacentes então existe uma descontinuidade topológica do mapa, um erro topológico. O erro topológico dá então uma ideia da proporção de vizinhos locais que estão mapeados corretamente

#### 4.4.3 Considerações relativas às medidas de qualidade

O erro de quantização médio e o erro topológico são em conjunto bons indicadores da qualidade da aprendizagem do SOM. Contudo importa ter em consideração que existem limitações na sua utilização e que outras medidas têm sido propostas (Kaski e Lagus, 1996; Uriarte e Martín, 2005)

Uma limitação apontada ao erro de quantização médio é não ser útil na comparação entre mapas com diferentes dimensões (Kaski e Lagus, 1996). Mapas com maior dimensão terão tendencialmente menor erro por ter disponível maior número de neurónios para representar as observações em estudo, ou seja cada neurónio estará em média mais próximo das observações.

Ao erro topológico é apontada limitação na comparação entre redes com diferentes topologias, por tendencialmente subavaliar a topologia retangular face à hexagonal. Por outro lado, o erro de topológico tende também a aumentar com a dimensão da rede dada a dificuldade de ordenar os neurónios quando o seu número aumenta (Uriarte e Martin, 2005).

A discussão sobre medidas de avaliação alternativas sai do âmbito da presente tese.

## **5. Metodologia**

Os passos desenvolvidos para concretização dos objetivos propostos incluem a compreensão dos dados, a aplicação do modelo, avaliação dos resultados e apresentação dos mesmos, os quais se detalha nos pontos seguintes.

### **5.1 Compreensão dos Dados**

Inovar, tal como descrito no capítulo 2, é uma realização que se inicia por diversas motivações, pela reunião de determinadas condições e impulsionada por diversos atores e interações entre si existentes. Assim, conhecer a dimensão inovadora de uma região exige considerar os seus diversos elementos impulsionadores, tais como a disponibilidade de recursos humanos qualificados, os esforços de inovação desenvolvidos por entidades públicas e privadas locais e os resultados desses esforços.

Para este objectivo foram utilizados os dados do trabalho de P. Hajek et al. (2013), que descrevem diferentes dimensões da inovação designadamente:

- Socioeconómica: indicadores de stock de conhecimento de uma região, do grau de sofisticação da sua procura, da capacidade de transformar I&D em inovação e crescimento e a adequação das competências da sua força laboral;
- Educação: indicadores de competências científicas existentes nas regiões, a capacidade em transformar I&D em inovação e adaptabilidade ao novo conhecimento;
- Inputs em I&D: indicadores dos esforços desenvolvidos pelos atores regionais em criar conhecimento e da sua capacidade em gerar esse conhecimento e o transformar em inovação;
- Outputs de I&D: relaciona-se com os resultados dos esforços na geração de conhecimento

As variáveis que concretizam estas dimensões encontram-se descritas na Figura 5.1 – Dimensão de inovação e respetivos indicadores usados na análise.

Dimensão	Variável	Código
	PIB per capita a preços de mercado	GDP
Socio-Económica	Taxa de emprego (%)	Emplym
	Desemprego de longa duração (%)	Unemplym
Educação	População com 15 anos ou mais com ensino superior por 1000 habitantes	Educ3
	População com 15 anos ou mais com ensino secundário por 1000 habitantes	Educ2
	A participação de adultos com idades entre 25-64 anos na aprendizagem ao longo da vida por 1000 habitantes	EducAdul
Inputs de I&D	Despesa Pública em I&D em % do PIB	GovRd
	Despesa Privada em I&D em % PIB	BusRD
	Despesa do ensino superior em I&D em % do PIB	EducRD
	% de recursos humanos em ciência e tecnologia	SciTecHr
	Emprego em sectores de alta tecnologia (indústria de alta tecnologia e serviços de alta tecnologia, de conhecimento intensivo)%	TecEmply
	Pedidos de patentes de alta tecnologia para a EPO por milhão de habitantes	TecPatnt
Output de I&D	Pedidos de patentes de biotecnologia para a EPO por milhão de habitantes	BioTecPa
	Pedidos de patentes no EPO por milhão de habitantes	EPOpatnt

**Figura 5.1 – Dimensão de inovação e respetivos indicadores usados na análise.**

## 5.2 Preparação dos Dados

A preparação dos dados consiste num conjunto de tarefas de adequação dos dados para a sua utilização em processo de modelação ou segmentação. Entre estas tarefas está a identificação e tratamento de valores extremos e omissos, a redução da dimensionalidade com exclusão de parte de variáveis correlacionadas, a transformação ou normalização dos dados, entre outras tarefas.

Os dados utilizados incluem 236 regiões europeias (NUTs 2) por exclusão das regiões sem informação ou com valores omissos na generalidade das dimensões em análise.

Os indicadores utilizados neste estudo têm diferentes escalas, pelo que se torna necessário a sua normalização, i.e. reconversão para uma escala comum para que cada um deles tenha contribuição idêntica no processo de otimização. O método de normalização utilizado foi o “range”, um dos disponíveis na aplicação do GeoSOM, que consiste na transformação da amplitude dos dados para uma amplitude compreendida entre 0 e 1.

Este método, utilizado em instrumentos tem como vantagem a preservação das relações entre os diferentes valores por manutenção da distribuição original, não introduzindo qualquer enviesamento.

A fórmula de normalização pelo método do Range é a seguinte:

$$y' = \left( \frac{y - \min1}{\max1 - \min1} \right) (\max2 - \min2) + \min2$$

Em que  $y$  é o valor original,  $y'$  o novo valor,  $\min1$  e  $\max1$  os valores mínimo e máximo respetivamente da variável original e  $\min2$  e  $\max2$  os valores mínimo e máximo da nova escala.

Foi sobre as variáveis normalizadas que se estudou a correlação. A generalidade das variáveis não apresenta forte correlação entre si, sendo uma evidência da representação de diferentes dimensões da inovação.

A exceção está na correlação entre as variáveis “Educ3” e “SciTechR”, justificável por se basearem na disponibilidade de recursos humanos qualificados, tendo-se optado pela manutenção de ambas.

	Educ3	Educ2	EducAdul	GDP	Emplm	Unemplm	GovRd	BusRD	EducRD	SciTechR	TecEmplm	TecPatnt	BioTecPa	EPOpatnt
Educ3	1,000													
Educ2	-0,222	1,000												
EducAdul	0,546	-0,247	1,000											
GDP	0,600	-0,223	0,568	1,000										
Emplm	0,441	0,116	0,623	0,500	1,000									
Unemplm	-0,336	0,096	-0,641	-0,284	-0,608	1,000								
GovRd	0,355	0,134	0,008	0,204	0,115	0,097	1,000							
BusRD	0,334	0,048	0,315	0,446	0,393	-0,184	0,331	1,000						
EducRD	0,366	-0,142	0,427	0,460	0,349	-0,193	0,330	0,415	1,000					
SciTechR	0,903	-0,039	0,587	0,730	0,610	-0,365	0,399	0,492	0,433	1,000				
TecEmplm	0,548	0,081	0,310	0,498	0,388	-0,123	0,394	0,504	0,290	0,667	1,000			
TecPatnt	0,330	0,078	0,121	0,452	0,295	-0,043	0,299	0,495	0,222	0,440	0,472	1,000		
BioTecPa	0,336	0,103	0,129	0,390	0,218	0,069	0,318	0,293	0,311	0,390	0,321	0,429	1,000	
EPOpatnt	0,190	0,226	0,073	0,466	0,362	-0,003	0,199	0,552	0,228	0,381	0,343	0,729	0,451	1,000

Figura 5.2 – Matriz de correlação entre as variáveis do estudo.

### 5.3 Aplicação do Modelo

Concluída a preparação dos dados foi iniciada a construção da rede SOM, pela definição da sua estrutura e parâmetros de treino, tais como o tamanho, topologia, forma de inicialização dos vetores, processo e taxas de aprendizagem e grau de vizinhança.

Dado a multiplicidade de combinações possíveis para a construção de diferentes redes optou-se por conduzir a investigação em torno de um conjunto de critérios tornados fixos,

nomeadamente o tamanho da rede, topologia, processo de aprendizagem e grau de vizinhança.

### 5.3.1 Tamanho e topologia

Conforme descrito no capítulo 4 existe duas abordagens à definição do tamanho do SOM: o k-means SOM e o SOM emergente.

A definição à priori do número de segmentos a construir poderia constituir uma truncagem na informação que os dados poderiam conter, pelo que se optou pela construção de uma rede SOM de grande dimensão de forma a construir um mapa topológico para identificação de regiões com particularidades distintas constituindo cada uma delas clusters heterogéneos.

Neste sentido optou-se pela construção de um SOM de dimensão 20x20, que consiste numa rede neuronal de duas dimensões com um total de 400 neurónios.

A topologia escolhida foi a hexagonal pela observação da sua maior preferência nos estudos lidos e pela maior dimensão da vizinhança de cada neurónio.

### 5.3.2 Critérios de Treino

Uma boa prática na construção de uma rede SOM é proceder à variação de parâmetros de aprendizagem de forma a compreender o ajustamento da rede a diferentes valores e conhecer qual das diferentes aprendizagens produz o resultados mais válido.

Assim, optou-se por um processo de aprendizagem desenvolvido em duas fases de treino em que os padrões foram apresentados de forma aleatória, alternando a taxa de aprendizagem da primeira fase em diferentes tentativas construções de uma rede SOM.

Para primeira fase fixou-se os graus de vizinhança em 8 e número de interações em 100 e para a segunda fase fixou-se em os graus de vizinhança em 3 e o número de interações em 200, tendo-se ainda optado pela função de vizinhança gaussiana.

A Figura 5.3 – Modelos SOM construídos resume a parametrização das redes SOM construídas.

Parametros	1ª rede		2ª rede		3ª rede	
	Treino 1	Treino 2	Treino 1	Treino 2	Treino 1	Treino 2
Taxa de aprendizagem	0,3	0,1	0,5	0,1	0,8	0,1
Interações	100	200	100	200	100	200
Grau de vizinhança	8	3	8	3	8	3

Figura 5.3 – Modelos SOM construídos.

## 5.4 Avaliação do Modelo

Nesta fase pretende-se a seleção da rede SOM que melhor represente os dados. A decisão foi suportada na comparação dos diferentes Erros Topológicos e Erros de Quantização Médio, bem como pela interpretação da rede, com base na Matriz U, que fosse mais intuitiva para a explicação do problema.

A Figura 5.4 – EQM e ET para cada SOM construído. expõe os resultados obtidos.

Erro	1ª Rede	2ª Rede	3ª Rede
EQM	0,3503	0,2826	0,2809
ET	0,0169	0,0085	0,0000

Figura 5.4 – EQM e ET para cada SOM construído.

Considerando os resultados obtidos optou-se pela seleção da 3ª rede SOM construída cujo Matriz U se apresenta na Figura 5.5 – Matriz U da rede SOM selecionada.

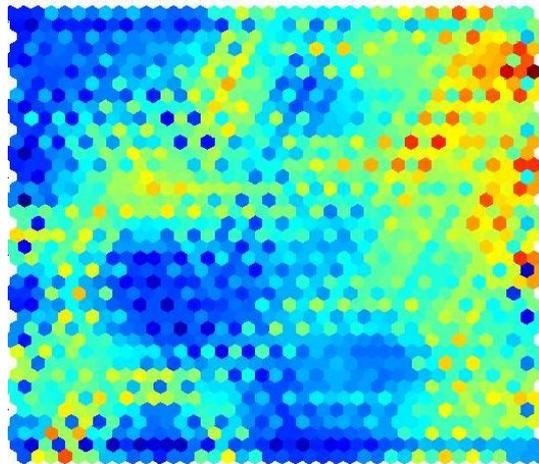


Figura 5.5 – Matriz U da rede SOM selecionada.

Uma distância baixa entre neurónios é representada por cor azul, sendo as maiores distâncias representadas por neurónios vermelhos. Uma descontinuidade na cor entre neurónios vizinhos representam a delimitação de um cluster.

## 6. Resultados

A primeira conclusão dos resultados obtidos é a existência de clusters no espaço de atributos criado pelo SOM. Pela visualização da Matriz U é possível identificar áreas com diferentes padrões de cores face às restantes, o que sugere a existência de grupos de regiões com perfil de inovação distinto dos demais.

É assim possível sugerir uma segmentação da Matriz U em 8 áreas como representado na Figura 6.1 – Segmentação da Matriz U em 8 áreas.

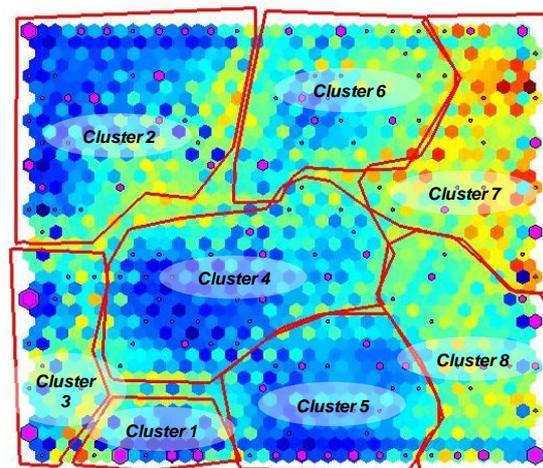


Figura 6.1 – Segmentação da Matriz U em 8 áreas.

### 6.1 Caracterização dos Clusters

A caracterização visa uma descrição sucinta do perfil de inovação das regiões que formam cada cluster criado e como cada perfil se distribui no espaço geográfico.

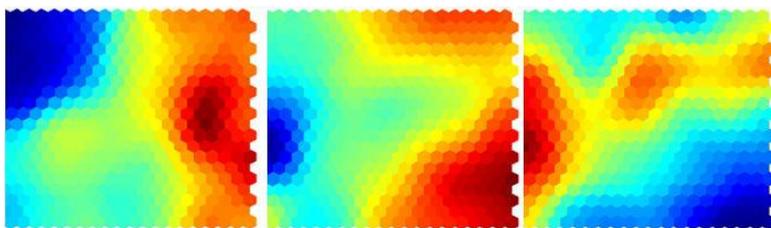
Foi desenvolvida em duas perspetivas, designadamente:

- Caracterização do perfil de inovação, concretizada com recurso ao plano de componentes e análise das médias das variáveis normalizadas;
- Caracterização espacial de cada cluster através da identificação das regiões que os compõem, visualizando a possível existência de um padrão espacial do desempenho de inovação.

#### 6.1.1 Caracterização do perfil de inovação

A análise pelo plano de componentes permite a descrição do perfil de inovação dos clusters formados na matriz U e conseqüentemente das regiões os compõem. Áreas do plano de componentes ilustradas em tons de azul correspondem a regiões da Matriz-U com baixo

valor na variável em análise, enquanto que as áreas ilustradas em tons de vermelho representam regiões com valores elevados.

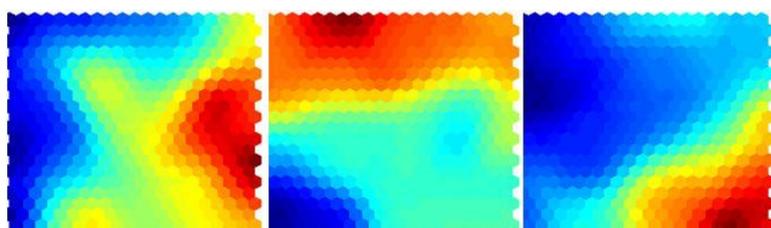


**Figura 6.2 – Plano de componentes da dimensão Socioeconómica.**  
*Da esquerda para a direita temos os planos de componentes das variáveis GDP, Emplm e Unemp.*

A Figura 6.2 – Plano de componentes da dimensão Socioeconómica. ilustra no plano de componentes a distribuição das variáveis relativas à dimensão “Socioeconómica”.

A área esquerda do plano de componentes, onde se formam os clusters 1, 2 e 3, caracteriza-se por ser o espaço das regiões com menor PIB per capita, menor taxa de emprego e maior desemprego de longa duração. Os clusters 7 e 8 formam-se no lado oposto do plano de componentes caracterizado então pela localização de regiões com maior PIB per capita, maior taxa de emprego e menor desemprego de longa duração. Os clusters 4, 5 e 6 encontram-se em área de transição.

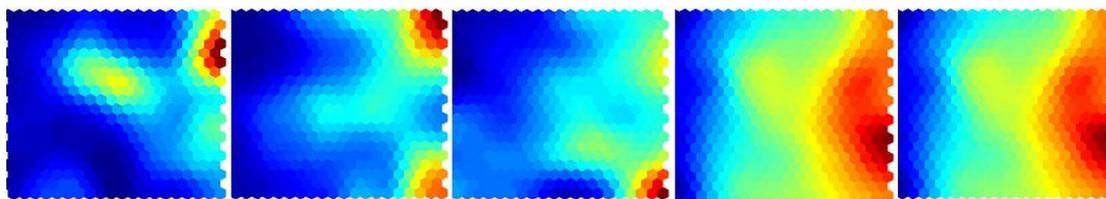
Esta relação entre o nível de desempenho em inovação e área do plano de componentes mantém-se nas demais dimensões.



**Figura 6.3 – Plano de componentes da dimensão educação.**  
*Da esquerda para a direita temos os planos de componentes das variáveis Educ3, Educ2 e EducAdul.*

Regiões com menor proporção da população com educação superior (Educ3) e de participação de adultos na aprendizagem ao longo da vida (EducAdul) estão localizadas na área esquerda do plano de componentes.

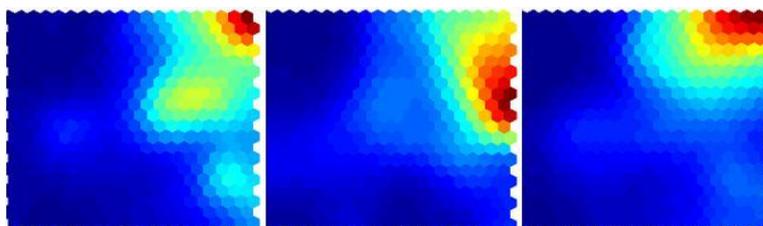
A proporção da população com ensino secundário (Educ2) é inferior nas regiões localizadas na área inferior do plano de componentes sendo os valores mais baixos observados na área inferior esquerda.



**Figura 6.4 – Plano de componentes da dimensão Inputs de I&D.**

*Da esquerda para a direita temos os planos de componentes das variáveis GovRD, BusRD e EducRd, SciTechHR e TecEmply.*

A área do plano de componentes caracterizada pela localização de regiões com maiores investimentos no desenvolvimento de conhecimento e inovação encontra-se uma vez mais do lado direito.



**Figura 6.5 – Plano de componentes da dimensão Outputs de I&D.**

*Da esquerda para a direita temos os planos de componentes das variáveis TecPant, BioTecPa e EPOpatnt.*

Quanto à dimensão “Outputs de I&D” apenas uma área limitada do plano de componentes, localizada no canto superior direito, apresenta valores elevados em todos os indicadores. Nesta área localizam-se as regiões que formam o cluster 7.

Para resumo da informação contida no plano de componentes construiu-se adicionalmente um indicador compósito com base nas médias observadas nas variáveis normalizadas. Este indicador serve também para caracterização de cada Cluster mas principalmente para comparar os desempenhos em inovação entre si. Os Clusters foram classificados em quatro grupos gerais de acordo com o nível de desempenho relativo, seguindo semelhante nomenclatura do RIS 2013, nomeadamente:

- Inovador modesto: cluster de regiões caracterizadas por fraco desempenho na generalidade das dimensões da inovação;
- Inovador moderado: conjunto de regiões onde se observa um desequilíbrio no nível desempenho entre diferentes dimensões de inovação;
- Inovador seguidor: conjunto de regiões onde se observa maior equilíbrio no desempenho entre as diferentes dimensões de inovação, onde em alguns casos se pode observar uma especialização numa dimensão em particular;

- Inovador Líder: cluster de regiões caracterizadas por forte desempenho na generalidade das dimensões da inovação.

var.% face à média global >= 20%  
var.% face à média global <= 20%

Variável/Dimensão	Média Global	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7	Cluster 8
GDP	0,260	0,235	0,070	0,184	0,287	0,270	0,309	0,392	0,428
Emplym	0,527	0,377	0,427	0,294	0,451	0,645	0,593	0,601	0,729
Unemplym	0,458	0,299	0,514	0,770	0,538	0,300	0,522	0,546	0,201
<b>Dimensão Sócio-Económica</b>	<b>0,443</b>	<b>0,438</b>	<b>0,327</b>	<b>0,236</b>	<b>0,400</b>	<b>0,538</b>	<b>0,460</b>	<b>0,483</b>	<b>0,652</b>
Educ3	0,368	0,442	0,213	0,125	0,355	0,437	0,307	0,538	0,585
Educ2	0,492	0,116	0,727	0,180	0,392	0,410	0,723	0,557	0,403
EducAdult	0,278	0,287	0,094	0,154	0,159	0,493	0,237	0,300	0,560
<b>Dimensão Educação</b>	<b>0,379</b>	<b>0,281</b>	<b>0,345</b>	<b>0,153</b>	<b>0,302</b>	<b>0,447</b>	<b>0,422</b>	<b>0,465</b>	<b>0,516</b>
GovRd	0,132	0,141	0,087	0,054	0,131	0,076	0,111	0,311	0,179
BusRd	0,164	0,070	0,053	0,048	0,193	0,128	0,185	0,337	0,305
EducRd	0,220	0,184	0,092	0,201	0,214	0,209	0,222	0,321	0,388
SciTechR	0,446	0,401	0,259	0,163	0,441	0,507	0,464	0,639	0,698
TecEmplm	0,304	0,152	0,224	0,171	0,266	0,268	0,288	0,511	0,507
<b>Dimensão Inputs de I&amp;D</b>	<b>0,253</b>	<b>0,190</b>	<b>0,143</b>	<b>0,128</b>	<b>0,249</b>	<b>0,238</b>	<b>0,254</b>	<b>0,424</b>	<b>0,416</b>
TecPatnt	0,087	0,012	0,010	0,015	0,090	0,037	0,131	0,297	0,122
BioTecPa	0,114	0,037	0,016	0,051	0,101	0,031	0,192	0,440	0,102
EPOpatnt	0,147	0,035	0,012	0,020	0,131	0,068	0,378	0,425	0,154
<b>Dimensão Output de I&amp;D</b>	<b>0,116</b>	<b>0,028</b>	<b>0,013</b>	<b>0,029</b>	<b>0,107</b>	<b>0,045</b>	<b>0,234</b>	<b>0,387</b>	<b>0,126</b>
<b>Nível de Inovação</b>	<b>0,298</b>	<b>0,234</b>	<b>0,207</b>	<b>0,136</b>	<b>0,265</b>	<b>0,317</b>	<b>0,343</b>	<b>0,440</b>	<b>0,427</b>
<b>Caracterização</b>		<b>Moderado -</b>	<b>Modesto +</b>	<b>Modesto -</b>	<b>Moderado +</b>	<b>Seguidor -</b>	<b>Seguidor +</b>	<b>Lider +</b>	<b>Lider -</b>

Figura 6.6 – Média dos indicadores normalizados e dimensões por cada cluster.

Os resultados obtidos são coerentes com a interpretação do plano de componentes. Assim a área da Matriz U formada pelos Clusters 7 e 8 é caracterizada pela localização de regiões com maiores níveis de desempenho em inovação, sendo por esse motivo classificadas como regiões líderes e a área de menor desempenho é a formada pelos Clusters 2 e 3 onde se localizam as regiões com esforços modestos em inovação.

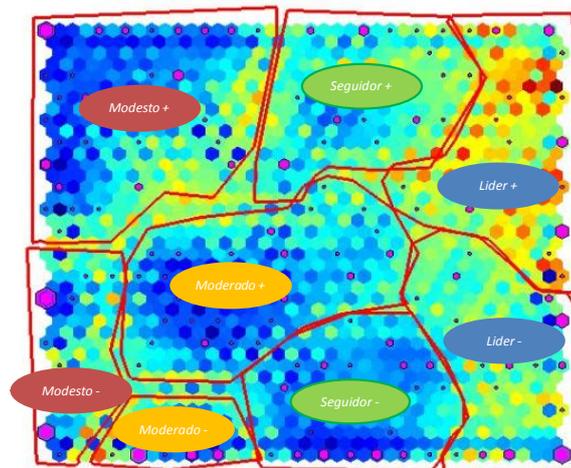


Figura 6.7 – Caracterização dos Clusters da Matriz U.

### 6.1.2 Caracterização espacial

Cada região objeto do estudo encontra-se afeta a um neurónio da rede SOM que por sua formam com neurónios vizinhos um cluster da Matriz U.

É então possível construir uma representação geográfica dos segmentos criados através de igual classificação para as regiões pertencentes ao mesmo cluster. Com esta realização é possível apreciar a existência de potencial associação entre a proximidade no espaço topológico da matriz U, definida por dimensões de inovação e a proximidade do espaço geográfico.

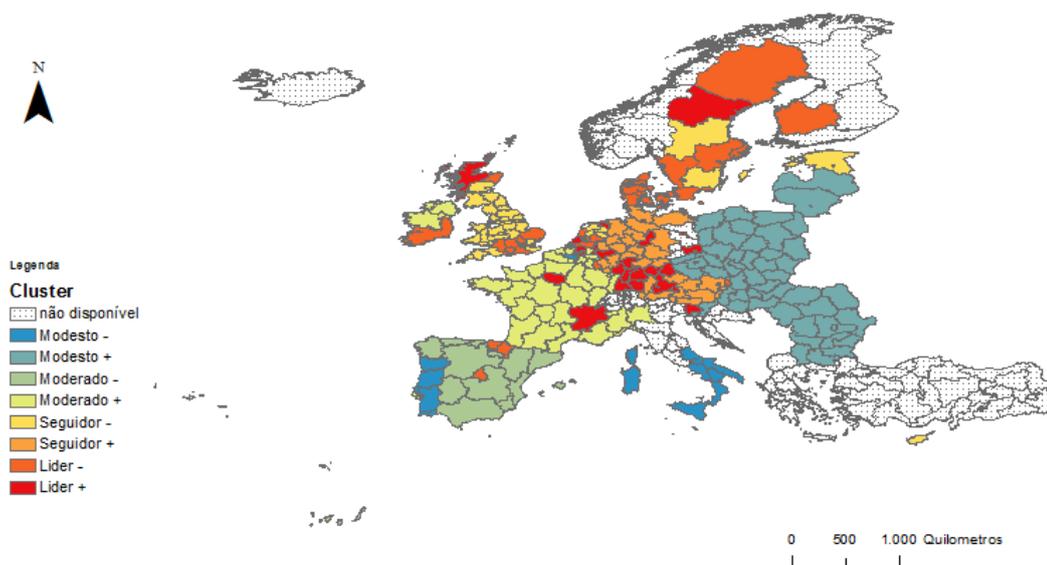


Figura 6.8 – Representação espacial dos clusters criados.

Os clusters construídos na matriz U são também caracterizados por uma delimitação espacial bem definida, com regiões mais modestas e moderadas nos esforços de inovação se localizarem na periferia e sul da Europa e as regiões com perfil mais inovador localizarem-se na zona centro e norte. Em resumo, regiões geograficamente próximas partilham de características de inovação semelhantes.

A Figura 6.9 – Correspondência simplificada entre Cluster SOM e NUTs 2. sintetiza a correspondência entre as regiões delimitadas no espaço topológico com as regiões do mapa espacial.

Caracterização do perfil de inovação	Caracterização Espacial	Região da Matriz U
Modesto -	Portugal (excepto região de Lisboa), sul de Itália e Sardenha	Cluster 3
Modesto +	Europa de leste	Cluster 2
Moderado -	Espanha (excepto região de Espanha e algumas regiões do Norte como a Cantábria, Navarra, Vizcaya e Guipúzcoa )	Cluster 1
Moderado +	Irlanda do Norte, Norte de Itália, França (excepto região "Ile de France" e "Rhône-Alpes") e região de Lisboa	Cluster 4
Seguidor -	Reino Unido, Países Baixos, Chipre, algumas regiões da Suécia e Finlândia	Cluster 5
Seguidor +	Alemanha e Austria	Cluster 6
Lider -	Dinamarca, regiões do sul da Irlanda, do sul de Inglaterra, Suécia, Espanha (região de Espanha e algumas regiões do Norte como a Cantábria, Navarra, Vizcaya e Guipúzcoa ), Países Baixos	Cluster 8
Lider +	Reino Unido (terras altas), França (região "Ile de France" e "Rhône-Alpes"), Sul da Alemanha, Austria	Cluster 7

**Figura 6.9 – Correspondência simplificada entre Cluster SOM e NUTs 2.**

## 6.2 Visualização da evolução temporal do perfil inovador das regiões

Esta secção pretende demonstrar a possibilidade de:

- visualizar a evolução do perfil inovador das regiões no tempo e espaço de atributos;
- visualizar relação entre padrão de inovação e proximidade geográfica.

### 6.2.1 Evolução do perfil inovador no tempo e no espaço de atributos

Para concretização deste objectivo é suficiente a seleção de uma região que no tempo tenha evidenciado uma alteração do seu perfil inovador.

Nesta categoria encontrar-se-ão por um lado regiões que demonstraram com o tempo a vontade de alcançar melhores níveis de desenvolvimento pelo caminho da inovação, ou por outro regiões que abrandaram o ritmo inovador.

Optou-se por demonstrar a região de Lisboa, única entre as regiões portuguesas a revelar uma alteração no perfil de inovação entre os anos 2003 e 2009.

O processo de projecção é representado na Figura 6.10 – Representação do processo de projecção em mapa topológico.

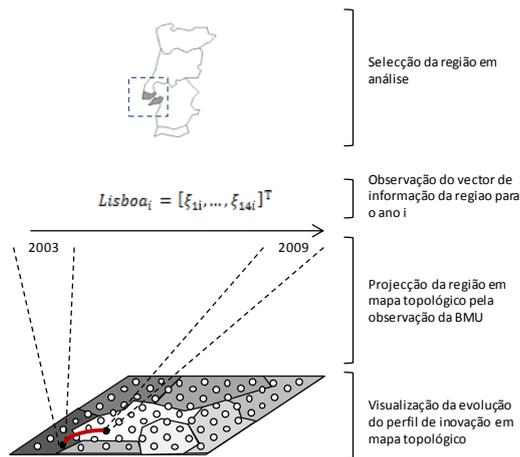
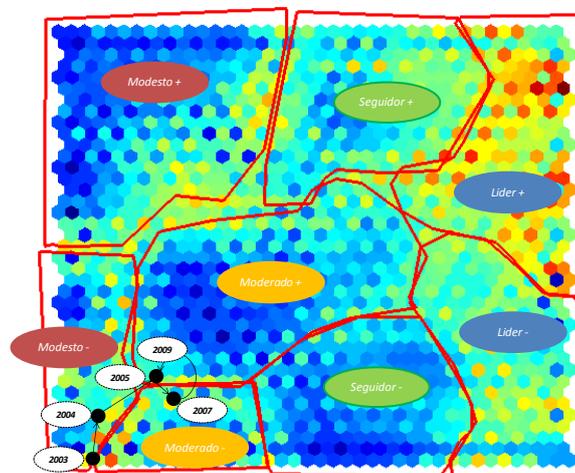


Figura 6.10 – Representação do processo de projecção em mapa topológico.

Como ilustrado na Figura 6.11 – Evolução da região de Lisboa em desempenho na inovação entre 2003 e 2009, a região de Lisboa era em 2003 uma região com perfil em inovação modesto. As suas características àquela data projetam a região de Lisboa no mapa de atributos em área relativa ao cluster de inovação “Modesto (-)”.

Em 2005 a região de Lisboa posiciona-se pela primeira vez em área relativa a inovador “Moderado (+)”, para a qual volta em 2009 depois de 2 anos em área de inovadores menos moderados.



**Figura 6.11 – Evolução da região de Lisboa em desempenho na inovação entre 2003 e 2009.**

Conclui-se que Lisboa teve no tempo uma alteração no perfil de inovação a qual é visualizada numa única representação visual.

Uma análise detalhada às características que a região apresentou tanto em 2003 como em 2009 percebe-se que a alteração no perfil em inovação fez-se fundamentalmente pelo acréscimo de população com formação superior, aumento do esforço em I&D pelo sector privado e no acréscimo de patentes na área da biotecnologia.

Os fatores que obstaram a maior inovação foram a redução do esforço em I&D pelo sector público, potencialmente explicado pela atual crise que incide com maior particularidade neste sector e redução da população com o ensino secundário.

Variável (normalizada)	2003	2009	Var. %
PIB per capita a preços de mercado	0,232	0,240	3,6%
Taxa de emprego (%)	0,563	0,543	-3,6%
Desemprego de longa duração (%)	0,457	0,688	50,8%
População com 15 anos ou mais com ensino superior por 1000 habitantes	0,046	0,294	542,2%
População com 15 anos ou mais com ensino secundário por 1000 habitantes	0,197	0,110	-44,0%
A participação de adultos com idades entre 25-64 anos na aprendizagem ao longo da vida por 1000 habitantes	0,123	0,159	29,3%
Despesa Pública em I&D em % do PIB	0,234	0,144	-38,6%
Despesa Privada em I&D em % PIB	0,051	0,223	334,4%
Despesa do ensino superior em I&D em % do PIB	0,185	0,347	87,5%
% de recursos humanos em ciência e tecnologia	0,292	0,359	22,9%
Emprego em sectores de alta tecnologia (indústria de alta tecnologia e serviços de alta tecnologia, de conhecimento intensivo)%	0,266	0,457	72,0%
Pedidos de patentes de alta tecnologia para a EPO por milhão de habitantes	0,008	0,009	20,6%
Pedidos de patentes de biotecnologia para a EPO por milhão de habitantes	0,010	0,038	264,4%
Pedidos de patentes no EPO por milhão de habitantes	0,011	0,015	39,9%

**Figura 6.12 – Variação do perfil de inovação da região de Lisboa entre 2003 e 2009**

## 6.2.2 Relação entre padrão de inovação e proximidade geográfica

Pretende-se agora complementar a análise da secção anterior com a dimensão geográfica. O objectivo é entender se padrões de evolução em inovação semelhantes, observados no espaço SOM, apresentam também algum padrão no espaço geográfico.

Para identificação de regiões com semelhante comportamento, resumiu-se a similaridade aos anos de 2003 e 2009.

		Perfil de Inovação 2009							
		Modesto -	Modesto +	Moderado -	Moderado +	Seguidor -	Seguidor +	Lider -	Lider +
Perfil de Inovação 2003	Modesto -	19		5	2				
	Modesto +		50			1	3	2	
	Moderado -			8				1	
	Moderado +			2	28		3	6	1
	Seguidor -					32		6	5
	Seguidor +				1		22	1	9
	Lider -					1		15	
	Lider +							2	11

- Perfil de inovação constante
- Passa a inovador moderado
- Passa a inovador seguidor
- Passa a inovador líder
- Desce de perfil inovador

Figura 6.13 – Evolução do perfil de inovação das Regiões entre 2003 e 2009

Uma primeira observação da informação exposta na Figura 6.13 – Evolução do perfil de inovação das Regiões entre 2003 e 2009 é que não se verifica uma alteração significativa do perfil de inovação entre 2003 e 2009 para a generalidade das regiões. 78,4% das regiões em análise mantiveram semelhante perfil, 19,1% apresentam em 2009 maiores esforços de inovação e 2,5% reduzem o perfil inovador.

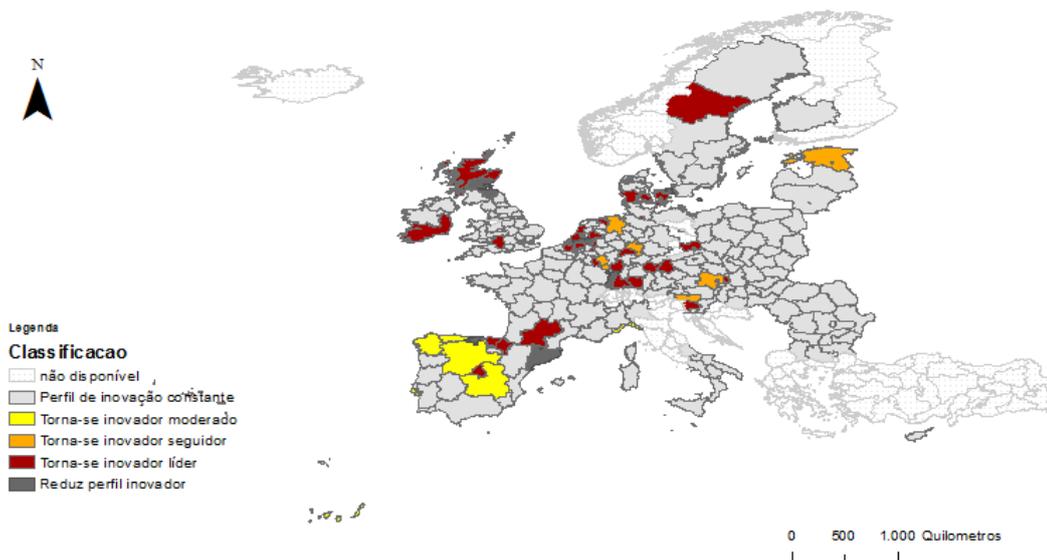


Figura 6.14 – Padrão espacial da evolução do perfil de inovação observado entre 2003 e 2009

Na Figura 6.14 – Padrão espacial da evolução do perfil de inovação observado entre 2003 e 2009 percebe-se a existência de alguma proximidade geográfica entre regiões que apresentaram um comportamento nos esforços de inovação semelhantes. As generalidade

das regiões que passaram para perfil moderado localizam-se na Península Ibérica. Observa-se uma maior dispersão espacial nas regiões que se tornaram inovadoras seguidoras ou líderes, contudo na sua maioria esse comportamento foi igualmente acompanhado por uma região vizinha.

## **7. Conclusões**

A investigação em torno do tema da inovação regional intensificou-se nos últimos tempos, em parte justificada pela necessidade de melhor compreender a sua dinâmica para auxiliar a tomada de decisão responsáveis regionais que conduza a melhores índices de desenvolvimento económico e social num ambiente também caracterizado pela maior competitividade regional.

A importância do tema está igualmente patente na criação de instrumentos como RIS o qual disponibiliza uma avaliação comparativa do desempenho em inovação entre as diferentes regiões europeias.

Só recentemente a investigação começou a explorar as potencialidades do SOM como ferramenta para construção de conhecimento sobre inovação regional (). Contudo a análise efetuada centrou-se na demonstração da utilidade do SOM para substituição de metodologias estatísticas tradicionalmente aplicadas para classificação das regiões e demonstração da associação entre inovação e crescimento económico.

O objectivo desta investigação foi demonstrar que além de uma típica análise estática no tempo, o SOM tem ainda a potencialidade de realizar uma análise dinâmica, através da visualização num espaço de atributos da evolução das regiões ao longo do tempo. Com esta faculdade, torna-se ainda possível auxiliar o debate sobre a relevância da proximidade geográfica de atores para o processo de inovação dado que ao identificar regiões com semelhantes padrões de comportamento em inovação poder-se-á analisar se existe nelas um padrão geográfico.

Assim a vantagem do SOM não só se resume a uma metodologia estatística de classificação, mas também a uma ferramenta de visualização e exploração de padrões para melhor construção de conhecimento.

Através do SOM foi possível identificar 8 grupos de regiões com perfil de inovação distinta. Adicionalmente demonstrou-se a visualização da evolução do perfil de inovação da região de Lisboa ao longo do tempo no espaço de atributos e analisou-se a potencial existência de padrão espacial de comportamentos de inovação semelhantes.

## **8. Limitações**

Não obstante considerar-se que os objetivos propostos foram alcançados foram sentidos no decurso da presente investigação algumas limitações que deverão ser consideradas em futuras investigações.

Em primeiro lugar as dimensões objeto do estudo não abrangem todo o espectro da inovação. Foram excluídas algumas variáveis consideradas relevantes para caracterização da inovação e utilizadas em diversos estudos como o acesso dos agregados familiares à banda larga, a cooperação e inovação nas pequenas e médias empresas. Esta informação foi explicitamente excluída dado a sua disponibilidade não ser observável para todos os anos objeto de estudo da presente investigação.

Por outro lado parte da informação relevante não é mensurável anualmente o que impõe limitações à investigação de séries temporais como a proposta pela presente tese.

Outra limitação, também sentida noutras investigações do tema, é a ausência de informação para um conjunto diverso de regiões, que limita a investigação para todo o espaço europeu.

## Referências Bibliográficas

- BIGUS, J. P. (1996). *Data Mining with Neural Networks: Solving Business Problems from Application Development to Decision Support* McGraw-Hill.
- BOSCHMA, R. A. (2005). "Proximity and innovation: A critical assessment " *Regional Studies* 39(1): 61–74.
- CAPELLO, R. (2011). Innovation and productivity: local competitiveness and the role of space. *Handbook of Regional Innovation and Growth*. P. Cooke, B. Asheim, R. Boschma et al., Edward Elgar Publishing Limited: 107-118.
- CARRINCAZEAUX, C. e M. CORIS (2011). Proximity and innovation. *Handbook of Regional Innovation and Growth*. P. Cooke, B. Asheim, R. Boschma et al., Edward Elgar Publishing Limited: 269-281.
- COOKE, P., M. G. URANGA e G. ETXEBARRIA (1997). "Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions " *Research Policy* 26(4): 475-491.
- DANTAS, J. e A. C. MOREIRA (2011). *O processo de inovação*, Lidel
- DOLOREAUX, D. (2002). "What we should know about regional systems of innovation " *Technology in Society* 24(3): 243-263.
- FAGERBERG, J. (2004). *Innovation: a guide to literature*. The Oxford Handbook of Innovation. J. Fagerberg, D. Mowery and N. Richard, Oxford University Press: 1-26.
- GODINHO, M. M. (2003). *Inovação e Difusão da Inovação: Conceitos e Perspectivas Fundamentais*. ISEG/UTL.
- GOPALAKRISHNAN, S. e F. DAMANPOUR (1997). "A review of innovation research in economics, sociology and technology management." *Omega* 25(1): 15-28.
- GUST-BARDON e N. IRENA (2012). "The role of geographical proximity in innovation: Do regional and local levels really matter?" *Working Papers firms and region*, No. R4/2012, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0011-n-2139400>.
- HAJEK, P., R. HENRIQUES e V. HAJKOVA (2013). "Visualising components of regional innovation systems using self-organizing maps—Evidence from European regions." *Technological Forecasting & Social Change*.

- HALL, B. H. (2004). Innovation and diffusion. The Oxford Handbook of Innovation. J. Fagerberg, D. Mowery and N. Richard, Oxford University Press: 459-484.
- HENRIQUES, R. e F. BAÇÃO (2004). soMGis: Uma ferramenta para construir regiões. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação – Universidade Nova de Lisboa.
- HENRIQUES, R., F. BAÇÃO e V. LOBO (2012). "Exploratory geospatial data analysis using the GeoSOM suite." Computers, Environment and Urban Systems 36(3): 218-232.
- HOLLANDERS, H., J. DERBYSHIRE, R. LEWNEY, R. TIJSSEN, S. TARANTOLA e L. R. LEON (2012). "Regional Innovation Scoreboard 2012 - Methodology report." Directorate-General for Enterprise and Industry.
- HOLLANDERS, H., L. R. LEON e L. ROMAN (2012). "Regional Innovation Scoreboard 2012." Directorate-General for Enterprise and Industry.
- Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (2012). "Innovation Union Scoreboard 2011." PRO INNO Europe.
- KASKI, S. e K. LAGUS (1996). Comparing Self-Organizing Maps. Artificial Neural Networks — ICANN 96, 1996 International Conference Bochum, Germany, Springer Berlin Heidelberg.
- KIVILUOTO, K. (1996). Topology preservation in self-organizing maps. International Conference on Neural Networks
- KLINE, S. J. e N. ROSENBERG (1986). An Overview of Innovation. The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. R. Landau and N. Rosenberg, Washington, D.C. :National Academy Press: 275-305.
- KOHONEN, T. (1990). The self-organizing map. Proceedings of the IEEE.
- KOHONEN, T. (2001). Self-Organizing Maps, Springer.
- KOURTIT, K., P. NIJKAMP e D. ARRIBAS (2012). "Smart cities in perspective - a comparative European study by means of self-organizing maps." Innovation-the European Journal Of Social Science Research 25(2): 229-246
- KWAKKEL, J. H., S. CARLEY, J. CHASE e S. W. CUNNINGHAM (2012). "Visualizing geospatial data in science, technology and innovation." Technological Forecasting & Social Change.
- LAM, A. (2004). Organizational Innovation. The Oxford Handbook of Innovation. J. Fagerberg, D. Mowery and N. Richard, Oxford University Press: 115-147.

- OECD (2005). OSLO Manual - Guidelines for collecting and interpreting innovation data. Paris.
- OECD (2011). Regions and Innovation Policy. OECD Reviews of Regional Innovation, OECD Publishing.
- PORTER, M. E. (1990). "The Competitive Advantage of Nations." Harvard Business Review 68(2): 73-93.
- PORTER, M. E. (2000). Locations, Clusters, and Company Strategy. The Oxford Handbook of Economic Geography, Oxford: Oxford University Press: 253-274.
- RONDÉ, P. e C. HUSSLER (2005). "Innovation in regions: What does really matter?" Research Policy 34(8): 1150–1172.
- ROTHWELL, R. (1994). "Towards the Fifth-generation Innovation Process " International Marketing Review 11(1): 7-31.
- SCHUMPETER, J. A. (1961). Capitalismo, Socialismo e Democracia, Fundo de Cultura.
- SCHUMPETER, J. A. (1997). Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo económico.
- SCHWEIGHOFER, E., A. RAUBER e M. DITTENBACH (2001). Improving the Quality of Labels for Self-Organising Maps Using Fine-Tuning. 12th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, IEEE Publishing: 804-808.
- SKUPIN, A. e P. AGARWAL (2008). Introduction: What is a Self-Organizing Map. Self-Organizing Maps: Applications in Geographic Information Science. P. Agarwal and A. Skupin, Wiley.
- Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (2011). "Innovation Union Scoreboard 2010 – Methodology report." PRO INNO Europe.
- ULTSCH, A., G. GUIMARAES, D. KORUS e H. LI (1993). Knowledge Extraction from Artificial Neural Networks and Applications. World Transputer Congress. Aachen, Springer.
- URIARTE, E. A. e F. D. MARTÍN (2005). "Topology Preservation in SOM." International Journal of Mathematical and Computer Sciences 1(1): 19-22.
- VALE, M. (2009). Conhecimento, inovação e território Finisterra : Revista Portuguesa de Geografia. XLIV: 9.
- VESANTO, J. (1997). Data mining techniques based on the self-organizing map, Helsinki University of Technology. Master's thesis.

VESANTO, J. (1999). "SOM-based data visualization methods." *Intelligent Data Analysis* 3(2): 111-126.

# C& SIG

