

# LOCALIZAÇÃO DE EMPRESAS E COOPERAÇÃO EM I&D NUM OLIGOPÓLIO COM SPILLOVERS

Isabel Mota - Faculdade de Economia da Universidade do Porto - imota@fep.up.pt

António Brandão - Faculdade de Economia da Universidade do Porto

## RESUMO:

Neste artigo pretende-se avaliar se as decisões das empresas quanto à sua localização se alteram quando estas cooperam ou concorrem em Investigação & Desenvolvimento (I&D). Para tal, é desenvolvido um jogo com três estágios e três empresas em que cada uma decide sobre a localização, I&D e produção. A decisão sobre a localização determina o spillover de I&D, que está inversamente relacionado com a distância entre as empresas. Assume-se que o output de I&D apresenta rendimentos decrescentes e reduz o custo unitário de produção. Admite-se ainda que as empresas podem cooperar entre si, exclusivamente na decisão de I&D. Da resolução do modelo é possível concluir que existe uma relação positiva entre o output de I&D de equilíbrio e a distância entre as empresas quando estas concorrem em I&D. Quando as empresas cooperam em I&D, o output de I&D de equilíbrio aumenta com o grau de partilha de informação entre as empresas bem como com uma redução da distância entre elas. A decisão das empresas quanto à localização é também afectada pela forma como as actividades de I&D são desenvolvidas: se as empresas concorrem em I&D, então elas aglomeram-se se o spillover de I&D for convexo na distância; se as empresas cooperarem em I&D, então elas aglomeram-se desde que a partilha de informação entre as empresas aumente.

**Palavras-chave:** Localização; Cooperação em I&D; Spillovers de I&D

## ABSTRACT:

This paper aims at explaining if firms's decision about location revises when firms cooperate or compete in R&D. For that purpose, it is proposed a three stage game amongst three firms where each firm decides about location, R&D and output. Firms' decision about location determines a R&D spillover, which is inversely related to the distance between firms. R&D output is assumed to be cost reducing and exhibit diminishing returns. Cooperation is only allowed in the R&D stage. Our results allow us to conclude that there is a positive relationship between R&D output equilibrium and the distance between firms when firms act independently. When firms cooperate in R&D, the R&D output for a cooperating firm increases with the degree of information sharing between them, as well as with a reduction of the distance between cooperating firms. Firms' decision about location is also affected by R&D activities: if R&D activities run independently, the clustering of firms only occurs for a convex spillover function; if R&D activities run cooperatively, clustering is always observed if there is an increased information sharing between firms.

**Keywords:** Location; R&D cooperation; R&D spillovers

JEL classification: R30, 031, L13





## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Marshall (1920 [1890]), as empresas aglomeram-se para beneficiar de economias no transporte de bens, pessoas ou ideias. No entanto, se as empresas são rivais, a proximidade geográfica aumenta a concorrência entre elas e isto actua como uma força centrífuga. Naturalmente, o resultado de ambas as forças centrífugas e centrípetas depende das respectivas forças relativas. Por outro lado, mesmo sendo fortes concorrentes no mercado do produto, as empresas adoptam frequentemente comportamentos cooperativos no que diz respeito, por exemplo, às actividades de Investigação & Desenvolvimento (I&D) (D'Aspremont e Jacquemin (1988) e Kamien *et al* (1992)). Tal é, em geral, justificado pela natureza de bem público das actividades de I&D, sendo as empresas incapazes de se apropriar totalmente dos resultados dos seus investimentos em I&D, dada a existência de *spillovers* <sup>(1)</sup>.

Neste artigo pretende-se avaliar se as decisões das empresas quanto à sua localização se alteram quando estas cooperam ou concorrem em Investigação & Desenvolvimento (I&D). Para esse objectivo, iremos desenvolver um modelo de interacção estratégica em que o tópico da localização das empresas é estudado no âmbito de um jogo de cooperação/concorrência em I&D.

Os modelos de concorrência espacial assumem tipicamente que as empresas interagem estrategicamente no que diz respeito à localização, dado que apresentam rivalidade oligopolista (Fujita e Thisse (1996)). Esta corrente tem as suas raízes no artigo pioneiro de Hotelling (1929), de acordo com

o qual a concorrência quanto à área de mercado é uma força centrípeta que leva as empresas a aglomerarem-se, resultado este conhecido na literatura como o *Princípio da Diferenciação Mínima*. Num artigo posterior D'Aspremont *et al* (1979) demonstraram que *Princípio da Diferenciação Mínima* era inválido, e desde então, foi desenvolvido um esforço considerável para restaurá-lo. Por exemplo, através da consideração da heterogeneidade dos consumidores e/ou empresas (Palma *et al*, 1985), da colusão explícita de preços (Friedman e Thisse, 1993) ou recorrendo a modelos de pesquisa (Schultz e Stahl, 1996).

Mais recentemente, os modelos de concorrência espacial foram extendidos de forma a captar o tópico da localização das empresas supondo *spillovers* de conhecimento e concorrência de mercado. Em geral, é proposto um modelo de equilíbrio parcial para explicar a formação de clusters regionais (Belleguennec *et al*, (2000) e Soubeyran e Weber (2002)) ou a dinâmica de um sistema regional (Soubeyran e Thisse (1999)), centrando a análise na explicação da diversidade dos sistemas de equilíbrio espaciais com externalidades tecnológicas.

No entanto, os esforços para estudar a cooperação em I&D no âmbito dos modelos de localização foram reduzidos. Mai e Peng (1999) desenvolveram um modelo muito simples de concorrência espacial à la Hotelling que introduz um elemento de cooperação tácita sob a forma de trocas de informação entre as empresas que são sensíveis à distância. Estes autores demonstraram que o equilíbrio de localização pode ocorrer num intervalo entre o mínimo e a máxima diferenciação, dependendo da força relativa

---

<sup>1</sup> A cooperação em I&D é, em geral, justificada pela necessidade de internalização de *spillovers*, para obter economias de escala ou complementaridades na actividade de I&D, bem como outros benefícios potenciais que decorram da coordenação das actividades de investigação e da difusão de conhecimentos entre as empresas. Os argumentos contra a cooperação em I&D incluem a ameaça de *free-ride* e a possibilidade de diminuição da concorrência no mercado do produto, o que resultaria numa perda de bem-estar.

do efeito cooperação sobre o efeito competitivo. Concluíram ainda que quanto maior for a externalidade entre as empresas, menor será o diferencial de localização entre elas. Long e Soubeyran (1998) condicionaram os spillovers de I & D às decisões das empresas quanto à localização e investigaram de que forma a decisão das empresas sobre a localização é afectada pela forma da função spillover e pela decisão das empresas em cooperar ou não em I&D. Concluíram que o único equilíbrio de Nash para um duopólio com localizações simétricas é o equilíbrio de aglomeração, enquanto que para um oligopólio com localizações assimétricas, a aglomeração só existe se o efeito spillover convexo na distância. Baranes e Tropeano (2000) pretenderam explicar porque é que a proximidade espacial facilita a partilha de informação entre empresas num contexto de clusters de empresas concorrentes. Para tal, desenvolveram um modelo em que as empresas decidem sobre a localização, salários dos investigadores, formação de uma equipa de investigação e preços. Assumem que existe assimetria de informação, dado que as empresas são incapazes de observar o esforço dos investigadores ou verificar a dimensão da inovação. Como resultado, podem emergir diversos equilíbrios espaciais, dependendo dos custos de transporte e dos spillovers de investigação.

A investigação sobre a cooperação em I&D é desenvolvida, tipicamente, à parte dos modelos de concorrência espacial. Em geral, a cooperação em I&D é identificada com colaboração na investigação e é frequentemente estudada no âmbito de modelos de oligopólio com dois estágios nos quais as empresas tomam as suas decisões de I&D num primeiro estágio pré-competitivo e a definição da quantidade/preço num segundo estágio. Deve-se a D'Aspremont e Jacquemin (1988) o artigo mais influente sobre cooperação em I&D. Estes autores assumem que

há spillovers dos resultados de I&D e concluíram que para um coeficiente de spillover elevado, o nível de I&D de colusão era superior ao não cooperativo. Outro trabalho proeminente é Kamien et al (1992), que assumem spillovers nos investimentos em I&D e propõem diferentes modelos de organização da I&D que podem envolver a cartelização dos investimentos em I&D e/ou partilha total de informação. Estes autores demonstraram que o modelo de concorrência em Research Joint Venture (RJV) era o menos desejável dado que implicava os preços mais elevados, enquanto que o modelo de cartel em RJV era o mais desejável, porque garantia o mais elevado excedentes do consumidor e produtor<sup>(2)</sup>.

Nos anos mais recentes, os modelos sobre cooperação em I&D tiveram um grande desenvolvimento, apresentando numerosas extensões aos artigos pioneiros. Em particular e dada a sua relevância para a nossa investigação, são de salientar as extensões a um cenário oligopolista com acordos de cooperação entre todas as empresas da mesma indústria (Suzumura (1992)) ou acordos entre um subgrupo de empresas (Poyago-Theotoky (1995)). Revelaram-se ainda extremamente relevantes alguns artigos que condicionaram os spillovers de I&D a decisões estratégicas das empresas (Katsoulacos e Ulph (1998), Poyago-Theotoky (1999) e Amir *et al* (2003)), além de outros artigos que introduzem o conceito de capacidade absorvente das empresas (Kamien e Zang (2000)), que consideram spillovers intra e inter industriais (Steurs (1995) ou spillovers unidireccionais (Amir e Wooders (2000)) e outras assimetrias nos spillovers de I&D (Vonortas(1994)).

O objectivo desta investigação é avaliar se as decisões das empresas quanto à sua localização se alteram quando estas cooperam ou concorrem em Investigação & Desenvolvimento (I&D), num

<sup>2</sup> Amir (2000) desenvolveu uma comparação analítica de ambos os modelos.



cenário de empresas concorrentes e spillovers de conhecimento. Com esse objectivo, desenvolvemos um jogo de três estágios entre três empresas em que estas decidem sobre localização, I&D e depois concorrem à Cournot. A decisão das empresas sobre a sua localização determina um spillover de I&D que está inversamente relacionado com a distância física entre as empresas. Assume-se que o *output* da actividade de I&D apresenta rendimentos decrescentes e reduz o custo unitário de produção. Admite-se ainda que as empresas podem cooperar entre si na decisão de I&D através da cartelização da I&D e do aumento da partilha de informação entre elas.

O modelo desenvolvido está relacionado com Long e Soubeyran (1998), tendo sido introduzido um estágio intermédio adicional em que as empresas decidem sobre o resultado da I&D. Tal permite-nos avaliar a sensibilidade do output de I&D à distância entre as empresas, bem como considerar que as firmas decidem estrategicamente sobre I&D quer cooperem ou concorram em I&D. Por outro lado, Long e Soubeyran avaliaram de que forma as decisões das empresas quanto à localização são afectadas pelas suas decisões de cooperação em I&D, assumindo que a cooperação em I&D obrigava à cooperação na decisão de localização. Em alternativa, nós estudamos o problema de escolha de localização de uma empresa entrante relativamente a duas empresas instaladas num cenário de concorrência ou cooperação em I&D, mas assumindo que a cooperação só é permitida na decisão de I&D e nunca na decisão de localização.

Este artigo está organizado da seguinte forma. Iniciamos com uma descrição do modelo, que é de seguida desenvolvido em dois cenários - concorrência em I&D e cooperação em I&D - e investigamos de que forma as decisões das empresas quanto à localização e cooperação em I&D estão relacionadas. A secção final resume as principais conclusões.

## 2. O MODELO

Existem  $N$  empresas idênticas que produzem um bem homogéneo, cuja função procura inversa é dada por:

$$P = a - bQ$$

em que  $Q$  é a produção total

$$(Q = \sum_{t=1}^N q_t) \quad (a, b > 0 \text{ e } Q \leq a/b).$$

Cada empresa escolhe a sua localização num espaço convexo e aberto  $M$ . Em resultado das decisões de localização, as empresas beneficiam de um spillover de I&D,  $\beta(d_{rs})$ , que está inversamente relacionado com  $d_{rs}$  em que  $d_{rs} = d(r,s)$  é uma medida da distância física entre as empresas  $r$  e  $s$  ( $r \neq s$ ).

A função *spillover* é tal que  $0 \leq \beta(d_{rs}) \leq 1$  e  $\beta'(d_{rs}) < 0$  isto é,  $\beta(d_{rs})$  é uma função positiva e decrescente da distância  $d_{rs}$  entre as empresas. Simplificando, representaremos  $\beta_{rs} = \beta(d_{rs})$ .

Tal como é usual nos modelos de cooperação em I&D (d'Aspremont e Jacquemin (1988)), assumimos que o output da I&D reduz o custo de produção unitário de uma forma aditiva, isto é:

$$c_r = c - x_r - \sum_{t \neq r}^N \beta(d_{rt}) x_t$$

em que  $c$  mede o custo marginal (idêntico para todas as empresas) ( $0 < c < a$ ) e  $x_r$ , mede o *output* da I&D da empresa  $r$ . Além disso, assume-se que existem rendimentos decrescentes para a despesa em I&D, isto é,  $C'(x_r) > 0$  e  $C''(x_r) < 0$ . De forma a garantir quantidades positivas, impomos

$$x_r + \sum_{t \neq r}^N \beta(d_{rt}) x_t \leq c.$$

O lucro da empresa  $r$  é dado por:

$$\pi_r = (P - c_r) q_r - C(x_r)$$

Sendo a nossa abordagem centrada na distância física entre as empresas e no seu impacto nas

actividades de I&D através de uma função *spillover*, negligenciamos os custos de transporte para o mercado do produto.

Tendo em consideração os nossos objectivos, é proposto um jogo com três estágios, em que as empresas decidem sobre a localização, I&D e produção. O *timing* do jogo é o seguinte:

1º) As empresas escolhem a sua localização no espaço  $M$ , donde resultam  $d_{rt} \in \mathbb{R}^+$  e  $\beta_{rt} \in [0, 1]$ ;

2º) As empresas escolhem simultaneamente o output da I&D,  $x_r \in \mathbb{R}^+$ , independentemente ou em cooperação;

3º) As empresas escolhem simultaneamente a quantidade produzida,  $q_r \in \mathbb{R}^+$ , concorrendo à Cournot.

Iremos ainda assumir  $N = 3$  ( $r = i, j, k$ ), ainda que os resultados sejam válidos para um número superior de empresas. Além disso, e tal como em D'Aspremont e Jacquemin (1988), iremos considerar uma forma funcional específica para a função custo da I&D,  $C(x_r) = 0.5\gamma x_r^2$ .

O jogo será resolvido por indução regressiva, considerando dois cenários alternativos: *Concorrência em I&D*, em que as empresas escolhem o resultado da I&D de forma independente e *Cooperação em I&D*, em que um subgrupo de empresas coopera e escolhe o resultado da I&D de forma a maximizar o lucro conjunto.

## 2.1 CONCORRÊNCIA EM I&D

A função lucro da empresa  $i$  é dada por:

$$\pi_i(q, x, d) = (a - bQ - c_i)q_i - 0.5\gamma x_i^2$$

em que  $q = (q_i, q_j, q_k)$ ,  $x = (x_i, x_j, x_k)$ ,

$d = (d_{ij}, d_{ik}, d_{jk})$  e  $c_i = c - x_i - \beta_{ij}x_j - \beta_{ik}x_k$ .

Em resultado do jogo à Cournot podemos determinar a quantidade produzida de equilíbrio (ver equação 1) e a função lucro do segundo estágio (ver equação 2).

Determinando as condições de equilíbrio de primeira ordem e assumindo que as empresas fazem uma escolha simétrica (isto é,  $x_i = x_j = x_k = x$ ), podemos obter o *output* de I&D de equilíbrio <sup>(4)</sup><sup>(5)</sup> (ver equação 3) em que  $8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})(2\beta_{ij} + 2\beta_{ik} - 2\beta_{jk} + 1) > 0$

### EQUAÇÃO 1

$$q^* = \frac{a - c + (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})x_i + (3\beta_{ij} - \beta_{jk} - 1)x_j + (3\beta_{ik} - \beta_{jk} - 1)x_k}{4b}$$

### EQUAÇÃO 2

$$\pi_i(q^*, x, d) = \frac{(a - c + (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})x_i + (3\beta_{ij} - \beta_{jk} - 1)x_j + (3\beta_{ik} - \beta_{jk} - 1)x_k)^2}{16b} - 0.5\gamma x_i^2 \quad (1)$$

### EQUAÇÃO 3

$$x^* = \frac{(3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})(a - c)}{8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})(2\beta_{ij} + 2\beta_{ik} - 2\beta_{jk} + 1)}$$

<sup>4</sup> A condição de segunda ordem implica  $b\gamma > 9/8$ ,  $\forall \beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$ .

<sup>5</sup> De acordo com Henriques (1990), é necessário impôr restrições aos parâmetros de forma a garantir a existência e estabilidade do equilíbrio:  $b\gamma > 15/8$ ,  $\forall \beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$ .



de forma a assegurar uma solução positiva e interior para o output de I&D e quantidades <sup>(6)</sup>.

**Proposição 1:** *Se as empresas concorrem em I&D, então existe uma relação positiva entre o output de I&D de equilíbrio e a distância física entre as empresas.*

**Demonstração:** *A derivada parcial do output de I&D relativamente à distância física entre as empresas é dada por:*

$$\frac{\partial x^*}{\partial \beta_{ij}} \frac{\partial \beta_{ij}}{\partial d_{ij}} = \frac{-(a-c)(8b\gamma - 2(3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^2)}{(8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})(1 + 2\beta_{ij} + 2\beta_{ik} - 2\beta_{jk}))^2} \beta'_{ij}$$

$$\frac{\partial x^*}{\partial \beta_{ik}} \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial d_{ik}} = \frac{-(a-c)(8b\gamma - 2(3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^2)}{(8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})(1 + 2\beta_{ij} + 2\beta_{ik} - 2\beta_{jk}))^2} \beta'_{ik}$$

de acordo com os nossos pressupostos,

$$\beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1] \text{ e } \beta'_{ij} < 0, \beta'_{ik} < 0.$$

Se assumirmos  $8b\gamma - 2(3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^2 > 0$  <sup>(7)</sup>, então teremos  $\partial x^*/\partial \beta_{ij} < 0$  e  $\partial x^*/\partial \beta_{ik} < 0$ .  
Donde,  $(\partial x^*/\partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} > 0$  e  $(\partial x^*/\partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} > 0$ .

Este resultado é bastante intuitivo: à medida que a distância entre as empresas aumenta, o output de I&D de cada empresa individual será maior porque uma menor proporção dos seus resultados difundir-se-á para as suas rivais. Dois efeitos justificam este resultado. Por um lado, a relação inversa entre a distância entre as empresas e o *spillover* de I&D,

$\partial \beta / \partial d < 0$ , que deriva dos nossos pressupostos e pode ser encontrado, por exemplo, em Mai e Peng (1999) e Long e Soubeyran (1998). Por outro lado, a relação negativa entre o *spillover* de I&D e o *output* de I&D,  $\partial x / \partial \beta < 0$ . De facto, vários autores concluíram que se as empresas concorrerem em I&D, o seu output de I&D (ou despesa em I&D) é tanto maior quanto menor for o *spillover* de I&D.

D'Aspremont e Jacquemin (1988) concluíram que, na solução não-cooperativa, o output de I&D diminui com o *spillover* de I&D. Numa investigação extensa sobre o tópico *spillovers* e cooperação em I&D, Bondt (1997) concluiu que empresas rivais investem mais em I&D com *spillovers* baixos do que com *spillovers* elevados. Concluiu ainda que *spillovers* intra-industriais simétricos e positivos tendem a reduzir o incentivo para investimentos não-cooperativos em I&D. Poyago-Theotoky (1995) demonstrou que, se as empresas concorrem em I&D, o incentivo para desenvolver I&D é amplamente reduzido em presença de *spillovers* de I&D elevados porque os benefícios da I&D são, neste caso, comuns a todas as empresas.

No primeiro estágio, as empresas enfrentam a função lucro descrita na equação (4).

No jogo de localização, iremos centrar a nossa atenção na determinação da melhor escolha das empresas para diferentes formas da função *spillover*

#### EQUAÇÃO 4

$$\pi_i(q^*, x^*, d) = \frac{0.5\gamma(a-c)^2(8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^2)}{(8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})(1 + 2\beta_{ij} + 2\beta_{ik} - 2\beta_{jk}))^2}$$

<sup>6</sup> Uma solução interior é garantida para  $b\gamma > 5/8$ ,  $\forall \beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$ .

<sup>7</sup> Este pressuposto requer apenas que  $b\gamma > 2.25$ ,  $\forall \beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$ .

de I&D, abstraindo da concorrência espacial. Para tal, iremos considerar o problema de decisão de localização de uma empresa individual,  $i$ , num espaço convexo em que as empresas  $j$  e  $k$  já estão instaladas. Por outras palavras, a empresa  $i$  vai escolher  $d_{ij}$  e  $d_{ik}$ , dado  $d_{jk}$ .

Formalmente, a empresa  $i$  vai escolher a sua localização de acordo com a seguinte desigualdade triangular:

$$d_{ij} + d_{ik} \geq d_{jk}$$

Sendo as distâncias não-negativas, e dado  $d_{jk} \geq 0$ , vem:

$$d_{ik} \geq 0$$

$$d_{ij} \geq 0$$

Sem perda de generalidade, iremos considerar:

$$d_{ik} - d_{ij} \geq 0$$

Dado que  $d_{ik} - d_{ij} \geq 0$  e  $d_{ij} \geq 0$ , então  $d_{ik} \geq 0$  verifica-se sempre, pelo que esta restrição pode ser excluída.

A empresa  $i$  vai então resolver o seguinte problema:

$$\max_{d_{ij}, d_{ik} \in M} \pi_i(q^*, x^*, d)$$

$$s.t. \quad g^1(d) = d_{ij} + d_{ik} - d_{jk} \geq 0$$

$$g^2(d) = d_{ik} - d_{ij} \geq 0$$

$$g^3(d) = d_{ij} \geq 0$$

O Lagrangeano correspondente ao problema de maximização é definido por:

$$L(d, \lambda) = \pi_i(q^*, x^*, d) + \lambda_1(d_{ij} + d_{ik} - d_{jk}) + \lambda_2(d_{ik} - d_{ij}) + \lambda_3(d_{ij})$$

em que  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$  e  $d = (d_{ij}, d_{ik}, d_{jk})$ .

Aplicando as condições de Kuhn-Tucker vem:

$$\frac{\partial L(d, \lambda)}{\partial d_{ij}} = \frac{\partial \pi_i^*}{\partial \beta_{ij}} \frac{\partial \beta_{ij}}{\partial d_{ij}} + \lambda_1 - \lambda_2 + \lambda_3 = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial L(d, \lambda)}{\partial d_{ik}} = \frac{\partial \pi_i^*}{\partial \beta_{ik}} \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial d_{ik}} + \lambda_1 + \lambda_2 = 0 \quad (6)$$

sendo  $\lambda_1 \geq 0, \lambda_2 \geq 0, \lambda_3 \geq 0, g^1(d) \geq 0, g^2(d) \geq 0, g^3(d) \geq 0$  e  $\lambda_1(d_{ij} + d_{ik} - d_{jk}) = 0, \lambda_2(d_{ik} - d_{ij}) = 0, \lambda_3(d_{ij}) = 0$ .

Da equação (4) deduzimos as equações (7 e 8).

Dados os nossos pressupostos, temos,

$$\beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1] \text{ e } \beta'_{ij} < 0, \beta'_{ik} < 0.$$

Assumindo ainda  $8b\gamma(4 - 2.5\beta_{ij} - 2.5\beta_{ik} + \beta_{jk}) - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^3 > 0$  (<sup>8</sup>), então  $(\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} < 0$  e  $(\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} < 0$  (<sup>9</sup>).

Considerando o conjunto das escolhas de localização possíveis, vamos tentar avaliar a melhor escolha de localização para uma empresa entrante, assumindo, em primeiro lugar, que as empresas instaladas estão aglomeradas e em segundo lugar, que as empresas instaladas estão dispersas. Podemos então formular as seguintes proposições:

**Proposição 2:** Se duas empresas estão localizadas no mesmo ponto do espaço  $M$  e não é permitida qualquer forma de cooperação, então a melhor escolha de localização para uma empresa entrante é a aglomeração.

**Demonstração:** Seja  $d_{jk} = 0$ , isto é, as empresas  $j$  e

<sup>8</sup>  $8b\gamma(4 - 2.5\beta_{ij} - 2.5\beta_{ik} + \beta_{jk}) - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^3 > 0$  para  $\beta_{ij} + \beta_{ik} < 1.570$ , o que está de acordo com Amir (2000), que impõe que para garantir a consistência da natureza aditiva do processo *spillover*, é necessário que  $\beta < \beta^{\max} = (\sqrt{n+1})^{-1}$ .

<sup>9</sup> Investigação prévia neste tópico confirma estes resultados (Long e Soubeyran (1998) concluíram que  $\partial \pi_i / \partial \beta_{ij} > 0$  e  $\partial \pi_i / \partial \beta_{ik} > 0$ ).

EQUAÇÃO 7

$$\frac{\partial \pi_i^*}{\partial \beta_{ij}} \frac{\partial \beta_{ij}}{\partial d_{ij}} = \frac{2\gamma (a - c)^2 \left( 8b\gamma (4 - 2.5\beta_{ij} - 2.5\beta_{ik} + \beta_{jk}) - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^3 \right)}{(8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik}) (1 + 2\beta_{ij} + 2\beta_{ik} - 2\beta_{jk}))^3} \beta'_{ij}$$

EQUAÇÃO 8

$$\frac{\partial \pi_i^*}{\partial \beta_{ik}} \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial d_{ik}} = \frac{2\gamma (a - c)^2 \left( 8b\gamma (4 - 2.5\beta_{ij} - 2.5\beta_{ik} + \beta_{jk}) - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik})^3 \right)}{(8b\gamma - (3 - \beta_{ij} - \beta_{ik}) (1 + 2\beta_{ij} + 2\beta_{ik} - 2\beta_{jk}))^3} \beta'_{ik}$$

$k$  estão localizadas no mesmo ponto do espaço  $M$ . Nestas condições, podemos ter aglomeração ( $d_{ij} = d_{ik} = 0$ ) ou dispersão ( $d_{ij} = d_{ik} > 0$ ). Para  $d_{ij} = d_{ik}$ , então  $(\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} = (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} < 0$  e logo, a melhor escolha da empresa  $i$  é localizar-se o mais próximo possível de ambas as empresas instaladas.

Note-se que, dado  $d_{jk} = 0$  e  $\beta'_{ij} = \beta'_{ik} < 0$ , então a empresa entrante prefere sempre reduzir a distância em relação a ambas as empresas instaladas de modo a beneficiar de máximos *spillovers*. Interessa agora determinar qual a melhor escolha da empresa entrante se as empresas instaladas estiverem dispersas no espaço.

**Proposição 3:** Se duas empresas estão dispersas no espaço  $M$  e não é permitida qualquer forma de cooperação, então a melhor escolha de localização para uma empresa entrante é no segmento de recta que une as localizações das empresas instaladas, isto é:

$$d_{ij} + d_{ik} = d_{jk}$$

**Demonstração:** Suponhamos que a proposição é falsa, isto é, suponhamos que a empresa  $i$  escolhe localizar-se no vértice de um triângulo. Neste caso,  $g^1(d)$  é não-activa e  $\lambda_1 = 0$ . Logo, podemos ter uma das

seguintes situações: (a)  $d_{ik} = d_{ij}$  ou (b)  $d_{ik} > d_{ij}$ .

(a) Se  $d_{ik} = d_{ij}$ , então  $g^2(d)$  é activa e as restantes restrições são não-activas. Logo, as condições Kuhn-Tucker vêm:

$$(5) (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} = \lambda_2 \geq 0$$

$$(6) (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} = -\lambda_2 \leq 0$$

sendo incompatíveis com (7) e (8).

(b) Se  $d_{ik} > d_{ij}$ , todas as restrições são não-activas e as condições Kuhn-Tucker vêm:

$$(5) (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} = 0$$

$$(6) (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} = 0$$

sendo incompatíveis com (7) e (8).

Esta proposição é bastante intuitiva: sendo o *spillover* uma função decrescente da distância física entre as empresas, então a empresa  $i$  tentará localizar-se o mais próximo possível de ambas as empresas, e logo, localizar-se-á no segmento de recta que une

as duas empresas instaladas. A localização exacta é definida na proposição seguinte:

**Proposição 4:** *Se duas empresas estão dispersas num espaço convexo  $M$  e não é permitida qualquer forma de cooperação, então a melhor escolha de localização para uma empresa entrante depende da forma da função spillover:*

(i) *Se  $\beta$  é uma função estritamente côncava da distância entre as empresas, então a empresa entrante irá localizar-se exactamente no ponto médio entre as duas empresas instaladas;*

(ii) *Se  $\beta$  é uma função linear da distância entre as empresas, então qualquer localização no segmento de recta que une as duas empresas instaladas é possível;*

(iii) *Se  $\beta$  é uma função estritamente convexa da distância entre as empresas, então a empresa entrante irá localizar-se no mesmo ponto que uma das empresas instaladas.*

**Demonstração:** Da proposição anterior, temos que  $d_{ij} + d_{ik} = d_{jk}$ . Nestas circunstâncias, podemos ter uma das seguintes localizações mutuamente exclusivas:

(a) A empresa  $i$  localiza-se no mesmo ponto que a empresa  $j$  e afastada da empresa  $k$

Neste caso,  $d_{ij} = 0$ , donde  $g^1(d)$  e  $g^3(d)$  são activas. As condições Kuhn-Tucker vêm:

$$(5) (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ij})\beta'_{ij} = -\lambda_1 - \lambda_3 \leq 0$$

$$(6) (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ik})\beta'_{ik} = -\lambda_1 \leq 0$$

estando de acordo com (7) e (8).

Fazendo alguns cálculos simples, temos:

$$[(5)-(6)] (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ij})\beta'_{ij} - (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ik})\beta'_{ik} = -\lambda_3 \leq 0$$

$$\begin{aligned} [(7)-(8)] (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ij})\beta'_{ij} - (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ik})\beta'_{ik} &= \\ &= \frac{2\gamma(a-c)^2(8b\gamma(4-2.5\beta_{ij}-1.5\beta)-(3-\beta_{ij}-\beta)^3)}{(8b\gamma-(3-\beta_{ij}-\beta_{ik})(1+2\beta_{ij}+2\beta_{ik}-2\beta_{jk}))^3} (\beta'_{ij} - \beta'_{ik}) \end{aligned}$$

que são apenas compatíveis para uma função spillover linear ou convexa.

(b) A empresa  $i$  localiza-se no segmento de recta que une  $j$  e  $k$  mas mais próxima de  $j$

Neste caso,  $0 < d_{ij} < d_{ik}$ , sendo apenas  $g^1(d)$  activa. As condições Kuhn-Tucker vêm:

$$(5) (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ij})\beta'_{ij} = -\lambda_1 \leq 0$$

$$(6) (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ik})\beta'_{ik} = -\lambda_1 \leq 0$$

que estão de acordo com (7) e (8). Temos ainda que:

$$[(5)-(6)] (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ij})\beta'_{ij} - (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ik})\beta'_{ik} = 0$$

$$\begin{aligned} [(7)-(8)] (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ij})\beta'_{ij} - (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ik})\beta'_{ik} &= \\ &= \frac{2\gamma(a-c)^2(8b\gamma(4-2.5\beta_{ij}-2.5\beta_{ik}+\beta_{jk})-(3-\beta_{ij}-\beta_{ik})^3)}{(8b\gamma-(3-\beta_{ij}-\beta_{ik})(1+2\beta_{ij}+2\beta_{ik}-2\beta_{jk}))^3} (\beta'_{ij} - \beta'_{ik}) \end{aligned}$$

que são apenas compatíveis para uma função spillover linear.

(c) A empresa  $i$  localiza-se exactamente no ponto médio do segmento de recta que une  $j$  e  $k$

Neste caso,  $d_{ij} = d_{ik} > 0$  e então  $g^1(d)$  e  $g^2(d)$  são activas. As condições Kuhn-Tucker vêm:

$$(5) (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ij})\beta'_{ij} = -\lambda_1 + \lambda_2$$

$$(6) (\partial\pi_i^*/\partial\beta_{ik})\beta'_{ik} = -\lambda_1 - \lambda_2 \leq 0$$



que estão de acordo com (5) e (6). Temos ainda que:

$$[(5)-(6)] (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} - (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} = 0$$

$$[(7)-(8)] (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} - (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} = \\ = \frac{2\gamma(a-c)^2(8b\gamma(4-5\beta+\beta_{jk})-(3-2\beta)^3)}{(8b\gamma-(3-2\beta)(1+4\beta-2\beta_{jk}))^3} (\beta'_{ij} - \beta'_{ik})$$

que são compatíveis para qualquer forma da função *spillover*.

É assim possível concluir que a empresa entrante irá localizar-se junto de uma das empresas instaladas sempre que a função *spillover* de I&D for linear ou convexa na distância física entre as empresas. Por outro lado, se a função *spillover* for estritamente côncava, então não se observa qualquer

aglomeração, dado que a empresa entrante prefere sempre localizar-se no ponto médio entre as duas empresas instaladas. Esta conclusão é justificada pela forma da função *spillover*:

(i) Se a função *spillover* é linear na distância, então é indiferente para a empresa *i* aglomerar-se ou não com uma das empresas instaladas, dado que qualquer localização resulta no mesmo efeito *spillover* total (ver figura 1).

(ii) Se a função *spillover* é côncava, então a localização no ponto médio entre as empresas instaladas é a melhor escolha pois garante o máximo efeito *spillover* total para a empresa *i* (ver figura 2).

FIGURA 1

Efeito *spillover* total da empresa *i* com uma função *spillover* linear

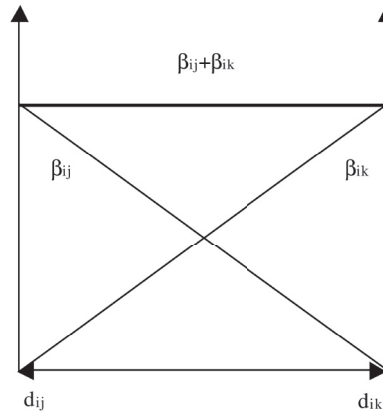


FIGURA 2

Efeito *spillover* total da empresa *i* com uma função *spillover* côncava

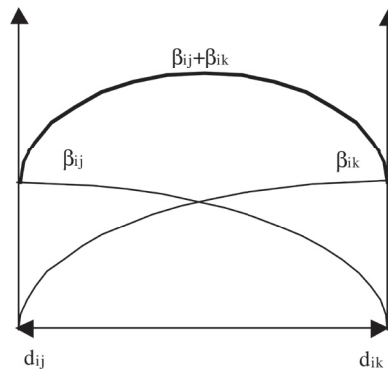
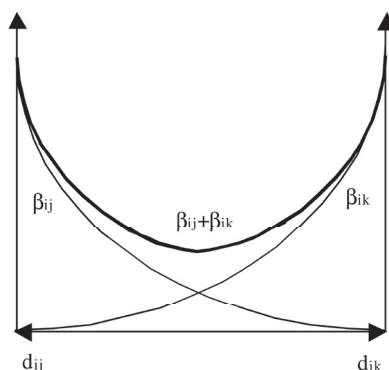


FIGURA 3

Efeito *spillover* total da empresa *i* com uma função *spillover* convexa

(iii) Finalmente, se a função *spillover* é convexa, então a melhor escolha para a empresa *i* é aglomerar-se com uma das empresas, pois tal garante o máximo efeito *spillover* total para a empresa *i* (ver figura 3).

Os nossos resultados permitem-nos concluir que a melhor estratégia de localização para uma empresa entrante depende da forma da função *spillover*. No entanto, se considerarmos que as empresas escolhem as suas localizações sequencialmente, então o resultado será sempre um equilíbrio de aglomeração, ainda que este seja atingido mais rapidamente se a função *spillover* for convexa na distância. De facto, se a função *spillover* for convexa, então a primeira empresa escolhe a sua localização e depois, sequencialmente, todas as outras empresas localizar-se-ão junto da primeira, sendo o resultado a aglomeração plena. Se a função *spillover* for côncava na distância, então a empresa entrante localiza-se entre as duas instaladas e sequencialmente, cada uma das outras empresas irá localizar-se no ponto médio entre as outras empresas. No final, todas as empresas ficarão aglomeradas num único ponto do espaço, ainda que o processo de aglomeração seja mais lento quando a função *spillover* é côncava na distância. Em alternativa, se considerarmos que todas as empresas escolhem as suas localizações simultaneamente, então todas elas antecipam que

a melhor resposta de cada uma das empresas é no ponto médio entre as instaladas se a função *spillover* for côncava ou no mesmo local de uma das instaladas se a função *spillover* for convexa. Em qualquer um dos casos, mas mais rapidamente para uma função *spillover* convexa, o resultado será um equilíbrio de aglomeração.

**Proposição 5:** Num jogo não cooperativo com *spillovers* de I&D sensíveis à distância, se todas as empresas escolherem as suas localizações simultaneamente ou sequencialmente, então o equilíbrio de Nash perfeito nos subjogos é a aglomeração.

## 2.2 COOPERAÇÃO EM I&D

A cooperação em I&D pode envolver diferentes dimensões e estar organizada segundo diferentes modelos. Em geral, cooperação em I&D refere-se à cartelização da I&D, isto é, coordenação de despesas em I&D de forma a maximizar o lucro conjunto. Na literatura é, em geral, assumido que os acordos de cooperação envolvem a indústria como um todo (D'Aspremont e Jacquemin (1988), Kamien *et al* (1992), Suzumura (1992) e Vonortas (1994)), ainda que em alguns casos se analise a cooperação entre um subgrupo de empresas de uma



dada indústria (Poyago-Theotoky (1995)). Em geral, a dimensão do cartel de I&D é exógena, embora alguns artigos tentem endogeneizá-la (Katz (1986) e Atallah (2001)). Para além da cartelização da I&D, as empresas podem também acordar entre si um aumento do spillover interno ao cartel. No limite, a partilha dos resultados da I&D pode ser total, cenário este descrito por Kamien *et al* (1992) como um cartel de Research Joint Venture (RJV). Em geral, o grau de partilha de informação entre as empresas cooperantes é exógeno, ainda que em alguns artigos seja de alguma forma endogeneizado (Katsoulacos e Ulph (1998), Poyago-Theotoky (1999), Piga e Poyago-Theotoky (2001) e Amir *et al* (2003)).

Neste artigo, iremos assumir que um subgrupo de empresas coopera e forma um cartel de I&D enquanto que a cooperação na decisão de localização ou no estágio de produção não é permitida. Iremos ainda assumir que a cooperação em I&D envolve quer a cartelização da I&D, quer ainda o aumento da partilha de informação entre as empresas cooperantes. Formalmente, isto implica um acréscimo do *spillover* através de um coeficiente  $\delta \geq 1$ , tal que  $\delta \beta \leq 1$ . Através desta aproximação, pretende-se separar o efeito da decisão de localização das empresa ( $\beta$ ) do efeito da decisão de cooperação ( $\delta$ ) sobre o *spillover* total,  $\delta\beta$ . Tendo em consideração a tipologia de Kamien *et al* (1992), teremos no caso de um cartel de RJV,  $\delta\beta = 1$ , enquanto que para o caso de cartel de I&D, teremos  $\delta = 1$  e  $\delta\beta = \beta$ .

Considere-se que as empresas  $i$  e  $j$  decidem cooperar em I&D. Os custos unitários de produção vêm então:

$$c_i = c - x_i - \delta\beta_{ij}x_j - \beta_{ik}x_k$$

$$c_j = c - x_j - \delta\beta_{ij}x_i - \beta_{jk}x_k$$

$$c_k = c - x_k - \beta_{ik}x_i - \beta_{jk}x_j$$

em que  $\delta\beta_{ij} \leq 1$

A função lucro do segundo estágio é definida na equação 9, em que  $d=(d_{ij}, d_{ik}, d_{jk})$  e  $x=(x_i, x_j, x_k)$ .

No estágio de I&D, as empresas que cooperam em I&D escolhem o *output* de I&D de forma a maximizar o lucro do cartel, enquanto que as empresas não-cooperantes maximizam o lucro individual:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} [\pi_i(q^*, x, d) + \pi_j(q^*, x, d)] = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x_k} [\pi_k(q^*, x, d)] = 0$$

Impondo a simetria entre empresas cooperantes ( $x_i = x_j = x = \text{output de I\&D de uma empresa cooperante}$ ) e empresas não-cooperantes ( $x_k = y = \text{output de I\&D de uma empresa}$

#### EQUAÇÃO 9

$$\pi_i(q^*, x, d) = \frac{(a-c+(3-\delta\beta_{ij}-\beta_{ik})x_i+(3\delta\beta_{ij}-\beta_{jk}-1)x_j+(3\beta_{ik}-\beta_{jk}-1)x_k)^2}{16b} - 0.5\gamma x_i^2$$

não-cooperante) e resolvendo para  $x$  e  $y$  obtemos o *output* de I&D de equilíbrio<sup>10</sup>) (ver equação 10).

Na literatura sobre cooperação em I&D é, em geral, evidenciado que o *output* de I&D de cooperação é superior ao de concorrência quando os spillovers de I&D são elevados dado que, neste caso, a duplicação de recursos é evitada (Katsoulacos e Ulph (1998), Bondt e Henriques (1995), Steurs (1995) e Bondt (1997)).

Recorrendo a algumas simulações para o *output* de I&D de equilíbrio de empresas cooperantes e não-cooperantes é possível confirmar aquela evidência (ver figuras 4, 5 e 6).

Logo, para o cenário de cartel de RJV ( $\delta\beta_{ij} = 1$ ), o *output* de I&D para as empresas cooperantes é sempre superior ao *output* de I&D para as empresas não-cooperantes. No entanto, se a partilha de

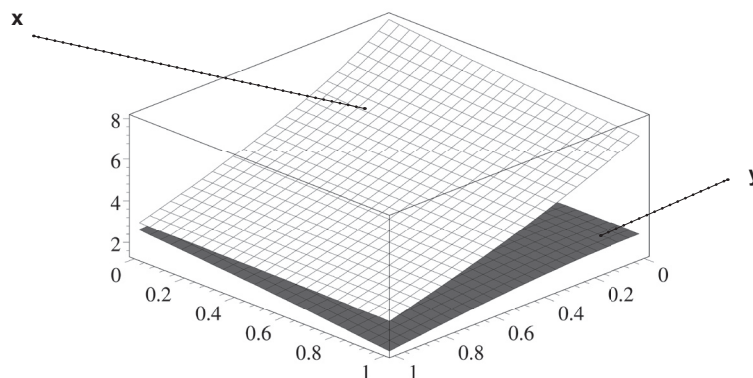
#### EQUAÇÃO 10

$$x^* = [(a - c)(4b\gamma(1 - \beta_{ik} + \delta\beta_{ij}) - (3 - \beta_{ik} - \beta_{jk})(\beta_{ik}^2 - 5\beta_{ik} + \delta\beta_{ij}\beta_{ik} + \beta_{ik}\beta_{jk} + \beta_{jk} + 2\delta\beta_{ij} - 3\delta\beta_{ij}\beta_{jk} + 2))]/[2b\gamma(8b\gamma - 13 + 12\beta_{ik} + 8\beta_{jk} - 8\delta\beta_{ij} - 4\beta_{ik}\beta_{jk} + 6\delta\beta_{ij}\beta_{ik} + 2\delta\beta_{ij}\beta_{jk} - 3\beta_{ik}^2 - \beta_{jk}^2 - 4\delta^2\beta_{ij}^2) + (-3 + \beta_{ik} + \beta_{jk})(-\beta_{ik}^3 - 5\delta\beta_{ij}\beta_{ik}^2 - 2\beta_{ik}^2\beta_{jk} + 7\beta_{ik}^2 + 2\beta_{ik}\beta_{jk} + 4\delta^2\beta_{ij}^2\beta_{ik} + 2\delta\beta_{ij}\beta_{ik} - 4\delta^2\beta_{ij}^2\beta_{jk} + 2\delta\beta_{ij}\beta_{ik}\beta_{jk} - \beta_{ik}\beta_{jk}^2 + 7\delta\beta_{ij}\beta_{jk}^2 - 2\delta^2\beta_{ij}^2 - 2 + 4\beta_{jk} - 4\delta\beta_{ij} - 5\beta_{jk}^2 - 2\beta_{ik})]$$

$$y^* = [2(a - c)(3 - \beta_{ik} - \beta_{jk})(b\gamma - (1 - \beta_{ik} + \delta\beta_{ij})(\delta\beta_{ij} - \beta_{jk} + 1 - \beta_{ik}))]/[2b\gamma(8b\gamma - 13 + 12\beta_{ik} + 8\beta_{jk} - 8\delta\beta_{ij} - 4\beta_{ik}\beta_{jk} + 6\delta\beta_{ij}\beta_{ik} + 2\delta\beta_{ij}\beta_{jk} - 3\beta_{ik}^2 - \beta_{jk}^2 - 4\delta^2\beta_{ij}^2) + (-3 + \beta_{ik} + \beta_{jk})(-\beta_{ik}^3 - 5\delta\beta_{ij}\beta_{ik}^2 - 2\beta_{ik}^2\beta_{jk} + 7\beta_{ik}^2 + 2\beta_{ik}\beta_{jk} + 4\delta^2\beta_{ij}^2\beta_{ik} + 2\delta\beta_{ij}\beta_{ik} - 4\delta^2\beta_{ij}^2\beta_{jk} + 2\delta\beta_{ij}\beta_{ik}\beta_{jk} - \beta_{ik}\beta_{jk}^2 + 7\delta\beta_{ij}\beta_{jk}^2 - 2\delta^2\beta_{ij}^2 - 2 + 4\beta_{jk} - 4\delta\beta_{ij} - 5\beta_{jk}^2 - 2\beta_{ik})]$$

FIGURA 4

Output de I&D de equilíbrio para empresas cooperantes ( $x$ ) e não cooperantes ( $y$ ) quando  $\delta\beta=1$  ( $b=1$ ,  $\gamma=5$ ).



<sup>10</sup> A condição de segunda ordem implica  $b\gamma > 5/4, \forall \beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$  e  $\delta\beta_{ij} \leq 1$ . A condição suficiente para a existência e estabilidade do equilíbrio implica  $b\gamma > 5/2, \forall \beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$  e  $\delta\beta_{ij} \leq 1$

FIGURA 5

Output de I&D de equilíbrio para empresas cooperantes (x) e não cooperantes (y) quando  $\delta=1$  e  $\beta_{ik} = \beta_{jk}$  ( $b=1, \gamma=5$ ).

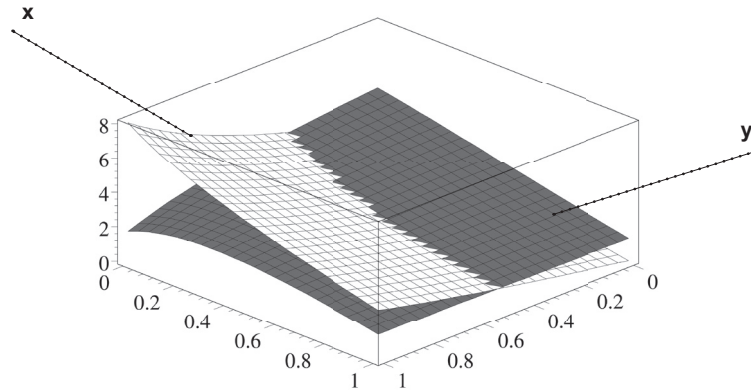
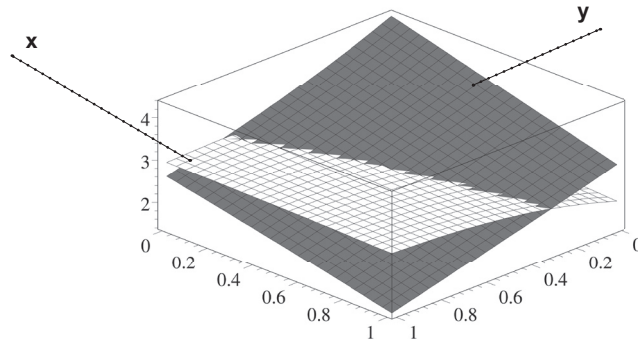


FIGURA 6

Output de I&D de equilíbrio para empresas cooperantes (x) e não cooperantes (y) quando  $\delta=1$  e  $\beta_{ij} = \beta_{ik}$  ( $b=1, \gamma=5$ ).



informação entre as empresas cooperantes não aumentar ( $\delta = 1$ ) e centrado a análise nos casos de aglomeração ( $\beta_{ik} = \beta_{jk}$ ) e dispersão ( $\beta_{ij} = \beta_{ik}$ ), então o *output* de I&D de equilíbrio das empresas cooperantes é superior ao das empresas não-cooperantes apenas se o *spillover* entre as empresas cooperantes for elevado.

Avaliemos agora como varia o output de I&D com a distância entre as empresas:

**Proposição 6:** Se um subgrupo de empresas coopera em I&D, então o seu output de I&D de equilíbrio será tanto mais elevado quanto maior a partilha de informação e menor a distância física entre elas.

**Demonstração:** De acordo com os nossos pressupostos,  $\beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$ ,  $\beta'_{ij} < 0$ ,  $\beta'_{ik} < 0$  e  $\delta\beta_{ij} \leq 1$ . Então, para  $b\gamma > 2.5328$ , temos  $\partial x / \partial \delta = \partial x / \partial \beta_{ij} > 0$  e então  $(\partial x / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} < 0$ .

Estes resultados são bastante intuitivos e evidenciados na literatura. De facto, e deixando de lado a relação inversa entre a distância entre as empresas e os *spillovers* de I&D, a relação positiva entre o *output* de I&D e o *spillover* entre as empresas cooperantes está bem documentada na literatura relacionada. Em particular, Kamien *et al* (1992) demonstraram que o *output* de I&D efectivo é superior no caso do cartel de RJV, em que  $\delta\beta = 1$ , quando comparado com o cartel de I&D, em que  $\delta\beta = \beta$ . Comparando ambos os modelos de cartelização, Vonortas (1994) concluiu que o cartel de RJV é mais eficaz que o cartel de I&D no que respeita à performance das empresas cooperantes quando comparado com o modelo não cooperativo. Em particular, ele observou que no cenário de cartel de RJV, os membros do cartel investem mais que no cenário de cartel de I&D, mesmo quando ambos investem menos que no modelo não cooperativo. Bondt (1997) concluiu ainda que os investimentos em I&D são tipicamente estimulados por *spillovers* elevados.

O corolário seguinte completa a proposição anterior:

**Corolário 1:** *O output de I&D de equilíbrio das empresas cooperantes será tanto mais elevado quanto maior a distância física relativamente às empresas não-cooperantes.*

**Demonstração:** De acordo com os nossos pressupostos,  $\beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$ ,  $\beta'_{ij} < 0$ ,  $\beta'_{ik} < 0$  e  $\delta\beta_{ij} \leq 1$ .

Então, para  $b\gamma > 2.6768$ , temos

$\partial x / \partial \delta = \partial x / \partial \beta_{ij} > 0$ . Do mesmo modo, para  $b\gamma > 2.5328$ , temos  $(\partial x / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} < 0$ .

De facto, se tivermos em consideração a distância entre as empresas cooperantes e as não-cooperantes, então a proposição 1 permanece válida, sendo ainda de esperar que o *output* de I&D da empresa não-cooperante aumente com a distância entre as empresas não-cooperantes e cooperantes. Este comportamento é justificado pela necessidade de evitar que os resultados da I&D se difundam a custo zero para as empresas concorrentes.

No primeiro estágio, as empresas enfrentam a função lucro descrita na equação 11).

Na decisão de localização, iremos novamente considerar o problema da escolha de localização de uma empresa  $i$  num espaço  $M$  em que as empresas  $j$  e  $k$  estão instaladas.

Note-se que não é permitida a cooperação no estágio de localização, pelo que a formulação do problema é muito idêntica ao cenário de concorrência em I&D:

#### EQUAÇÃO 11

$$\pi_i(q^*, x^*, y^*, d) = \frac{(a - c + (2 + 2\delta\beta_{ij} - \beta_{ik} - \beta_{jk})x^* + (3\beta_{ik} - \beta_{jk} - 1)y^*)^2}{16b} - 0.5\gamma(x^*)^2$$



$$\max_{d_{ij}, d_{ik} \in M} \pi_i(q^*, x^*, y^*, d)$$

$$s.t. \quad g^1(d) = d_{ij} + d_{ik} - d_{jk} \geq 0$$

$$g^2(d) = d_{ik} - d_{ij} \geq 0$$

$$g^3(d) = d_{ij} \geq 0$$

Aplicando as condições Kuhn-Tucker ao Lagrangeano obtemos expressões idênticas a (5) e (6). Então, para  $\beta'_{ij} < 0$ ,  $\beta'_{ik} < 0$ ,  $\beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$ ,  $\delta \geq 1$ ,  $\delta\beta_{ij} \leq 1$  e assumindo  $b\gamma > 2.5328$ , vem:

$$\frac{\partial \pi^*}{\partial \beta_{ij}} \frac{\partial \beta_{ij}}{\partial d_{ij}} < 0 \quad (12)$$

$$\frac{\partial \pi^*}{\partial \beta_{ik}} \frac{\partial \beta_{ik}}{\partial d_{ik}} \leq 0 \quad (13)$$

Após avaliar o conjunto das escolhas de localização possíveis, concluímos que as proposições 2 e 3 continuam válidas, pelo que as suas demonstrações serão omitidas:

**Proposição 7:** *Se duas empresas estão localizadas no mesmo ponto do espaço M e é permitida a cooperação em I&D, então a melhor escolha de localização para uma empresa entrante-cooperante é aglomeração.*

**Proposição 8:** *Se duas empresas estão dispersas no espaço M e é permitida a cooperação em I&D, então a melhor escolha de localização para uma empresa entrante-cooperante é no segmento de recta que une as localizações das empresas instaladas, isto é:*

$$d_{ij} + d_{ik} = d_{jk}$$

A localização exacta da empresa entrante-cooperante é definida na proposição seguinte:

**Proposição 9:** *Se duas empresas pretendem cooperar em I&D através de um cartel de I&D e do aumento da partilha de informação, então a aglomeração é sempre observada.*

**Demonstração:** Suponhamos que a proposição é falsa, isto é, suponhamos que a empresa  $i$  escolhe localizar-se exactamente no ponto médio entre as empresas instaladas  $j$  e  $k$ , de tal forma que  $d_{ij} = d_{ik}$  e  $d_{ij} + d_{ik} = d_{jk} > 0$ . As condições Kuhn-Tucker vêm então:

$$(5) \quad (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} = -\lambda_1 + \lambda_2$$

$$(6) \quad (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} = -\lambda_1 - \lambda_2 \leq 0$$

o que está de acordo com (12) e (13). No entanto, recorrendo a simples cálculos aritméticos, temos:

$$[(5)-(6)] \quad (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} - (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} = 2\lambda_2 \geq 0$$

sendo  $\beta_{ij}, \beta_{ik}, \beta_{jk} \in [0, 1]$  e assumindo  $b\gamma > 2.5328$ , temos, para  $\delta > 1$ ,  $\delta\beta_{ij} \leq 1$  e:

$$[(12)-(13)] \quad (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) \beta'_{ij} - (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \beta'_{ik} < 0$$

contradizendo as condições de Kuhn-Tucker.

Tal como era previsível, a cooperação em I&D afecta a decisão das empresas quanto à sua localização. Assim, se existir uma maior partilha de informação entre as empresas cooperantes no âmbito de um cartel de I&D, então a empresa entrante-cooperante irá localizar-se sempre junto da empresa instalada-cooperante para qualquer

forma da função *spillover*. No entanto, para atingir este resultado é necessário um acréscimo da partilha de informação entre as empresas cooperantes. De facto, se assumirmos  $\delta = 1$ , então  $(\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ij}) - (\partial \pi_i^* / \partial \beta_{ik}) \geq 0$ , pelo que a escolha da dispersão não pode ser eliminada.

## CONCLUSÕES

A investigação empírica confirma, em geral, a forte propensão para a aglomeração de actividades interrelacionadas, sendo tal justificado pela existência de *spillovers* do conhecimento (Jaffe et al (1993), Audretsch e Feldman (1996), entre outros). Para além disso, a proximidade entre os agentes é frequentemente apontada como uma explicação para a emergência de comportamentos cooperativos entre empresas ou entre universidades e empresas (Varga (2000), Arundel e Geuna (2001) e Carrincazeaux et al (2001)).

Inspirados em diversos resultados empíricos, pretendemos neste artigo avaliar se a decisão das empresas quanto à sua localização se altera quando as empresas cooperam ou concorrem em I&D. Recorrendo a um jogo entre três empresas, das quais duas cooperam em I&D, foi possível concluir que a aglomeração de empresas ocorre sempre se as empresas cooperarem em I&D. De facto, foi possível demonstrar que se as empresas concorrem em I&D, a empresa entrante aglomerar-se-á se a função *spillover* for convexa na distância entre as empresas. Por outro lado, se a empresa entrante pretender cooperar com uma das empresas instaladas, então a entrante irá sempre localizar-se junto da instalada-cooperante se existir um acréscimo da partilha de informação entre ambas. Em qualquer um dos cenários, se as duas empresas instaladas se localizarem no mesmo ponto do espaço, então a aglomeração é sempre observada.

Os nossos resultados dizem também respeito ao output de I&D de equilíbrio, tendo concluído que se as empresas concorrerem em I&D, então o output de I&D de equilíbrio é tanto maior quanto maior for a distância entre as empresas. A intuição para este resultado é bastante simples: à medida que a distância entre as empresas aumenta, o output de I&D aumenta porque uma menor proporção dos seus resultados se difunde para as outras empresas. No entanto, se as empresas cooperarem em I&D, então o output de I&D de equilíbrio aumenta com o grau de partilha de informação entre elas, bem como com a proximidade entre as empresas cooperantes e o afastamento relativamente às empresas não-cooperantes. No que diz respeito ao output de equilíbrio para as empresas não-cooperantes, o resultado é idêntico ao cenário de concorrência em I&D.

A investigação futura sobre o tópico de empresas e cooperação em I&D poderá prosseguir em diversas direcções. Um linha de investigação possível é introduzir incerteza no que diz respeito aos *spillovers* de I&D e avaliar o seu impacto nas decisões das empresas quanto à localização e *output* da I&D. Outra possibilidade é introduzir custos de transporte positivos e avaliar os equilíbrios de localização no âmbito dos modelos de concorrência espacial com cooperação/concorrência em I&D. Finalmente, a investigação poderá ainda prosseguir na determinação do impacto da proximidade entre empresas sobre o grau de partilha de informação quando as empresas cooperam em I&D.

## BIBLIOGRAFIA

- Amir, R. (2000), "Modelling imperfectly appropriable R&D via *spillovers*", *International Journal of Industrial Organization*, 18 (7), 1013-1032
- Amir, R. e I. Evstigneer e J. Wooders (2003), "Noncooperative versus cooperative R&D with endogenous spillover rates", *Games and Economic Behaviour*, 42, 183-207
- Amir, R. e J. Wooders (2000), "One-way spillovers, Endogenous Innovator/Imitator Roles and Research Joint Ventures", *Games e Economic Behaviour*, 31, 1-25
- Arundel, A. e A. Geuna (2001), "Does proximity matter for knowledge transfer from public institutes and universities to firms?", SPRU, Working paper 73
- Atallah, G. (2001), "Information sharing and the stability of cooperation in research joint ventures", EARIE Conference, May, Dublin
- Audretsch, D. B. e M. P. Feldman (1996), "R&D spillovers and the geography of innovation and production", *American Economic Review*, 86 (3), 630-640
- Baranes, E. e J.-P. Ropeano (2000), "Why technological spillovers are spatially bounded? A theoretical approach", CREST-INSEE, Working paper 2000-48
- Belleflamme, P., P. Picard e J.-F. Thisse (2000), "An economic theory of regional clusters", *Journal of Urban Economics*, 48 (1), 158-184
- De Bondt, R. (1997) "Spillovers and innovative activities", *International Journal of Industrial Organization*, 15 (1), 1-28
- De Bondt, R. e I. Henriques (1995), "Strategic investment with asymmetric spillovers", *Canadian Journal of Economics*, 28 (3), 656-674
- Carrincazeaux, C., Y. Lung e A. Rallet (2001), "Proximity and localisation of corporate R&D activities", *Research Policy*, 30, 777-789
- Cassiman, B. (1997), "Research Joint Ventures and Optimal R&D Policy with Asymmetric Information", Universitat Pompeu Fabra, Economics Working Paper 263
- D'Aspremont, C., J. J. Gabzewics e J.-F. Thisse (1979), "On Hotelling's stability in competition", *Econometrica*, 47, 5, 1045-1050
- D'Aspremont, C. e A. Jacquemin (1988), "Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with spillovers", *American Economic Review*, 78 (5), 1133-37
- Friedman, J. W. e J.-F. Thisse (1993), "Partial collusion fosters minimum product differentiation", *Rand Journal of Economics*, 24 (4), 631-645
- Fujita, M. e J.-F. Thisse (1996), "Economics of Agglomeration", *Journal of the Japanese and International Economics*, 10, 339-378
- Henriques, I. (1990), Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with spillovers: Comment", *American Economic Review*, 80, 638-640
- Hotelling, H. (1929), "Stability in Competition", *Economic Journal*, 39, 41-57
- Jaffe, A. B., M. Trajtenberg e R. Henderson (1993), "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations", *Quarterly Journal of Economics*, 108 (3), 577-598
- Kamien, M. I., E. Muller e I. Zang (1992), "Research Joint Ventures and R&D Cartels", *American Economic Review*, 82 (5), 1293-1306
- Kamien, M. I. e I. Zang (2000), "Meet me halfway: research joint ventures and absorptive capacity", *International Journal of Industrial Organization*, 18 (7), 995-1012
- Katsoulacos, Y. e D. Ulph (1998), "Endogenous spillovers and the performance of research joint ventures", *Journal of Industrial Economics*, XLVI (3), 333-357
- Katz, M. L. (1986), "An analysis of cooperative Research e Development", *Rand Journal of Economics*, 17, 527-543
- Long, N. G. e A. Soubeyran (1998), "R&D spillovers and location choice under Cournot rivalry", *Pacific Economic Review*, 3 (2), 105-119
- Mai, C.-C. e S.-K. Peng (1999), "Cooperation vs. competition in a spatial model", *Regional Science e Urban Economics*, 29 (4), 463-472
- Marshall, A. (1920 [1890]), *Principles of Economics*, Macmillan, London (UK), eighteen ed.
- De Palma, A., V. Ginsburgh, Y. Y. Papageorgiou e J.-F. Thisse (1985), "The principle of minimum differentiation holds under sufficiently heterogeneity", *Econometrica*, 53, 767-781
- Piga, C. e J. Poyago-Theotoky (2001), "Shall we meet half-away? Endogenous spillovers and locational Choice", EARIE Conference, Dublin
- Poyago-Theotoky, J. (1995), "Equilibrium and optimal size of a research joint venture in a oligopoly with spillovers", *Journal of Industrial Economics*, XLIII (2), 208-226
- Poyago-Theotoky, J. (1999), "A Note on Endogenous spillovers in a Non-Tournament R&D Duopoly", *Review of Industrial Organization*, 15, 253-262
- Schultz, N. e K. Stahl (1996), "Do consumers search for the highest price? Equilibrium and monopolistic optimum in differentiated products markets", *Rand Journal of Economics*, 27, 542-562
- Soubeyran, A. e J.-F. Thisse (1999), "Learning-by-doing and the development of industrial districts", *Journal of Urban Economics*, 45 (1), 156-176
- Soubeyran, A. e S. Weber (2002), "District formation and local social capital: a (tacit) co-ompetition approach", *Journal of Urban Economics*, 52 (1), 65-92
- Steurs, "Inter-industry R&D spillovers: What difference do they make?", *International Journal o Industrial Organization*, 13 (2), 249-276
- Suzumura, K. (1992), "Cooperative and Noncooperative R&D in an Oligopoly with *spillovers*", *American Economic Review*, 82 (5), 1307-1320
- Varga, A. (2000), "Local academic knowledge transfers and the concentration of economic activity", *Journal of Regional Science*, 40 (2), 289-309
- Vonortas, N. S. (1994), "Inter-firm cooperation with imperfectly appropriable research", *Intemational Journal of Industrial Organization*, 12 (3), 413-435