

Intensidade em Pesquisa e Desenvolvimento e Tamanho da Firma: Uma Análise Exploratória do Caso Brasileiro

Marcelo Resende
Lia Hasenclever

IE/UFRJ
IE/UFRJ

RESUMO

O objetivo deste estudo é fazer uma análise exploratória da relação entre intensidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e tamanho da empresa para um conjunto de empresas brasileiras nos anos de 1993 e 1994, bem como para os setores industriais mais representativos deste conjunto, utilizando-se a metodologia de transformação do ranking conforme aplicada por Holmes et alii (1991). Os resultados são compatíveis com aqueles encontrados para as empresas americanas no ano de 1985, sugerindo que a intensidade de P&D é negativamente correlacionada com o tamanho da firma. Já para a análise dos setores selecionados, verificaram-se algumas diferenças que podem ser atribuídas às distintas metodologias de segmentação da indústria utilizadas ou às características estruturais específicas destes setores industriais brasileiros.

PALAVRAS-CHAVE

pesquisa e desenvolvimento, tamanho da firma

ABSTRACT

The purpose of the present paper is to undertake an exploratory analysis of the relationship between research and development (R&D) intensity and firm size for a group of Brazilian firms for the years of 1993 and 1994, and also for the most representative industrial sectors. In this sense, we make use of the rank transform methodology as applied by Holmes et. Alii (1991). The results are compatible with the ones obtained for American firms for 1985, suggesting that there is a negative relationship between R&D intensity and firm size. From the sectoral analysis, some differences were verified, such contrasts are attributable to distinct methodologies of industry stratification or to specific structural characteristics of those industrial sectors in Brazil.

KEY WORDS

research and development, firm size

INTRODUÇÃO

Schumpeter (1942) registrou sua impressão acerca das diferenças qualitativas entre as atividades inovativas das pequenas firmas empreendedoras e aquelas realizadas pelas modernas corporações nos laboratórios formais de P&D, sugerindo a influência da forma organizacional sobre a propensão à inovação. A partir desta problematização de Schumpeter, a relação entre atividade inovativa e tamanho da firma ou estrutura de mercado vem sendo objeto de intensa atenção dos economistas.

De modo geral, os estudos empíricos de tradição schumpeteriana interpretaram o argumento de Schumpeter como uma proposição de existência de uma relação contínua e positiva entre empresas maiores ou estruturas de mercado mais concentradas e inovação. O tamanho das empresas ou a estrutura de mercado, em que pese o caráter aproximativo, foram considerados como representações da variável forma organizacional.

Várias hipóteses foram utilizadas nos estudos empíricos para justificar esta proposição do efeito positivo do tamanho da empresa ou do grau de concentração do mercado na atividade inovativa, entre as quais destacam-se:

- i) as imperfeições do mercado de capitais conferem vantagens para as grandes empresas por permitirem a estas acesso privilegiado a financiamentos para os projetos de P&D. Outrossim, o maior tamanho da firma pode viabilizar o financiamento daqueles a partir de recursos próprios;
- ii) existem economias de escala na tecnologia de P&D, decorrentes da indivisibilidade de alguns equipamentos de laboratório - um exemplo comumente citado nesse caso refere-se a espectômetros de massa;
- iii) os retornos sobre P&D são mais altos quando o inovador pode dividir os custos fixos da inovação por um volume maior de vendas;
- iv) a atividade de P&D é mais produtiva nas grandes firmas devido à complementaridade de outros ativos tais como *marketing* e produção, conforme sugerido por Kay (1988); e
- v) as firmas maiores e mais diversificadas estão melhores posicionadas para explorar os resultados incertos das atividades de P&D, principalmente da pesquisa básica, em suas várias unidades de negócio, conforme propôs Nelson (1959).

Os contra-argumentos mais utilizados para negar a existência da mesma hipótese, por sua vez, referem-se às deseconomias de escala que a empresa estaria sujeita,

provocadas, entre outros fatores, por perda de controle gerencial e, decorrentemente, redução da eficiência das atividades de P&D, bem como pela perda de incentivo ao espírito empreendedor, responsável pela habilidade em capturar benefícios de seus esforços, em função do aumento da burocratização dessas atividades.

Apesar da literatura empírica correspondente ser bastante ampla, os resultados são relativamente inconclusivos e divergentes (não consensuais). Na leitura das resenhas feitas sobre o assunto foi possível identificar três categorias de resultados (Ver KAMIEN & SCHWARTZ, 1982 e COHEN & LEVIN, 1989 para resenhas abrangentes). Na primeira observou-se que a intensidade de P&D (medida pela despesa em P&D por tamanho da firma, usualmente medido por vendas) cresce fracamente com o tamanho da firma. Na segunda categoria observou-se que a relação entre estas variáveis é mais sutil. A atividade inovativa cresce mais do que proporcionalmente com o tamanho da empresa até um certo limite, a partir do qual a relação pode ser fracamente negativa ou não existir. Por fim a terceira categoria de resultados aponta para evidência positiva da relação apenas para alguns setores industriais, como é o caso da indústria química nos estudos de Mansfield (1964) e Grabowski (1968).

Alguns fatores podem ser arrolados para uma melhor compreensão da discrepância observada nos diferentes estudos empíricos, merecendo destaque, em particular:

- i) a forma funcional apropriada é controversa (Ver LINK, SEAKS & WOODBERY, 1988);
- ii) a não-normalidade dos gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) que, por definição, não assumem valores negativos, requer abordagens alternativas, quer pelo emprego de transformações apropriadas ou pelo uso de metodologias que sejam robustas a desvios em relação à distribuição normal (Ver HOLMES, HUTTON & WEBER, 1991); e
- iii) gastos em P&D representam uma das facetas da atividade inovativa de uma firma, de modo que a consideração de outras variáveis denotando o esforço tecnológico da firma seria, em princípio, desejável.

As duas primeiras considerações acima mencionadas mereceram, particularmente, atenção de Holmes *et alii* (1991), que optaram pelo uso da metodologia da transformação do *ranking* que acomoda diferentes distribuições de probabilidade e, portanto, reveste-se de conveniente flexibilidade para estudos relativos ao comportamento de P&D. A terceira consideração, contudo, tem sido negligenciada na literatura, que invariavelmente tem utilizado uma única alternativa para a medida de intensidade inovativa e tamanho da firma.

Outro ponto de interesse refere-se à relevância de se considerar dados no nível setorial. Com efeito, tal procedimento permite enriquecer a interpretação dos resultados empíricos, haja vista que setores específicos possuem peculiaridades nos padrões de mudança técnica. Nesse sentido, Pavitt (1984) fornece uma relevante taxonomia em nível setorial.

Uma revisão da literatura brasileira recente identificou apenas um estudo empírico que testou a relação entre intensidade de P&D e o tamanho da firma. Trata-se do estudo de Matesco (1993), baseado nas estatísticas do Censo Industrial de 1985. Neste estudo a autora considerou dois tipos de determinações: o que afeta a decisão das empresas no tocante ao investimento em inovação tecnológica e às variáveis explicativas da intensidade deste investimento, fazendo uso, no primeiro caso, de um Modelo Logit e, no segundo caso, de um Modelo Linear segundo o método de mínimos quadrados ordinários.

Os principais resultados encontrados referem-se à significância das variáveis tamanho e estrutura industrial, ambas exibindo um coeficiente com sinal positivo, considerando-se o setor industrial como um todo. Todavia, vale ressaltar que as estimativas feitas para nove setores específicos apresentaram resultados variados conforme a especificidade do setor.

Acredita-se que a ausência de outros estudos possa ser explicada pelo fato de as estatísticas brasileiras sobre gastos em P&D disponíveis até 1992 serem as mesmas que as recenseadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) em 1985. De fato, o novo censo previsto para 1990 não foi realizado, nem foi incluída, desde 1985, qualquer pergunta acerca das atividades de P&D nas empresas industriais na pesquisa industrial anual (PIA) feita pelo IBGE em todos os anos intercensitários para acompanhamento da estrutura e da evolução do setor industrial (grandes empresas).

Uma alternativa seria utilizar dados individuais de empresas, coletados a partir de seus relatórios contábeis. De fato, este tipo de estratégia é bastante utilizado no exterior, e inclusive existem revistas, como *Fortune*, que publicam um *scoreboard* anual contendo estas informações. Todavia, no Brasil este procedimento também se mostra impossível porque os dados sobre gastos em P&D são publicados no demonstrativo de resultados agregadamente com outras despesas de vendas e nos balanços junto com os demais itens de investimento. A legislação contábil brasileira não exige a discriminação das despesas de P&D, e para fins de benefícios fiscais, que podem ser obtidos a partir da Lei 8.663, as empresas têm que preencher um questionário específico sobre o assunto. Da mesma forma, o número de empresas que se beneficiou desta lei, a partir da sua regulamentação em 1993, foi muito pequeno e, como o benefício é deduzido do lucro devido, contemplou somente

empresas que tiveram lucro positivo no período, o que ocasionou um viés não desejável para a utilização desses dados.

A partir de 1995, entretanto, novos dados estão disponíveis para uma amostra de 400 e 630 empresas, respectivamente, para os anos base de 1993 e 1994. Esta iniciativa teve início em 1992, liderada pela Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI), uma associação empresarial, e foi apoiada pelo Governo Federal por meio do Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica da Indústria (PACTI). Desde 1996 este Banco de Dados está sendo considerado o Banco oficial do governo brasileiro para a publicação do informativo “Indicadores Nacionais de Ciência e Tecnologia” do Ministério de Ciência e Tecnologia.

A importância das empresas arroladas no Banco pode ser avaliada por sua representatividade: 60% do produto industrial e 20% do PIB em termos do faturamento bruto do total das empresas, em 1993; e cerca de 47% do produto industrial e 17% do PIB, em 1994. É claro que existem regiões e setores industriais que estão mais bem representados do que outros. Por exemplo, mais de 70% das empresas, nos dois anos considerados, localizavam-se na região sudeste. Em 1993, os setores mais representativos eram máquinas e equipamentos e produtos de metal; em 1994, o químico e o de equipamentos de transporte. O tamanho das empresas alterou-se nos dois anos em questão: em 1993, 74,2% das empresas eram médias e grandes e, em 1994, apenas 61,2%. Todos esses problemas foram contornados com a manutenção das mesmas empresas nos dois anos considerados.

O objetivo do presente artigo é explorar a relação entre intensidade de P&D e tamanho da firma, para empresas industriais atuando no mercado brasileiro, por meio do uso da metodologia estatística retromencionada e da base de dados da ANPEI referentes aos anos base de 1993 e 1994. O trabalho está organizado da seguinte forma: a primeira seção descreve brevemente o teste a ser implementado; a seção 2 apresenta as variáveis a serem consideradas, a base de dados utilizada e as características específicas dos setores de atividade selecionados; a terceira seção expõe e discute os resultados empíricos obtidos; finalmente, a quarta seção contém os comentários finais e direções para pesquisas futuras.

1. TESTES DA TRANSFORMAÇÃO DO RANKING: UMA DIGRESSÃO

A abordagem mais utilizada para sobrepor a dificuldade associada à eventual não-normalidade da variável dependente em um modelo de regressão consiste no uso de transformações que garantam tal distribuição (como, por exemplo, adotar a

transformação logarítmica no caso da hipótese de lognormalidade ser apropriada). Um procedimento alternativo refere-se à utilização de métodos livres de distribuição baseados em transformações do *ranking* das variáveis originais. Tal alternativa foi proposta, por exemplo, por Iman e Conover (1979) e Conover e Iman (1981), cuja aplicação pioneira no contexto do estudo da relação intensidade de P&D e tamanho da firma foi proposta por Holmes *et alii* (1991) para diversos setores industriais da economia americana.

O teste em questão pode ser visto como uma ponte entre uma análise paramétrica e não-paramétrica. Com efeito, considera-se um teste F usual baseado numa regressão na qual considera-se o *ranking* das variáveis originais. O *ranking* estabelece a posição em termos ordinais de uma dada observação de uma variável original. Em caso de empate atribui-se a cada um deles a média dos valores que lhes caberia se não tivesse havido empate.¹ Utiliza-se o seguinte modelo de regressão, com as variáveis definidas em termos de *ranking*:

$$R(Y) = \beta_1 + \beta_2 R(X) + \varepsilon \quad (1)$$

Esse, é claro, corresponde ao exemplo mais simples de uma regressão bivariada a partir do qual o teste F tradicional se equivaleria ao quadrado de uma estatística t. No caso mais geral de uma regressão múltipla, ter-se-ia o teste F usual conforme, a expressão abaixo (só que aplicada às variáveis transformadas):

$$F_{q, N-k} = [(ESS_R - ESS_{UR})/q]/[ESS_{UR}/(N-k)] \quad (2)$$

onde ESS_R e ESS_{UR} denotam a soma dos quadrados dos resíduos nos casos restritos e irrestritos, respectivamente.

Prima facie, poder-se-ia questionar a aplicação desse tipo de teste no contexto de um modelo de regressão simples, conforme fizeram Holmes *et alii* (1991). Todavia, a motivação daquele estudo e do presente trabalho não é a construção de um modelo empírico detalhado dos determinantes da intensidade de inovação, mas a análise exploratória da relação entre intensidade da atividade inovativa e tamanho da firma, com vistas a identificar eventuais fatos estilizados para um subconjunto de setores industriais da economia brasileira.

A opção pelo procedimento retromencionado baseia-se na flexibilidade. De fato, Conover e Iman (1982) e Olejnik e Algina (1985) realizaram estudos de Monte Carlo, que evidenciaram que a referida estatística F possui elevado poder para

1 Procedimento para definição de *rankings* já bastante utilizado, por exemplo, na literatura de Estatística Não-Paramétrica. Ver SIEGEL (1975).

pequenas amostras mesmo quando a distribuição dos erros difere marcadamente do caso normal. Assim sendo, tal propriedade de robustez reveste-se de particular interesse no presente estudo, tendo em vista as características de nossa amostra e seu tamanho, e que são apresentadas na seção a seguir.

2. CARACTERÍSTICAS DAS VARIÁVEIS, DOS SETORES SELECIONADOS E DA BASE DE DADOS

As definições utilizadas para testar a hipótese dos estudos empíricos de tradição schumpeteriana com relação às variáveis tamanho da firma e intensidade da atividade inovativa são bastante vagas e conduzem a uma série de interpretações. Segundo Cohen e Levin (1989), não existe nenhuma medida de inovação que permita comparações adequadas entre empresas ou setores industriais. É difícil medir o novo conhecimento e a sua contribuição para o progresso. Apesar destas dificuldades, várias medidas foram utilizadas nos estudos empíricos.

As medidas referentes à atividade inovativa foram classificadas como medidas de *output* e de *input*. As primeiras pretendem medir os resultados do processo inovativo e são bastante escassas e dispersas as fontes disponíveis para representá-las. A contagem das patentes depositadas e solicitadas nos bancos de patente tem sido a estatística mais freqüentemente usada como uma representação do resultado inovativo, sendo uma medida de estoque. A maior dificuldade de se obter este dado por setor industrial diz respeito ao critério de classificação adotado pela Organização Mundial de Propriedade Industrial (OMPI), que é distinto da classificação *Standard Industrial Classification* (SIC).

Entretanto, na maioria dos estudos relativos aos efeitos do tamanho da firma ou da estrutura do mercado sobre a inovação recorre-se a medidas de *input*, isto é, recursos utilizados no processo inovativo. Entre as formas mais comuns de representação dos recursos encontram-se os gastos (dispêndios) em P&D e o pessoal alocado em P&D. Estas medidas representam o fluxo corrente de recursos destinados à geração da inovação, e também apresentam alguns problemas.

Por exemplo, se considerarmos o pessoal alocado em P&D estaremos subestimando o esforço inovativo pelo fato da representação excluir a contribuição dos fluxos de serviços de equipamentos de pesquisa e materiais de laboratório para o processo inovativo. Por outro lado, os gastos em P&D incluem despesas correntes (pagamentos de salários e materiais) e gastos com capital (equipamentos de laboratório e obras de instalação) que deveriam ser incorporados ao fluxo de investimentos; entretanto, como esta incorporação não é possível de acordo com

as normas contábeis vigentes, acaba-se subestimando no tempo a contribuição dos gastos com capital para o processo inovativo. Além dos erros de interpretação das definições utilizadas nos manuais de procedimentos financeiros, as definições mais rigorosas das atividades de P&D, baseadas nos procedimentos sugeridos pelo Manual Frascati, elaborado especialmente para aumentar o rigor das definições, e utilizadas na maioria das pesquisas oficiais (como é o caso do pesquisa feito pela *National Science Foundation*), estão sujeitas a interpretações errôneas por parte dos informantes que estão mais familiarizados com as regras e normas existentes para apresentação de relatórios financeiros (Lei das Sociedades Anônimas, no caso brasileiro).

Um outro problema é que estas medidas de fluxo restringem as atividades formais de P&D executadas nas empresas, não considerando os possíveis efeitos dos processos de aprendizado, principalmente nas firmas mais novas e menores onde aspectos organizativos são menos formalizados (a respeito dos novos padrões de inovação e respectivos problemas de medida ver CASSIOLATO, 1996).

Para medir o tamanho da firma tem-se utilizado, alternativamente, o volume de vendas (faturamento bruto), valor dos ativos, ou número de empregados alocados nas atividades de P&D.

Neste estudo optou-se pela utilização de dois grupos de medidas alternativas para intensidade de P&D e tamanho da empresa, respectivamente:

- i) gastos de P&D por faturamento bruto e faturamento bruto; e
- ii) número de funcionários alocados em atividades de P&D dividido pelo número total de funcionários.

O primeiro grupo de medidas foi empregado por Holmes *et alii* (1991) e o segundo grupo foi introduzido neste estudo para verificar se havia algum efeito diferenciado quando se utilizava variáveis monetárias ou não-monetárias. Apesar das variáveis monetárias estarem expressas em dólares, poder-se-ia esperar alguma sensibilidade do teste no concernente à variação dos preços relativos. Um outro aspecto interessante ao se utilizar variáveis não-monetárias era verificar diferentes resultados decorrentes da forma de representação utilizada, além de observar se havia diferenças significativas em termos das políticas das empresas em relação aos gastos em P&D e à alocação de funcionários em P&D.

Dados referentes a 159 e 161 firmas foram obtidos, respectivamente, para os anos de 1993 e 1994, para ambas as variáveis, nas formas monetária e física. Para tanto, fez-se uso da base de dados "Indicadores Empresariais de Capacitação Tecnológica". (ANPEI, 1995 a, b) O critério para selecionar estas empresas foi

levar em conta apenas aquelas que responderam à pesquisa nos dois anos-base considerados.

É importante destacar que esta base de dados não é composta de uma amostra aleatória de empresas, ou seja, inclui apenas empresas que aderiram à base e realizaram, portanto, algum esforço de inovação nos anos considerados. Assim, a evidência analisada neste estudo refere-se a empresas que vêm sustentando um esforço de inovação nos anos de 1993 e 1994.

A principal variável de interesse é a intensidade de P&D, medida pelo índice da atividade inovativa (gastos em P&D por faturamento bruto - Pdfat e número de funcionários alocados em P&D por número total de funcionários na empresa Pdfun).

A Tabela 1 apresenta algumas estatísticas descritivas com respeito à intensidade de P&D entre as 159 firmas no ano-base de 1993, comparando os resultados das formas monetária e física para todas as firmas. A intensidade de P&D não varia segundo a forma adotada para os valores mínimos (0%² para ambas as formas), variando bastante em seu valor máximo (43% para P&D por faturamento bruto e 100% para número de funcionários alocados em P&D por número de funcionários na empresa). Existe também uma diferença entre as intensidades médias de P&D: 3% e 6%, concluindo-se por uma maior intensidade das atividades de P&D medida sob a forma física. Entretanto, comparando-se estes resultados com aqueles obtidos por Holmes *et alii* (1991), observa-se que as empresas da amostra brasileira no ano-base de 1993 são bem menos intensivas em P&D, na média, do que as empresas da amostra americana no ano-base de 1985 (3% contra 4,7%, respectivamente). Estes resultados são ratificados por recente trabalho realizado por Sbragia e Kruglianskas (1996) comparando cerca de 240 empresas brasileiras com 200 empresas americanas (0,98% contra 3,6% respectivamente).

Ainda na Tabela 1, ordenando o conjunto de dados por tamanho de firma, do menor (porte 1) para o maior (porte 5), e dividindo os dados ordenados em 5 intervalos, observa-se que o nível médio de intensidade de P&D sob a forma monetária (quinta coluna da referida tabela) é mais alto para as firmas de porte 1, reduzindo-se gradativamente para as firmas de maior porte. Holmes *et alii* (1991) também verificaram que o nível médio de P&D é maior entre as firmas pequenas do que entre as firmas grandes.

2 O valor revelou-se inexpressivo quando se considera 4 casas decimais.

TABELA 1- INTENSIDADE DE P&D. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS - 1993

	Porcentagem							
	Mínimo		Máximo		Média		Desvio Padrão	
	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun
Todas as Firms(159*)	0	0	43	100	3	6	5	13
Porte 1 (7*)	0		43		14		14	
Porte 2 (20*)	0		18		5		5	
Porte 3 (51*)	0		26		2		4	
Porte 4 (72*)	0		24		1		4	
Porte 5 (9*)	0	-	1	-	0	-	1	-

(*) indica o número de firmas por porte, ordenadas das de menor porte (porte 1) para as de maior porte (porte 5).

(-) não calculado.

A Tabela 2 resume as estatísticas com respeito à intensidade de P&D entre as 161 firmas no ano de 1994, para as formas não-monetária e monetária. Para 1994, uma vez mais os dois grupos de medidas possuem intensidade idêntica no que concerne ao valor mínimo observado; outrossim, observa-se um contraste ainda mais acentuado no que tange aos valores máximos (27% para P&D por faturamento bruto e 100% para a medida física de intensidade). A comparação entre valores médios ratifica o referido contraste, obtendo-se, respectivamente, os valores de 2% e 4% para as duas medidas alternativas de intensidade de P&D.

Pode-se dizer que o ano de 1994 não apresentou mudanças dramáticas *vis-à-vis* o ano de 1993. Em particular, o esforço tecnológico, conforme medido pela intensidade de P&D, mostra-se bastante reduzido em comparação com economias mais maduras.

TABELA 2 INTENSIDADE DE P&D. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS 1994

	Porcentagem							
	Mínimo		Máximo		Média		Desvio Padrão	
	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun
Todas as Firms(161*)	0	0	27	100	2	4	4	10
Porte 1 (5*)	0		27		7		11	
Porte 2 (21*)	0		24		4		6	
Porte 3 (51*)	0		18		2		3	
Porte 4 (73*)	0		18		1		2	
Porte 5 (11*)	0		1		0		1	

(*) indica o número de firmas por porte, ordenadas das de menor porte (porte 1) para as de maior porte (porte 5).

(-) não calculado.

As Tabelas 3 e 4 exibem as estatísticas descritivas dos setores selecionados relativas à intensidade de P&D. Foram selecionados os quatro setores de dois dígitos da SIC com doze ou mais empresas nos anos de 1993 e 1994. Estes setores são o químico, máquinas industriais, equipamentos eletrônicos e equipamento de transportes, por ordem decrescente de frequência do número de empresas.

Segundo Pavitt, o setor químico e o setor eletrônico são baseados em ciência e a principal fonte de tecnologia são as atividades de P&D das firmas nestes setores, apoiadas no rápido desenvolvimento das ciências subjacentes localizadas nas universidades e centros de pesquisa. O grupo de firmas que seguem este padrão é altamente intensivo em P&D devido às maiores oportunidades tecnológicas e à apropriabilidade da tecnologia. Já no setor de equipamentos de transporte, denominado por Pavitt de intensivo em escala, as condições de operação são exatas e dependentes do desempenho dos equipamentos e da habilidade em operá-los. Os conhecimentos tácitos são muito importantes para especificar ou projetar novos equipamentos. Por fim, o setor de máquinas industriais pertence ao padrão fornecedor especializado, e é mais orientado para a produção de produtos especializados, incorporados à maquinaria, e que serão consumidos por outros setores.

TABELA 3 INTENSIDADE DE P&D. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS SETORES SELECIONADOS 1993

	Porcentagem							
	Mínimo		Máximo		Média		Desvio Padrão	
	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun
Todas as Firms (159*)	0	0	43	100	3	6	5	13
Químico (34*)	0	0	12	12	2	3	2	2
Maq. Indust. (22*)	0	0	17	19	4	5	4	5
Equip. Eletr. (19*)	0	0	26	52	4	9	7	13
Equip. Transp. (15*)	0	0	15	35	2	4	4	9

(*) indica o número de firmas por porte, ordenadas das de menor porte (porte 1) para as de maior porte (porte 5).

TABELA 4 - INTENSIDADE DE P&D. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS SETORES SELECIONADOS - 1994

	Porcentagem							
	Mínimo		Máximo		Média		Desvio Padrão	
	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun	Pdfat	Pdfun
Todas as Firms (161*)	0	0	27	100	2	4	4	10
Químico (34*)	0	0	08	16	1	3	2	3
Maq. Indust. (21*)	0	0	24	41	4	5	6	9
Equip. Eletr. (16*)	0	0	12	29	3	7	3	9
Equip. Transp. (12*)	0	0	18	53	3	7	5	15

(*) indica o número de firmas por porte, ordenadas das de menor porte (porte 1) para as de maior porte (porte 5).

A queda de intensidade de P&D verificada na média para todas as firmas (por meio das duas formas de medida) no ano de 1994 não foi observada para o setor equipamentos de transporte (aumentou a intensidade) e para o setor de máquinas industriais (manteve-se inalterada). No ano de 1993, os setores máquinas industriais e equipamentos eletrônicos são os mais intensivos em P&D, considerando-se a estatística da média. Esta intensidade é maior se medida pela forma física. No ano de 1994, apenas o setor químico é menos intensivo em P&D comparativamente à média do conjunto de empresas consideradas.

3. A RELAÇÃO ENTRE INTENSIDADE DE P&D E TAMANHO DA FIRMA

Na presente seção apresentam-se os resultados do teste F para as transformações do *ranking*, conforme aplicados ao estudo da relação entre a intensidade da atividade de inovação e o tamanho da firma. Para essas duas variáveis, dois grupos de medidas alternativas são consideradas, conforme descrito na seção anterior.

Para conferir maior motivação ao procedimento de transformação do *ranking*, empreendemos inicialmente testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para as diferentes medidas de intensidade em P&D consideradas nesse artigo.³ Os resultados correspondentes constam da Tabela 5, a seguir:

TABELA 5 - INTENSIDADE EM P&D: TESTES DE NORMALIDADE-DE KOLMOGOROV-SMIRNOV 1993 e 1994

Variável	Estatística de Teste	Significância (p-value)
1993		
PDFAT	3.9703	0.0000
PDFUN	4.1981	0.0000
1994		
PDFAT	3.9943	0.0000
PDFUN	4.2970	0.0000

Os resultados da tabela acima indicam que existe forte evidência para a rejeição da hipótese nula de normalidade no que concerne à intensidade em P&D.

3 Cabe ressaltar que no contexto de regressão linear a desejada normalidade dos erros transfere-se para a variável dependente e, nesse sentido, uma eventual não-normalidade da variável dependente (intensidade em P&D) serve de motivação para o emprego de métodos robustos à não-normalidade.

Isso posto, passemos à questão central do presente artigo. A primeira hipótese a ser analisada neste estudo é que a natureza da relação entre intensidade de P&D e tamanho da firma é a mesma para todas as firmas das amostras consideradas nos anos de 1993 e 1994. Um teste F de transformação do *ranking* da hipótese nula (a intensidade de P&D não varia sistematicamente com o tamanho da firma), para as firmas $j(93) = 1, \dots, 159$ e $j(94) = 1, \dots, 162$, envolve transformação dos dados originais relativos à intensidade de P&D (PDFAT) e tamanho (FATBRUT) em $R(\text{PDFAT})$ e $R(\text{FATBRUT})$, estimado pelo modelo descrito na seção 1, e particularizado para o presente contexto a seguir:

$$R(\text{PDFAT}) = \beta_1 + \beta_2 R(\text{FATBRUT}) + \varepsilon \quad (3)$$

e um teste F considera $H_0 : \beta_2 = 0$ contra $H_1 : \beta_2 \neq 0$. Como afirmado anteriormente, neste caso bivariado o teste F corresponde ao quadrado de uma estatística t.

Os resultados correspondentes a esses dois grupos de medidas encontram-se resumidos nas Tabelas 6 e 7, que se seguem. Eles apontam para a existência de uma relação altamente significativa entre intensidade de P&D e tamanho da firma. Entretanto, tal associação é negativa. Adicionalmente, cumpre destacar que tal resultado se sustenta para as duas medidas alternativas das variáveis, tanto para o ano de 1993 quanto para 1994.

TABELA 6 - TESTE RANK F DA RELAÇÃO INTENSIDADE DE P&D¹ E TAMANHO DE EMPRESAS² - 1993 E 1994

Ano	Rank F	Graus de Liberdade	Significância (p value)	Sinal do Coeficiente
1993	56,753	1,157	0,000	
1994	36,405	1,159	0,000	

1. O índice utilizado para intensidade de P&D corresponde à divisão entre a despesa em P&D e o faturamento bruto.
2. A medida utilizada para tamanho de empresa foi o faturamento bruto.

TABELA 7 - TESTE RANK F DA RELAÇÃO INTENSIDADE DE P&D¹ E TAMANHO DA EMPRESAS² - 1993 E 1994

Ano	Rank F	Graus de Liberdade	Significância (p value)	Sinal do Coeficiente
1993	58,569	1,157	0,000	
1994	35,707	1,159	0,000	

1. O índice utilizado para intensidade de P&D corresponde à divisão entre o número de funcionários alocados em P&D e o total de funcionários da empresa.
2. A medida utilizada para tamanho de empresa foi o número de funcionários.

A segunda hipótese a ser analisada parte da existência de diferenças significativas entre as tecnologias de cada indústria, conforme a taxonomia de Pavitt descrita na seção 2. Desta forma, a relação entre intensidade de P&D e tamanho da firma foi também examinada para cada um dos setores industriais de dois dígitos da classificação SIC mais representativos do conjunto de empresas considerado, estimando a equação (3) separadamente para cada setor industrial e testando $H_0 : \beta_2 = 0$ contra $H_1 : \beta_2 \neq 0$ para cada um, nos dois anos considerados.

Considere-se inicialmente a primeira definição de variáveis. Nesse caso, os resultados constantes das Tabelas 8 e 9 indicam, de um lado, resultados qualitativamente semelhantes nos dois diferentes anos, mas, por outro lado, evidenciam diferenças entre setores. Pode-se considerar que existe uma associação significativa entre as variáveis de estudo para os setores químico, de máquinas industriais e de equipamentos eletrônicos; contudo, definitivamente, não existe evidência de relação estatisticamente significativa no caso do setor de equipamentos de transporte. Vale ressaltar que nos primeiros três setores a relação é inversa, o que corrobora o resultado mencionado anteriormente para a totalidade das firmas.

TABELA 8 *TESTE RANK F DA RELAÇÃO INTENSIDADE DE P&D¹ E TAMANHO DE EMPRESAS² NAS INDÚSTRIAS SELECIONADAS 1993*

Setor	Rank F	Graus de Liberdade	Significância (p value)	Sinal
Químico	14,455	1,32	0,001	
Maq. Indust.	10,170	1,20	0,005	
Equip. Eletr.	3,701	1,17	0,071	
Equip. Transp.	0,320	1,13	0,581	

1. O índice utilizado para intensidade de P&D corresponde à divisão entre a despesa em P&D e o faturamento bruto.

2. A medida utilizada para tamanho de empresa foi o faturamento bruto.

TABELA 9 *TESTE RANK F DA RELAÇÃO INTENSIDADE DE P&D¹ E TAMANHO DE EMPRESAS² NAS INDÚSTRIAS SELECIONADAS 1994*

Setor	Rank F	Graus de Liberdade	Significância (p value)	Sinal
Químico	2,244	1,32	0,144	
Maq. Indust.	5,862	1,19	0,026	
Equip. Eletr.	3,972	1,14	0,066	
Equip. Transp.	1,523	1,10	0,245	

1. O índice utilizado para intensidade de P&D corresponde à divisão entre a despesa em P&D e o faturamento bruto.

2. A medida utilizada para tamanho de empresa foi o faturamento bruto.

Por fim, as Tabelas 10 e 11 exibem os resultados referentes à segunda definição de variáveis para os dois anos em estudo. Uma vez mais podemos efetuar nossa análise pela inspeção dos vários valores da prova. Nesse caso, as associações revelam-se mais fracas, sendo que as relações são significativas nos setores químico e de máquinas industriais no ano de 1993, e para os setores químico e de equipamentos eletrônicos no ano de 1994. Não obstante tal diferença entre os dois anos, vale ressaltar, uma vez mais, que a relação entre intensidade de P&D e tamanho da firma é sempre negativa, em contraste com a interpretação usual da proposição de Schumpeter.

TABELA 10 - TESTE RANK F DA RELAÇÃO INTENSIDADE DE P&D¹ E TAMANHO DE EMPRESAS² NAS INDÚSTRIAS SELECIONADAS 1993

Setor	Rank F	Graus de Liberdade	Significância (p value)	Sinal
Químico	3,773	1,32	0,061	
Maq. Indust.	5,532	1,20	0,029	
Equip. Eletr.	3,168	1,17	0,093	
Equip. Transp.	0,663	1,13	0,430	

1. O índice utilizado para intensidade de P&D corresponde à divisão entre o número de funcionários alocados em P&D e o total de funcionários da empresa.

2. A medida utilizada para tamanho de empresa foi o número de funcionários.

TABELA 11 - TESTE RANK F DA RELAÇÃO INTENSIDADE DE P&D¹ E TAMANHO DE EMPRESAS² NAS INDÚSTRIAS SELECIONADAS 1994

Setor	Rank F	Graus de Liberdade	Significância (p value)	Sinal
Químico	6,938	1,32	0,013	
Maq. Indust.	1,942	1,19	0,180	
Equip. Eletr.	3,564	1,14	0,800	
Equip. Transp.	0,324	1,10	0,582	

1. O índice utilizado para intensidade de P&D corresponde à divisão entre o número de funcionários alocados em P&D e o total de funcionários da empresa.

2. A medida utilizada para tamanho de empresa foi o número de funcionários.

Os resultados apresentados podem ser comparados com aqueles obtidos por Holmes *et alii* (1991) e cuja metodologia estatística adotou-se neste trabalho para os resultados monetários. Para a totalidade das firmas, sem segmentação por setores, a associação é negativa e altamente significativa. Estes resultados indicam que o

tamanho das empresas considerado nas duas amostras não interferiu no resultado do teste e nem o número de empresas considerado em cada painel.

No entanto, para a análise setorial não é possível fazer-se uma comparação direta com o estudo de Holmes *et alii* (1991), em função do critério distinto de segmentação da indústria adotado: 2 e 4 dígitos, respectivamente. Entretanto, ambos os resultados apresentam uma associação negativa, porém com diferenças na significância. Para o setor equipamento de transporte, embora a relação seja negativa, é não significativa para ambos os estudos. Para o setor químico observam-se diferenças de significância. O estudo de Holmes encontrou uma relação positiva, mas não significativa, em contraste com o presente estudo, onde se observa uma relação negativa e bastante significativa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi começar a preencher uma lacuna na literatura empírica em organização industrial brasileira no que tange à realização de estudos sobre empresas. Esta lacuna reflete, em grande medida, a não disponibilidade de dados sobre dispêndios em capacitação tecnológica por empresas. Neste sentido, fez-se um primeiro mapeamento descritivo da relação entre intensidade de P&D e tamanho da firma, utilizando-se a recém-criada base de dados da ANPEI.

Em que pesem os problemas de abrangência amostral, ainda por solucionar com o aprimoramento da base de dados, os resultados observados, tanto para o conjunto das empresas quanto para os setores selecionados, apontam como principal fato estilizado a associação negativa entre as variáveis consideradas.

Um aspecto a ser observado em futuras pesquisas diz respeito ao fato de que a variável tamanho é apenas uma das variáveis que influenciam o gasto em P&D, devendo ser consideradas outras variáveis sugeridas na literatura. A construção de um modelo empírico detalhado dos determinantes da intensidade de P&D estava além do escopo do presente trabalho. Da mesma forma, a consideração de outras medidas do esforço inovativo, como aquelas relativas a *output* (por exemplo, patentes), mereceriam ser pesquisadas.

Outra abordagem alternativa refere-se à consideração de fatores não observáveis na determinação da intensidade de P&D. Com efeito, Cohen e Klepper (1992) utilizaram um modelo probabilístico binomial, no qual aspectos de incerteza (não observáveis) são considerados. As implicações empíricas de tal modelo são, então, comparadas com os dados observados para diferentes setores da economia

americana. Seria interessante a realização de estudos semelhantes para o Brasil, para setores com um número suficiente de empresas.

Existe, pois, um amplo espaço para futuras pesquisas na área de P&D no Brasil. O presente trabalho pode servir de motivação para futuros desdobramentos, utilizando da mesma forma dados no nível de empresa e aproveitando o aprimoramento estatístico gradativo da base de dados da ANPEI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANPEI. *Indicadores Empresariais de Capacitação Tecnológica* (Ano-Base 1993). São Paulo, 1995a.
- _____. *Indicadores Empresariais de Capacitação Tecnológica* (Ano-Base 1994). São Paulo, 1995b.
- CASSIOLATO, J. E. Innovation and the dynamic competitiveness of Brazilian industry: the role of technology imports and local capabilities. *Texto para Discussão IE*, UFRJ, n. 366, 1996.
- COHEN, W. M. & KLEPPER, S. The anatomy of industry R&D intensity distributions. *American Economic Review*, 82, p. 773-799, 1992.
- COHEN, W. M. & LEVIN, R. C. (1989). Empirical studies of innovation and market structure. In: SCHMALENSEE, R. & WILLIG, R. D. (eds.), *Handbook of industrial organization*. Amsterdam: North-Holland, 1989, p. 1059-1107
- _____. Firm size and R&D intensity: a re-examination. *Journal of Industrial Economics*, 35, p. 543-563, 1987.
- CONOVER, W. J. & IMAN, R. L. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *American Statistician*, 35, p. 124-133, 1981.
- _____. Analysis of covariance using rank transformation. *Biometrics*, 38, p. 715-724, 1982.
- GRABOWSKI, H. G. The determinants of industrial research and development: a study of the chemical, drug and petroleum industries. *Journal of Political Economy*, 76, p. 292-306, 1968.
- HOLMES, J. M., HUTTON, P. A. & WEBER, E. A functional-form-free test of the research and development/firm size relationship. *Journal of Business & Economics Statistics*, 9, p. 85-90, 1991.
- IMAN, R. L. & CONOVER, W. J. The use of the rank transformation in regression. *Technometrics*, 21, p. 499-509, 1979.
- KAMIEN, M. L. & SCHWARTZ, N. L. Empirical studies of the Schumpeterian hypotheses. *Market structure and innovation*. Cambridge University Press, 1982, p. 49-104.

- KAY, N. M. The R&D function: corporate strategy and structure. *In: DOSI, G. et alii* (eds.), *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.
- LINK, A. N., SEAKS, T. G. & WOODBERY, S. R. Firm size and R&D spending: testing for functional forms. *Southern Economic Journal*, 54, p. 1027-1032, 1988.
- MANSFIELD, E. Industrial research and development expenditures: determinants, prospects, and relation of size of firm and inventive output. *Journal of Political Economy*, 72, p. 319-340, 1964.
- MATESCO, V. R. *Inovação tecnológica das empresas brasileiras: a diferenciação competitiva e a motivação para inovar*. Tese de Doutorado, IEI/UFRJ, 1993.
- NELSON, R. R. The simple economics of basic scientific research. *Journal of Political Economy*, 67, p. 297-306, 1959.
- OECD. *Manual Frascati*, edição espanhola.
- OLEJNIK, S. F. & ALGINA, J. A review of nonparametric alternative to analysis of covariance. *Evaluation Review*, 9, p. 51-83, 1985.
- PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, p. 343-373, 1984.
- SBRAGIA, R. & KRUGLIANSKAS, I. R&D at the firm level: a comparative analysis between ANPEI (Brazil) and IRI (United States). *In: V International Conference on Management of Technology*, Miami, março, 1996.
- SIEGEL, S. *Estatística não-paramétrica*. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.
- SCHUMPETER, J. A. [1942]. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Zahar Editores, edição brasileira 1984.

Os autores agradecem ao Professor Roberto Sbragia da USP pela colaboração, ao seu aluno de doutorado Tales Andreassi, pela operação das estatísticas e leitura atenciosa do texto, e à ANPEI, pela cessão dos dados disponíveis no projeto "Base de Dados Indicadores Empresariais de Capacitação Tecnológica", financiado pela FINEP e pelo SEBRAE.

(Recebido em fevereiro de 1998. Aceito para publicação em agosto de 1998).