

# Difusão tecnológica nas indústrias de calçados e têxtil de algodão \*

HELIO NOGUEIRA DA CRUZ \*\*  
JOSÉ ROBERTO M. DE BARROS \*\*

## 1 — A difusão de inovações tecnológicas

Existem três caminhos distintos, porém não exclusivos, através dos quais a produção de bens e serviços de um certo país pode crescer ao longo do tempo: pelo crescimento do estoque de fatores de produção correntemente utilizados no processo produtivo, pela realocação de fatores existentes em distintas atividades e pela elevação da produtividade dos fatores disponíveis através da utilização de novos conhecimentos (técnicas) no processo produtivo.

Admite-se tranqüilamente que, a longo prazo, as duas primeiras rotas de crescimento têm uma capacidade bastante limitada de contribuir para o crescimento da produção total, a menos que estejam conjugadas com um processo de inovação técnica. Por exemplo, é possível elevar o produto de uma economia pelo deslocamento de fatores de atividades de baixa para atividades de alta produtividade.

\* Trabalho realizado sob os auspícios do Programa Nacional de Pesquisas Econômicas do IPEA/INPES.

Os autores agradecem o apoio recebido do IPEA/INPES, através do PNPE. Agradecem também a ajuda prestada por Lucy Cardwell, José A. A. Savasini e Adroaldo Moura da Silva. Zdenec Pracush, Raul Cristóvão dos Santos, Súzi Solon, Maria Helena Orlando Faria e Paula Golubic nos auxiliaram no trabalho com os dados. Jorge Uchara e Sergio John Baptista se encarregaram do serviço de processamento de dados. Paulo Alfieri e Fernando Bueno Ribeiro coordenaram o trabalho de campo. Como usual, os resultados da pesquisa bem como seus equívocos são de responsabilidade exclusiva dos autores.

\*\* Da Universidade de São Paulo.

Entretanto, esse processo tem evidentes limites na estrutura de demanda e no nível de produtividade das atividades mais produtivas.

A medida que foi ficando claro que a longo prazo é o progresso técnico que determina de forma mais decisiva a capacidade de crescer de todo o sistema, a atenção dos economistas passou a voltar-se com grande intensidade para o assunto. A despeito de todo o esforço até aqui despendido, não parece haver muitas dúvidas de que o nosso conhecimento sobre o processo completo de mudanças técnicas é muito imperfeito, quer no que se refere às suas origens, quer quanto às suas exatas conseqüências. Não obstante esse desconfortável pano de fundo, o objetivo deste trabalho é discutir um aspecto particular do processo de mudança técnica, que é o da difusão de inovações tecnológicas.

Para fins de nossa exposição é útil partirmos de uma definição de tecnologia: "tecnologias são corpos de habilidades, conhecimentos e procedimentos para fazer e usar coisas úteis. O conceito de tecnologia focaliza processos que são, primariamente, biológicos e físicos, ao invés de psicológicos e sociais".<sup>1</sup>

Os corpos de conhecimento acima referidos percorrem um longo caminho antes de serem totalmente incorporados pelo processo produtivo. Em outras palavras, o progresso técnico não representa um único ato, mas sim um fenômeno complexo onde vários de seus aspectos são conceitualmente distintos. De uma forma didática, pode-se distinguir as seguintes fases no processo de mudança técnica: "1) invenção ou pesquisa aplicada, que significa o processo de chegar a novas idéias e trazê-las ao ponto de viabilidade técnica, demonstrada através de testes em pequena escala; 2) desenvolvimento de planos em escala comercial; 3) inovação que se dá através da utilização efetiva dos planos desenvolvidos; 4) imitação ou difusão de inovações a outros produtores ou consumidores. Em adição, podem ocorrer processos menores de aperfeiçoamento em qualquer destas fases. Finalmente, a difusão da tecnologia não é apenas uma questão de

<sup>1</sup> R. S. Merryll, "The Study of Technology", in *International Encyclopedia of the Social Sciences* (The Macmillan Company & The Free Press, 1968), vol. 15, pp. 576-586.

imitação literal, mas usualmente envolve significantes processos de adaptação tecnológica".<sup>2</sup>

Deve ser salientado que não se pretende em absoluto que a seqüência de fases antes descrita seja unívoca e linear. É concebível, e existe na prática, todo um sistema de realimentação e, muitas vezes, não se consegue distinguir todas essas fases no estudo de uma dada tecnologia. O que realmente queremos destacar é que nosso estudo vai focalizar, primariamente, problemas associados à difusão de duas tecnologias e não a seus aspectos de invenção ou inovação. Como estas fases são conceitualmente distintas, é possível, metodologicamente, utilizarmos algo parecido com a análise de equilíbrio parcial, isto é, discutirmos modelos que tomam como ponto de partida a existência de um produtor que usa comercialmente uma nova tecnologia e indagarmos, a partir daí, qual o mecanismo que leva outros produtores a se utilizarem da mesma técnica.

Várias são as razões pelas quais o estudo da difusão de técnicas, no contexto de um país não desenvolvido, torna-se importante, possivelmente mais importante ainda que estudos de invenção ou inovação. Em primeiro lugar, a grande parte das tecnologias utilizadas efetivamente são importadas,<sup>3</sup> em geral inerentes a bens de capital; neste caso, o aspecto de difusão é claramente mais importante que o de invenção.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> *Ibid.* Nossa dificuldade em entender mais claramente o processo de mudança técnica é bem ilustrada pelo problema das relações entre ciência e tecnologia. *A priori*, é claro que sendo a tecnologia "um corpo de conhecimentos e procedimentos" alguma relação deve guardar com o desenvolvimento científico. Entretanto, uma análise da literatura revela que, até hoje, não se estabeleceu de forma clara que tipo de relação é essa.

<sup>3</sup> Isto não significa que toda tecnologia importada seja "adequada" às características do país. Essa discussão, entretanto, foge ao escopo do presente estudo.

<sup>4</sup> Ainda que, freqüentemente, o próprio processo de difusão acabe resultando em certo número de pequenas inovações. Discutimos adiante esse aspecto, na análise da indústria de calçados. Veja-se também a respeito J. M. Katz, *Importación de Tecnología, Aprendizaje Local y Industrialización Dependiente* (Washington, D.C.: Organização dos Estados Americanos, 1972).

Por outro lado, como acentuou Tavares,<sup>5</sup> a manutenção de dinamismo no crescimento industrial depende de forma crescente da adoção de novas técnicas, independente de serem elas locais ou importadas. Ademais, a utilização de novas tecnologias importadas acaba por criar uma base de conhecimento (incorporado) ao nível do setor industrial, base esta indispensável ao bom sucesso de uma política tecnológica.

Finalmente, a difusão de novas tecnologias resulta, em muitos casos, num forte estímulo, via demanda, à indústria local de bens de capital. Este ponto resulta muito claro no setor de calçados: o processo recente de modernização das indústrias paulista e gaúcha precedeu e estimulou a expansão dos produtores de equipamentos de tal forma que, hoje, a indústria local atende à maior parte dos pedidos. Mais importante, o faz com um razoável grau de sofisticação técnica, refletido, entre outras coisas, no registro de novas patentes de máquinas.

## 2 — O modelo de difusão

O estudo de difusão de técnicas pode ser realizado em três níveis distintos: entre setores, dentro de um setor e dentro de uma firma. O primeiro caso é o mais geral e o mais difícil: a idéia aqui é estudar, dado um conjunto de novas técnicas disponíveis para vários setores, o padrão diferencial da difusão nos diferentes ramos industriais. Claramente, não interessa apenas verificar em que setores a expansão de nova tecnologia é mais rápida, mas também quais as causas das diferentes taxas de difusão.

Num nível menos agregado, é possível concentrar a atenção apenas num setor particular. Aqui, por definição, a característica do ramo industrial é dada, e serão as diferenças de características entre empresas que irão determinar a velocidade e o padrão da difusão.

<sup>5</sup> José Tavares de Araujo Jr. (ed.) *et alii*, *Difusão de Inovações na Indústria Brasileira: Três Estudos de Caso*, Série Monográfica (Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1976), n.º 24.

bem como as alterações nas condições gerais do setor ao longo do tempo.

Finalmente, é possível estudar como se processa a difusão tecnológica dentro de uma empresa. Este problema aparece porque no mais das vezes a adoção de uma nova tecnologia não implica, necessariamente, que toda a produção da empresa passe a ser feita, de imediato, com a nova técnica. Este caso é usual quando o processo de produção é discreto e não contínuo e, em particular, quando a inovação é inerente às novas máquinas. Ai o processo de difusão toma a forma de um processo de reposição: locomotivas diesel vão substituindo locomotivas a vapor, máquinas-ferramenta com controle numérico vão repondo máquinas-ferramenta sem controle, etc. Mais uma vez, aqui interessa descrever o processo de difusão e tentar identificar as causas, ao nível de empresa, de diferenças na difusão.

Neste trabalho vamos concentrar-nos na análise da difusão de inovações ao nível de dois setores industriais: têxtil e calçados.

Para que o processo de expansão de técnicas possa ser estudado quantitativamente é indispensável, de início, estabelecer a forma pela qual ele pode ser medido. A medida mais simples que se pode imaginar é a percentagem das firmas, em cada instante de tempo, que se utilizam das inovações em relação ao total da população ou da amostra. Ao longo do tempo essa distribuição acumulada daria o padrão e a velocidade do processo de difusão. Da mesma forma, dividindo a população entre firmas que se utilizam e que não se utilizam da inovação é possível estudar quais as características das empresas que melhor explicam a sua efetiva utilização.

Esta forma de medida sofre da deficiência de atribuir pesos iguais a empresas que se utilizam da novidade com diferentes intensidades. Por exemplo, o mesmo peso é dado a uma firma que, num instante de tempo, substitui a totalidade das suas máquinas pelo novo tipo e uma outra que o fez em apenas 5% (para o mesmo estoque de máquinas nas duas empresas). Por esta razão, sugere-se uma forma mais refinada de medida: o padrão de difusão seria dado, numa firma ou entre firmas, pela percentagem da produção (ou emprego) realizada com a nova tecnologia. Ou, no caso de um novo equipamento, pela percentagem das novas máquinas em relação ao estoque total.

Neste estudo, esta distinção entre técnicas de medida não é, em parte, relevante porque os equipamentos analisados (transportadoras e *ulsters*) têm a característica de, quando adotados, responderem imediatamente pela totalidade da produção (pelo menos ao nível de seção). Isto significa que a difusão dentro da firma é instantânea.

Os parágrafos anteriores deixaram claro que o estudo da difusão deve ser feito em dois níveis: a descrição do padrão e da velocidade da difusão e a tentativa de identificação das causas daquele padrão. Neste último aspecto, as hipóteses levantadas na literatura podem ser colocadas em dois grupos: diferenças nas características das firmas e diferenças na estrutura de mercado. No restante desta seção, discutiremos o padrão de difusão e em que medida ele poderia ser explicado por diferenças ao nível de empresa. Na próxima seção abordaremos o problema da estrutura do mercado.

O modelo básico de difusão de técnicas disponível na literatura, o qual usaremos neste trabalho, se deve à formulação de Mansfield,<sup>6</sup> e sugere que o processo de ajustamento tem a forma de uma logística. Este formato foi, em Economia, inicialmente sugerido por Griliches<sup>7</sup> e outros, embora esta formulação seja antiga em outros ramos da ciência social. Esta logística pode ser explicada por um modelo que inclui fatores essencialmente econômicos. Trata-se de deslocamento das curvas de oferta e procura pelo novo equipamento.

Na primeira fase, poucas firmas adotam o novo equipamento. Isto se deve, por um lado, à pequena demanda do produto (devido aos riscos da introdução e também aos problemas de falta de informações sobre as vantagens efetivas da novidade nas condições locais de produção) e também à pequena oferta, devido aos elevados custos de fabricação (a produção é geralmente feita sob encomenda e, portanto, sem as vantagens de produção em escala e também pelo fato de não terem ocorrido as modificações que tornam o produto mais adequado às condições locais).

<sup>6</sup> E. Mansfield, "Technical Change and the Rate of Imitation", in *Econometrica*, vol. 29, n.º 4 (outubro de 1961), pp. 741-766.

<sup>7</sup> Z. Griliches, "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change", in *Econometrica*, vol. 25, n.º 4 (outubro de 1957).

A seguir apareceria uma fase de rápido crescimento. Reduzem-se os riscos da utilização da novidade (as firmas atribuem maior importância às informações geradas com a utilização do equipamento pelas firmas pioneiras que aos *reports* dos fornecedores, o que atesta a importância das externalidades no processo de difusão). Há uma redução de custos de produção do lado da oferta, pois a produção deixa de ser feita caso a caso, sob encomenda, o que amplia ainda mais seu mercado. Ocorrem freqüentemente pequenas adaptações que ampliam ainda mais o mercado.

A seguir haveria uma fase de crescimento menos acelerado, com os custos de produção do equipamento já estabilizados, ocorrendo a substituição dos antigos pelos novos.

Finalmente, reduz-se ainda mais a taxa de crescimento, ocorrendo apenas demanda de reposição e para a expansão do setor a que se destina a novidade.

O modelo de Mansfield pode ser apresentado de forma sucinta. Consideremos:

$i = 1 \dots x$ , representa os diversos ramos industriais;

$j = 1 \dots y$ , novas técnicas produtivas;

$n_{ij}$  = total de usuários, efetivos ou potenciais;<sup>8</sup>

$m_{ij}(t)$  = número de firmas que já introduziu a inovação no ano  $t$ ;

$\pi_{ij}$  = lucratividade do investimento na inovação considerada, frente a investimentos alternativos;

$S_{ij}$  = investimento requerido pela inovação, como percentagem dos ativos totais das firmas.

<sup>8</sup> Este número tem que ser definido, uma vez que certas inovações não são igualmente aplicáveis em todas as empresas da indústria considerada. Usualmente, isso se deve a problemas de escala, isto é, certas inovações exigem uma escala mínima para se tornarem econômicas. Como se verá adiante, esse problema se aplica aos casos apresentados neste estudo.

Definamos  $\lambda_{ij}(t)$  como a proporção das firmas que introduzem a inovação em  $t + 1$ , isto é:

$$\lambda_{ij}(t) = \frac{m_{ij}(t+1) - m_{ij}(t)}{n_{ij} - m_{ij}(t)}$$

O modelo básico pode ser agora formulado. A hipótese é que a proporção dos novos usuários da inovação em  $t + 1$  é uma função da proporção de firmas que já tinham introduzido a inovação em  $t$ , da lucratividade do investimento, do tamanho do investimento necessário e de outras variáveis não especificadas, isto é:

$$\lambda_{ij}(t) = f_i \left( \frac{m_{ij}(t)}{n_{ij}}, \pi_{ij}, S_{ij}, \dots \right) \quad (1)$$

A expectativa é de que o sinal de  $\frac{m_{ij}(t)}{n_{ij}}$  deve ser positivo, isto é, quanto maior for o número de firmas que já usam a inovação, mais rápida deve ser a sua aceitação. Como já exposto anteriormente, o maior uso aumenta a informação e reduz seu risco, o que deve ter um efeito sobre  $\lambda_{ij}(t)$ .

O sinal de  $\pi_{ij}$  deve ser positivo pelo simples fato de que uma alta lucratividade da inovação deve estimular sua adoção, mesmo descontando-se diferentes aversões ao risco. Por outro lado, quanto maior  $S_{ij}$  (com  $\pi_{ij}$  constante) menor deve ser  $\lambda_{ij}(t)$ , pois a efetiva utilização das inovações vai depender da superação do problema de financiamento do investimento.

Finalmente, com  $\pi_{ij}$  e  $S_{ij}$  constantes,  $\lambda_{ij}(t)$  deve variar entre indústrias, já que o meio ambiente entre ramos industriais não é uniforme. Este meio ambiente varia porque a estrutura industrial não é uniforme, porque são diferentes as perspectivas de crescimento, as atitudes perante risco, etc.

Admitindo que  $\lambda_{ij}(t)$  possa assumir valores contínuos, a expressão (1) pode ser expandida por uma série de Taylor, o que resulta após simplificações:

$$m_{ij}(t) = \frac{n_{ij}}{[1 + e^{-(\theta_{ij} + \theta t)}]} \quad (2)$$

onde  $l_{ij} =$  constante, e:

$$\theta_{ij} = b_1 + a_{11} \pi_{ij} + a_{12} S_{ij} + z_{ij} \quad (3)$$

onde  $z_{ij} =$  variável aleatória.

As equações (2) e (3) sugerem os resultados básicos do modelo: em primeiro lugar, a difusão das inovações entre indústrias segue um padrão logístico — equação (2). A maior ou menor rapidez da difusão é descrita pelo valor de  $\theta_{ij}$ . Em segundo lugar, o padrão de difusão ( $\theta_{ij}$ ) depende fundamentalmente da lucratividade da inovação e do tamanho do investimento requerido pela novidade.<sup>9</sup>

Portanto, se as hipóteses propostas forem razoáveis, obteremos, a partir de um modelo muito simples, uma estimativa da taxa de difusão, bem como uma “explicação” econômica para seu nível absoluto e para as diferenças interindustriais na adoção. Observe-se que o modelo foi construído explicitamente para ser aplicado tanto entre ramos industriais como dentro de um mesmo ramo. Na verdade, ele foi utilizado também para se tentar explicar a difusão dentro de uma mesma firma.<sup>10</sup>

O modelo dado pela equação (3) tem em geral um bom desempenho estatístico.<sup>11</sup> Entretanto, diversas variáveis adicionais foram testadas, resultando sempre na sua rejeição por critérios estatísticos. Apenas a título de ilustração, vale a pena listá-las:

- a) a durabilidade do equipamento, na expectativa de que quanto mais durável for a máquina, menores serão as necessidades de reposição e de difusão;
- b) a taxa de crescimento das firmas, significando possivelmente menor aversão ao risco e maior capacidade financeira para investir;

<sup>9</sup> Para uma dedução mais detalhada da equação (2), ver Mansfield, *op. cit.*

<sup>10</sup> E. Mansfield, “Intrafirm Rates of Diffusion of an Innovation”, in *The Review of Economics and Statistics*, vol. XLV, n.º 4 (novembro de 1963), pp. 348-359.

<sup>11</sup> Ver Mansfield, “Technical Change...”, *op. cit.*

c) ano em que a inovação foi introduzida: na hipótese de que quanto mais longo for o período, mais informação estará disponível e maior deverá ser a difusão;

d) a fase do ciclo, na hipótese de que a difusão será maior na fase ascendente.

O modelo de Mansfield foi, entre outros, retomado mais recentemente por Romeo.<sup>12</sup> E é interessante observar que, além de  $\pi$  e  $S$ , Romeo consegue introduzir com sucesso novas extensões à equação (3). Suas novas variáveis são as seguintes: a) a estrutura da indústria: é esperado que, tudo o mais constante, a inovação se espalhará mais rapidamente quanto menos concentrada for a indústria;<sup>13</sup> b) a escala da indústria: é esperado que, quanto maior for a escala, mais lento deverá ser o processo de difusão (no sentido de que cada firma da indústria terá que investir mais, em valor absoluto, para fazer o mesmo progresso relativo do que as empresas de indústrias menores); e c) gastos em pesquisa e desenvolvimento como percentagem das vendas: é esperado que, quanto maiores esses gastos, mais rápida será a difusão, dada a maior familiaridade com a inovação.

Como já foi apontado anteriormente, a pesquisa sobre difusão encaminhou-se em dois sentidos: de um lado, formular modelos explicativos do padrão de difusão; de outro, estudar as características das empresas inovadoras quando comparadas com as demais. Apresentada a primeira linha, resta passar à segunda, e para tanto decidimos apresentar o trabalho de Romeo,<sup>14</sup> por considerá-lo suficientemente representativo.

O grupo de usuários e de não-usuários da inovação poderia ser distinguido por três características básicas: a) lucratividade da inovação (em suas relações com risco, conforme já discutimos anteriormente); b) o tamanho da firma, no sentido de que firmas maio-

<sup>12</sup> A. A. Romeo, "Interindustry and Interfirm Differences in the Rate of Diffusion of an Innovation", in *The Review of Economics and Statistics*, vol. LVII, n.º 3 (agosto de 1976), pp. 311-319.

<sup>13</sup> A próxima seção volta a discutir a relação entre a estrutura de mercado e a difusão de inovações.

<sup>14</sup> Romeo, *op. cit.*

res têm maior estoque de máquinas, maior diversificação produtiva e maior capacidade financeira, tudo isto levando a uma maior probabilidade de adotar a inovação; e c) qualidade de administração: é suposto que quanto mais jovem e mais treinada for a direção de uma firma, mais aberta estará esta firma para usar inovações, tudo o mais constante. Deve ser observado que este modelo apresenta um bom desempenho estatístico. Finalmente, e apenas para completar, deve ser lembrado que a variável dependente pode ser medida de duas formas: na forma discreta, pela utilização de uma variável binária que assume o valor 1 para as firmas que se utilizam da inovação e 0 para as demais,<sup>15</sup> ou na forma contínua, quando então a variável dependente mede o número de anos que a firma esperou para introduzir a inovação, após o início de seu uso comercial pelo setor industrial.

A pesquisa descrita na segunda parte deste trabalho segue de perto os modelos até aqui apresentados, ressalvadas apenas as adaptações necessárias aos casos estudados.

### 3 — A estrutura de mercado e o processo de difusão

Nos modelos até aqui apresentados, pouca atenção se deu ao papel da estrutura de mercado sobre o processo de difusão. Na realidade, o modelo básico expresso pelas equações (1), (2) e (3) parece ser mais compatível em uma estrutura competitiva. Tanto isto é verdade que no trabalho de Romeo<sup>16</sup> a consideração explícita da concentração industrial é feita na hipótese de maior difusão com menor concentração. A inclusão do tamanho absoluto da firma como variável importante não precisa ser interpretada como uma considera-

<sup>15</sup> Conforme mostrou Globerman, a utilização extensiva de variáveis discretas pode permitir o aparecimento de problemas de heterocedasticidade. Ver S. Globerman, "Technological Diffusion in the Canadian Tool and Die Industry", in *The Review of Economics and Statistics*, vol. LVII, n.º 4 (novembro de 1975), pp. 428-434.

<sup>16</sup> Romeo, *op. cit.*

ção explícita da estrutura de mercado, mas, ao contrário, como uma medida da escala das operações da indústria.

Contrastando com esse tratamento de Mansfield, muitos economistas sugerem que o papel da estrutura de mercado é muito mais importante que o sugerido anteriormente<sup>17</sup> e que estruturas mais concentradas resultariam em maior rapidez na adoção. A idéia básica aqui, e que se deve a Schumpeter, é a de que a inovação tecnológica é estimulada pela estratégia de competição de empresas oligopolistas, e isto porque a inovação gera *rents* para os inovadores e garante, com mais força, a manutenção das parcelas desejadas de mercado. Por força desses mecanismos de competição observaríamos em mercados menos competitivos maior esforço de pesquisa, maior produção e maior difusão de inovações.<sup>18</sup> Ou, como diz Tavares:<sup>19</sup> “quando alguma empresa importante em determinado setor industrial introduz uma nova técnica, seus concorrentes mais próximos tenderão a copiá-la rapidamente, a fim de manter suas posições relativas no mercado. O elemento que sustenta a velocidade de difusão no caso é o de que, para as empresas que dominam o mercado, as facilidades de acesso ao conhecimento são mais ou menos idênticas para todas elas. Por isso, quando alguém realizar uma inovação importante, os demais competidores não deverão encontrar dificuldades muito sérias em repetir o evento num intervalo relativamente curto de tempo”.

Tavares sugere também que se considere o grau de integração da produção como variável explicativa do processo de difusão. “A segunda hipótese sugerida, de que a velocidade de difusão varia no sentido inverso ao do grau de verticalização das empresas, implica

<sup>17</sup> Inclusive porque numa estrutura de mercado muito concentrada a própria lucratividade da inovação nem sempre pode ser suposta como exógena.

<sup>18</sup> Observe-se, entretanto, que o trabalho de Kamien e Schwartz sugere que há pouca evidência conclusiva com respeito à esperada relação positiva entre concentração e o esforço de inovações e concentração e a produção de inovações. Concluem que “the Schumpeterian hypothesis is far from clear”. Ver M. J. Kamien e N. L. Schwartz, “Market Structure and Innovation: A Survey”, in *Journal of Economic Literature*, vol. XIII, n.º 1 (março de 1975), pp. 1-37.

<sup>19</sup> J. Tavares, “A Difusão de Novos Processos Industriais”, in *Revista de Administração de Empresas*, vol. 15, n.º 1 (janeiro/fevereiro de 1975).

admitir que, uma vez introduzido um novo processo no mercado, as firmas que resolverem não acompanhar a mudança dispõem de uma faixa consideravelmente ampla de possibilidades de conservar suas posições relativas no setor sem realizar a inovação. Por isto, podem adiar esta decisão para o momento que lhes parecer mais conveniente, enquanto examinam com maior cuidado os resultados obtidos por quem inovou, acompanham o desenvolvimento subsequente e adaptações por que passa o novo método de produção, estendem a vida útil dos equipamentos aplicáveis apenas às técnicas preexistentes, etc.”

Voltaremos à discussão destas hipóteses, no contexto de nossa pesquisa, ao fim do trabalho.

#### 4 — Os equipamentos analisados: transportadoras e *ulsters*

Procuraremos acompanhar o processo de difusão das transportadoras e dos *ulsters* a partir de informações geradas através de questionários<sup>20</sup> aplicados diretamente junto ao setor de calçados e de fiação de algodão. Utilizaremos também numerosas informações obtidas em contatos diretos com empresários e técnicos dos dois setores. Apresentaremos inicialmente uma breve descrição das transportadoras e dos *ulsters*. A seguir passaremos a verificar se a trajetória da difusão dos dois equipamentos acompanhou o modelo previsto pela teoria.

Apresentaremos os resultados econométricos e explicaremos, com informações adicionais, como se processou a difusão em cada caso. Finalmente, procuraremos associar a velocidade de adoção das transportadoras e dos *ulsters* às características das empresas.

<sup>20</sup> Foram aplicados 50 questionários no setor de calçados do município de Franca (Estado de São Paulo) e 30 no setor têxtil (Estado de São Paulo, vários municípios). Para uma discussão das características da amostra, ver H. N. Cruz, “Alternativas e Difusão Tecnológicas: O Caso do Setor de Calçados no Brasil”, Tese de Doutorado (São Paulo: FEA/USP, 1977), e Mendonça de Barros *et alii*, “Escolha Tecnológica: O Caso da Fiação de Algodão”, Trabalho para Discussão Interna n.º 12 (São Paulo: IPE, 1976).

#### a) Transportadoras

As transportadoras ou esteiras transportadoras constituem-se em equipamentos destinados ao transporte de materiais e produtos dentro das fábricas de calçados, sendo utilizadas principalmente nas seções de pesponto e nas de montagem e acabamento.

Trata-se de uma esteira acionada por processos manuais, elétricos ou através de motores. Pode incluir diferentes tipos de comando central, que vão dos controles hidráulicos aos pneumáticos.

Dependendo da instalação de cada fábrica e de cada produto a ser transportado, varia a extensão da esteira, sua largura e a velocidade de operações. Exige-se, assim, um projeto para cada máquina a ser instalada. A construção é modulada, permitindo um aumento posterior do número de postos. A introdução de componentes modernizadores é prevista pelos fabricantes das esteiras. A introdução das transportadoras nas seções de montagem e acabamento é indicada para volumes de produção acima de 200 a 300 pares diários. No caso da seção de pesponto, o volume de produção requerido para que sua introdução seja recomendada é ainda maior.

Aparecem como vantagens das transportadoras a redução do material em circulação, a economia de espaço, a distribuição mais rápida do trabalho e a maior facilidade de controle da produção. Genericamente, transforma o processo de montagem e pesponto numa longa linha de produção. O ritmo das operações passa a ser determinado pelas máquinas (o processo de produção torna-se mais contínuo) e impõe noções de *layout* nas fábricas.

#### b) *Ulsters*

O equipamento foi desenvolvido na Suíça em 1946, tendo chegado ao Brasil em 1949. Há atualmente cerca de 200 *ulsters* no Brasil.

Trata-se de um conjunto de equipamentos destinados a analisar a regularidade dos fios têxteis — número de *neps*, tipos de irregularidade — e permite, através de sucessivos testes, indicar a origem (qual das fases anteriores do processo de fiação) do fenômeno. O equipamento é construído de forma modular, permitindo a utilização de apenas alguns componentes. Pode-se utilizar, por exemplo, o espectrógrafo juntamente com o regularímetro.

O equipamento é recomendado para fábricas que produzem com mais de 4.000 fusos (e possivelmente com máquinas modernas, pois de outra forma as vantagens do equipamento dificilmente poderão ser aproveitadas). São principalmente as fábricas que exportam que o utilizam devido a padrões de qualidade mais exigentes. Não há similares nacionais, e mesmo no mercado internacional há poucos concorrentes. O equipamento é eletrônico e muito avançado.

O *ulster* custa, hoje, na origem (Suíça) cerca de 52.000 francos suíços, sendo que atualmente há que considerar os custos dos depósitos de importação, etc. Note-se que o fornecedor não oferece empréstimos para seu cliente, concedendo no máximo crédito por um ano, com 20% de entrada.

A operação do equipamento é simples, não exigindo qualificações especiais, mas requer um engenheiro especialmente treinado para a interpretação dos resultados. Há cursos especializados, fornecidos pela fábrica, para esse propósito.

Embora possa haver subcontratação desse serviço, na verdade é pouco utilizado, devido à frequência de ajuste das máquinas e à repetição de operações para seu ajuste e localização da falha.

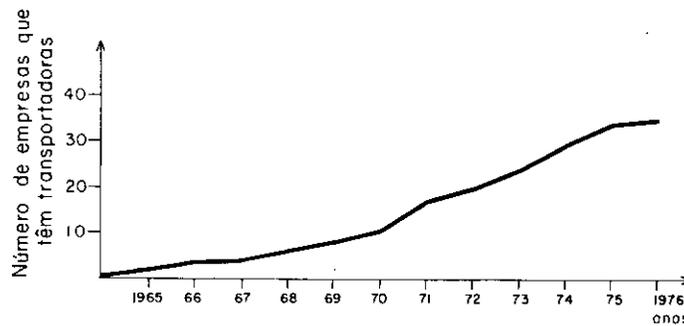
## 5 — O ajustamento das transportadoras à logística

Procuramos nesta seção verificar se a difusão das transportadoras obedeceu à forma da logística, tal como previsto em nossa teoria e verificado em outros estudos.

Fizemos quatro tentativas de ajustamento à logística, todas apresentando resultados altamente significantes estatisticamente. O gráfico a seguir mostra a distribuição acumulada das transportadoras através do tempo, sugerindo por si só forma de uma logística.

A primeira tentativa foi feita utilizando apenas as transportadoras introduzidas na seção de montagem e acabamento. Estabelecemos para  $n$  o valor de 35 (número de empresas com transportadoras para o qual deve tender após todo o processo de ajustamento es

Gráfico I  
DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DAS TRANSPORTADORAS



tar concluído. Note-se que com isto estamos respeitando a estrutura de produção, com pequenas e grandes empresas, e que para as empresas pequenas não é econômica a introdução de transportadoras). Os resultados são altamente significantes, como mostra a regressão 1 da Tabela 1 a seguir.

A segunda tentativa foi feita para as transportadoras da seção de montagem e acabamento com um valor de  $n = 35$ , mas desta vez abandonando as três primeiras observações, tal como sugerido por Griliches.<sup>21</sup> A idéia por trás desta sugestão de Griliches é que os primeiros valores não precisariam corresponder ao padrão da logística. Os resultados permanecem altamente significantes.

A terceira e quarta tentativas foram feitas incluindo também as transportadoras da seção de pesponto. Como este equipamento é econômico apenas para elevadas escalas de operação (possivelmente acima de 1.500 pares por dia), elevamos o valor  $n$  para 50. A tentativa 3 apresenta os resultados utilizando todas as observações e a 4 exclui as três primeiras, como no caso da regressão (2) anterior. Os resultados permanecem altamente significantes.

<sup>21</sup> Z. Griliches, "Production Functions in Manufacturing: Some Preliminary Results", in M. Brown (ed.), *The Theory and Empirical Analysis of Production*, NBER Studies in Income and Wealth, vol. 31 (Nova York: Columbia University Press, 1967).

TABELA 1

## O ajustamento à logística — transportadoras

Número do Teste	Tipos de Transportadoras	Constante ("t" de Student)	Parâmetro $\theta_{ij}$ ("t" de Student)	n	R <sup>2</sup>	Número de Observações
1	Montagem e Acabamento	— 4,19403 (-27,0315) <sup>a</sup>	0,562810 (26,6972) <sup>a</sup>	35	0,9862	12
2	Montagem e Acabamento	— 2,99171 (-25,9352) <sup>a</sup>	0,56139 (28,1659) <sup>a</sup>	35	0,9913	9
3	Pespointo, Montagem e Acabamento	— 3,73760 (-37,1750) <sup>a</sup>	0,441386 (32,3104) <sup>a</sup>	50	0,9905	12
4	Pespointo, Montagem e Acabamento	— 2,9400 (-18,6192) <sup>a</sup>	0,476596 (16,9850) <sup>a</sup>	50	0,9763	9

<sup>a</sup> Parâmetros significantes a 1%.

Parece seguro concluir de tudo isto que o processo de difusão das transportadoras seguiu de perto o padrão da logística. Os resultados estatísticos são altamente significantes.

Além disso, a taxa de adoção das transportadoras revelou-se bastante elevada em relação a outros estudos industriais, tal como mostra a Tabela 2, apresentada em Mansfield,<sup>22</sup> e os dados da Tabela 1 acima.

A justificativa para a rápida difusão das transportadoras encontra-se na substancial redução de custos que o novo processo permite<sup>23</sup> e pela existência de um mercado em rápida expansão (principalmente devido às exportações).<sup>24</sup>

<sup>22</sup> Ver Mansfield, "Technical Change...", *op. cit.*

<sup>23</sup> Devido à falta de informações suficientes, não foi possível determinar a lucratividade do processo que utiliza as transportadoras *vis-à-vis* transporte manual. Há, entretanto, um forte consenso de que o processo teria revolucionado o setor.

<sup>24</sup> O setor de calçados do Brasil apresentou uma elevada taxa de crescimento a partir de 1968 com o advento das exportações, como mostra a tabela a seguir. Para maiores detalhes sobre o setor, ver Cruz, *op. cit.*

TABELA 2

Valores de  $\theta_{ij}$  em várias indústrias

Processos	$\theta_{ij}$
Locomotiva Diesel.....	0,20
Controle Centralizado de Tráfico.....	0,19
Retardadores de Automóveis.....	0,11
Moinho Contínuo de Tira Larga.....	0,34
Subproduto de Carvão de Forno.....	0,17
Têmpera Contínua.....	0,17
Carro Circular.....	0,32
Carregador Móvel sem Trilhos.....	0,32
Máquina de Mineração Contínua.....	0,49
Enlatadora.....	2,40
Engarrafadora de Alta Velocidade.....	0,36
Máquina de Encher Palhetas.....	0,55

FONTE: Mansfield, "Technical Change...", *op. cit.*

Através da pesquisa realizada junto ao setor, colhemos informações adicionais que esclarecem e confirmam o processo de difusão das transportadoras.

a) Primeira fase de introdução das transportadoras

As primeiras transportadoras mecanizadas aparecem na indústria de calçados do Brasil em 1965. Note-se, entretanto, que o *conveyor assembly line system* fora introduzido por Ford na indústria automobilística no início do século, e na década de 30 aparece no setor de calçados. Na década de 50 estava bastante difundido na Europa e Estados Unidos, o que significa que a indústria brasileira relutou durante longo tempo para receber uma novidade tão radical quanto essa.

O processo de introdução das transportadoras atesta a importância da adaptação das novidades às peculiaridades locais. A introdução da primeira transportadora na indústria brasileira de calçados apareceu como resposta não só para o problema do método de transporte de materiais como para melhorar o *layout* da fábrica. A primeira transportadora foi encomendada pela Samello a uma empre-

sa especializada em sistemas de transportes industriais, o que salienta a característica interindustrial do processo de mudança técnica e revela o esforço de adaptação que foi requerido para a produção de uma esteira para as condições de uma fábrica de calçados.

b) Segunda fase da difusão das transportadoras

Depois de dois anos de introdução da transportadora pela firma pioneira, começam a aparecer os seguidores, que crescem em número rapidamente. A indústria de equipamentos para o setor de calçados começa a produzi-los, inicialmente sob encomenda e logo depois em operação para o mercado (os componentes, pois a esteira em si é adaptada para cada fábrica). Há assim uma redução de custos. Surgem logo depois numerosas melhorias nas transportadoras, permitindo diversos tipos de sistemas de controle e sua utilização em diferentes seções da fábrica. O que facilitou esta rápida difusão das transportadoras foi o forte crescimento da produção de calçados, devido ao crescimento das exportações, como vimos anteriormente, o que ampliava a demanda de transportadoras.

Saliente-se também que o estudo da difusão das transportadoras atesta a importância das externalidades, pois as firmas revelaram atribuir grande importância à experiência dos outros empresários com os equipamentos. Assim, no próprio processo de difusão, há uma criação de informações. Adicionalmente, a concentração espacial da produção deve ter facilitado a circulação dessas informações.

c) Terceira fase da difusão das transportadoras

Nesta fase há apenas a demanda para reposição do equipamento e para crescimento do setor de calçados como um todo. Onde caberia a substituição dos antigos métodos pelos novos a tarefa já estava realizada. Por volta de 1975, teríamos alcançado essa fase segundo numerosas impressões colhidas junto ao setor e conforme constatado com as firmas da amostra.

Parece, portanto, seguro concluir que não apenas os testes econômicos foram favoráveis, mas outras informações tendem a confirmar que a difusão das transportadoras na indústria de calçados acompanhou as previsões da teoria.

## 6 — O ajustamento dos *ulsters* à logística

O ajustamento dos *ulsters* à logística também apresentou boa aderência, como sugere a própria distribuição acumulada do número de *ulsters* nas empresas da amostra, apresentada no gráfico a seguir.

A Tabela 3 mostra que o ajustamento econométrico da logística apresentou níveis de significância bastante elevados também no caso dos *ulsters*, tanto no caso em que se utiliza a totalidade de informações como no caso em que se abandona as três primeiras empresas que adotam o equipamento, como sugere Griliches.

Gráfico 2

### DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DOS *ULSTERS*

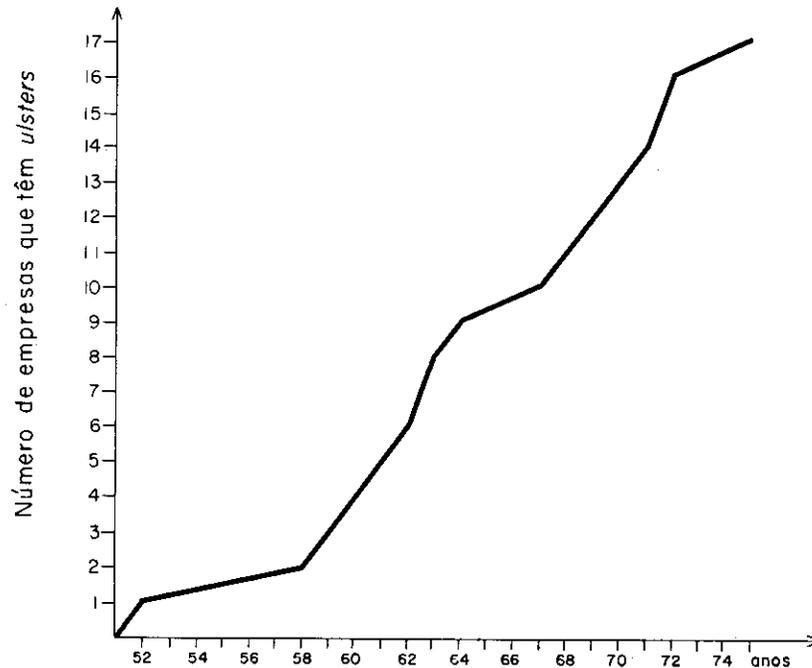


TABELA 3

O ajustamento à logística — *ulsters*

Número do Teste	Constante ("t" de Student)	Parâmetro $\theta_{ij}$ ("t" de Student)	n	R <sup>2</sup>	Número de Observações
1	— 3,56658 (—26,1444) <sup>a</sup>	0,217535 (23,7057) <sup>a</sup>	20	0,9395	25
2	— 2,51976 (—13,7500) <sup>a</sup>	0,217501 (13,5325) <sup>a</sup>	20	0,9151	19

<sup>a</sup> Parâmetros significantes a 1%.

Embora os primeiros *ulsters* apareçam nas empresas da amostra no início da década de 50, foi na de 60 que se acelerou o processo de difusão. O parâmetro que mede a taxa de difusão ( $\theta_{ij}$ ) apresentou valores baixos quando comparados com o caso das transportadoras, devido à mais lenta difusão (embora próximos à média dos valores da Tabela 2) que se estendeu desde o início da década de 50. Isso se deve provavelmente ao fato de que o montante de recursos necessários para introduzir os *ulsters* só os torna econômicos a elevada escala de operações. Note-se que o setor têxtil apresenta uma taxa de crescimento no período bastante inferior ao setor de calçados. (Também neste caso não foi possível comparar a lucratividade do equipamento em relação a processos alternativos.)

## 7 — Informações adicionais sobre a difusão dos *ulsters*

No caso dos *ulsters* nota-se que o equipamento chegou ao Brasil cerca de três anos após seu aparecimento na Europa, o que revela que o cruzamento de fronteiras foi bastante rápido, principalmente se considerarmos o exemplo das transportadoras apresentado anteriormente. Como se trata de um equipamento eletrônico bastante complexo, não se permite com tanta facilidade a implementação de adaptações advindas do seu funcionamento nas fábricas. As adap-

tações para as peculiaridades das condições do Brasil também são dificultadas pela inexistência de firmas nacionais produtoras de similares, sendo que o produto exige elevado tamanho de mercado para ser produzido, o que dificulta a sua fabricação para atender aos requisitos específicos das diferentes regiões.

A aceleração da difusão dos *ulsters* ganha forças com a promoção de exportações, pois os padrões de qualidade requeridos no mercado internacional são mais exigentes que aqueles que prevalecem no mercado interno. É de se imaginar, portanto, que o mercado para o produto esteja condicionado pelo desempenho das exportações brasileiras. Note-se que a resposta da produção doméstica de bens de capital, que ficou evidenciada no caso das transportadoras, não se manifestou no caso dos *ulsters*, devido, provavelmente, à relativa pequena dimensão do setor têxtil nacional em relação às especificações exigidas para a produção de um equipamento tão complexo.

## 8 — Características das empresas que adotaram as transportadoras

Procuraremos agora acompanhar o processo de difusão das transportadoras, verificando as características das empresas que primeiro as adotaram em relação às demais firmas do setor.

O primeiro trabalho que procurava associar a taxa de adoção de um progresso técnico às características da empresa foi o de Mansfield.<sup>25</sup> Apresenta como principais variáveis para a adoção da novidade o tamanho das firmas e a lucratividade da inovação para ela *vis-à-vis* as demais firmas, encontrando uma relação positiva nos dois casos. Coloca como outras variáveis explicativas a taxa de crescimento, a idade do presidente da empresa, a liquidez e a tendência do lucro, apresentando resultados estatisticamente não significantes para as indústrias selecionadas.

<sup>25</sup> E. Mansfield, "The Speed of Response of Firms to New Techniques", in *Quarterly Journal of Economics*, vol. LXXVII, n.º 2 (maio de 1963), pp. 290-309.

Globerman e Romeo,<sup>26</sup> seguindo as linhas do trabalho de Mansfield, encontraram resultados na mesma direção.

O modelo pode ser apresentado, no caso mais simples,<sup>27</sup> como:

$$d_j = Q_j^{a_1} H_j^{a_1} S_j^{a_2} F^{e_j}$$

onde:

$d_j$  = número de anos que a empresa  $j$  espera até adotar a inovação;

$H_j$  = medida da lucratividade da inovação;

$S_j$  = tamanho da empresa;

$Q_j$  = mede um fator de escala;

$F$  = uma variável aleatória;

e onde se espera que  $a_1$  e  $a_2$  sejam negativos.

## 9 — Variáveis utilizadas

Procuraremos introduzir algumas modificações no modelo anterior, buscando adaptá-lo às condições dos dois setores estudados e à riqueza de informações disponíveis através da pesquisa do IPE/USP. Adotaremos as seguintes variáveis:

### a) Setor de Calçados

i) Variável tamanho: a justificativa para a introdução da variável tamanho, dada por Mansfield, é: as firmas maiores correm menores riscos em serem as pioneiras devido à maior disponibilidade de recursos financeiros e às maiores facilidades de experimentação (mais informação, pessoal mais qualificado); as firmas maiores têm um conjunto maior de equipamentos, sendo portanto mais provável

<sup>26</sup> Veja-se Globerman, *op. cit.*, e Romeo, *op. cit.*

<sup>27</sup> Colocaremos algumas variáveis adicionais, que introduziremos no modelo (1), mantendo a mesma estrutura de  $H_j$ ,  $S_j$  ou  $Q_j$ .

que a novidade lhes seja adequada; e, devido ao maior número de equipamentos, fica maior a probabilidade de que deva repor antigos equipamentos (e, portanto, diminuem os entraves à adoção rápida).

Parece-nos importante salientar que o crescimento das empresas significa a superação de um número de indivisibilidades, inclusive as requeridas para a adoção de uma novidade qualquer.

Adotaremos como variáveis *proxies* do tamanho das empresas o valor de vendas em 1975 e o valor do capital aplicado em equipamentos também em 1975.

ii) Variável informação: medida através do número de feiras (multiplicado por 3)<sup>28</sup> e de revistas que as empresas recebem (multiplicado por 1), constituindo assim um índice de informação. A justificativa é que o conhecimento das novidades pode ter tido um papel importante como determinante da taxa de difusão das transportadoras. A relevância desta variável foi sugerida pelos questionários quando perguntamos sobre os tipos de informações mais utilizados.

iii) Variável educação: medida através do nível máximo de instrução alcançado pelos indivíduos das empresas que fazem parte da amostra. Substitui a variável idade do modelo de Mansfield, especialmente pelo efeito conjugado com as variáveis informação e fundação das empresas.

iv) Variável fundação: procura medir a experiência da empresa no setor, através do número de anos desde a sua fundação.

v) Variável taxa de crescimento da empresa: procurando desta forma avaliar as necessidades de equipamento que ocorrem com o crescimento que determinaria a modernização do setor e das empresas. A taxa de crescimento foi calculada alternativamente pelos critérios das vendas e do capital (a taxa de variação entre 1973 e 1975) por serem as únicas disponíveis.

vi) Variável exportação: utilizada devido à enorme influência modernizadora advinda de pressões do setor externo. Pode, no caso

<sup>28</sup> A idéia de multiplicar por 3 o número de feiras e adicionar ao número de revistas surgiu em entrevistas com técnicos do setor.

das transportadoras, refletir também as exigências de standardização requeridas pelos grandes importadores.

b) Setor de Fiação

As variáveis escolhidas no setor de fiação foram praticamente as mesmas do setor de calçados, com exceção da taxa de crescimento, que não pôde ser calculada devido à falta de informações.

i) Variável tamanho: adotaremos três medidas alternativas para avaliar o tamanho das empresas da amostra: vendas: medida pelo valor das vendas de setembro de 1975 de todos os produtos das empresas; capital: medida pelo valor do Balanço do Capital mais Reservas e Fundos em 1975 das empresas da amostra; e fusos: o número dos fusos é a medida mais comumente utilizada no setor para dimensionar uma fiação.

ii) Variável informação: medida pelos mesmos critérios do setor de calçados.

iii) Variável educação: medida pelo número de engenheiros nas empresas em 1975. Relaciona-se, portanto, mais diretamente com o nível de produção que no caso do setor de calçados (onde é pouco disseminada a presença de engenheiros).

iv) Variável fundação: mesmo critério do setor de calçados.

v) Exportação: mesmo critério do setor de calçados.

## 10 — O ajustamento econométrico

a) Setor de Calçados

Utilizamos essas variáveis tanto com valores contínuos como com valores discretos. A idéia de utilizar variáveis discretas nesses casos já tinha aparecido com Globerman<sup>29</sup> e procura mostrar que haveria mais valores críticos para determinar os diversos tipos de comportamento do que relações contínuas.

<sup>29</sup> Ver Globerman, *op. cit.*

Procuramos testar este modelo para a amostra em sua totalidade e também para o caso que inclui apenas as empresas que possuem transportadoras, a fim de contornar o problema advindo do fato de que é apenas a partir de determinado tamanho que a sua introdução se torna econômica.

É importante salientar que os resultados encontrados são mais consistentes que os geralmente apresentados na literatura, especialmente no caso de variáveis contínuas, como atestam os valores encontrados na Tabela 4.

A adoção de forma logarítmica, que está mais de acordo com a teoria desenvolvida anteriormente, mostrou-se mais capaz de especificar o fenômeno, melhorando substancialmente os resultados.

Saliente-se que no caso da totalidade das empresas da amostra aparece de forma bastante consistente a presença da variável tamanho, tanto nos casos em que foi medida pelo valor das vendas, como no caso em que foi aferida pelo capital. Aparece com valor ainda mais significativa a variável nível de educação. No caso das variáveis discretas, surge com bastante força a variável que mede o número de anos desde a fundação das empresas, mostrando que um mínimo de experiência deve ser relevante para a adoção mais rápida dos equipamentos novos. Apenas com critérios de rejeição estatística menos exigentes é que aparecem as variáveis exportação (discreta) e taxa de crescimento das vendas.

No caso da amostra que inclui apenas as empresas que possuem transportadoras ocorre com papel quase que exclusivo a variável dimensão das empresas, quer medida pelo valor das vendas, quer medida pelo capital.

Não há muitas dúvidas de que outras variáveis foram importantes para o processo de difusão das transportadoras, que entretanto foram eliminadas devido à existência da multicolinearidade.

É sabido, por exemplo, que no processo de difusão tecnológica a variável informação desempenha um papel importante. E as razões não são apenas teóricas. Segundo identificamos em nosso questionário, as empresas atribuem grande importância à experiência de outros empresários com o equipamento (poder-se-ia, por este lado,

alegar que a variável educação também mede o fenômeno da informação, e que ela própria passa pelos testes de significância, mas não da forma que seria mais indicada). Pode-se concluir com segurança, entretanto, que a identificação de uma variável de tamanho, a presença do número de anos da fundação e a variável educação aparecem como resultado altamente satisfatório.

A qualidade de nossos resultados pode ser aferida comparando com os obtidos em outros estudos semelhantes. Os estudos de Romeo e Globerman com a difusão dos sistemas de Controle Numérico em máquinas-ferramenta nos Estados Unidos e Canadá indicam um  $R^2$  múltiplo de 0,464 e 0,265, respectivamente. As variáveis significativas estatisticamente no caso de Globerman foram o tamanho das empresas (medida pelo número de empregados) e a idade do seu presidente (sua amostra é de 82 empresas). No caso de Romeo aparecem estas mesmas variáveis e, adicionalmente, a educação do presidente da empresa (sua amostra inclui 104 empresas).

Essas comparações permitem que se afirme que os resultados encontrados com as transportadoras são consistentes com a literatura, esclarecedores sobre o papel de outras variáveis que até então tinham sido pouco exploradas e do ponto de vista estatístico, superior aos geralmente encontrados.

#### b) Setor de Fiação

Como no caso das transportadoras, a utilização de variáveis discretas e a aplicação da especificação logarítmica não implicaram diferenças significativas de ajustamento; optamos, neste caso, por apresentar os resultados utilizando apenas variáveis contínuas com a especificação linear.

Aparecem, utilizando alternativamente as três medidas de tamanho, sempre como variáveis relevantes para explicar o ajustamento da função a uma variável que mede o tamanho da empresa — o que é compatível com o elevado valor do equipamento — e o índice de informação. O ajustamento também neste caso é bastante bom se comparado com outros estudos desta natureza.

A variável exportação não aparece com coeficiente estatisticamente significativo, provavelmente devido à presença de multicoli-

TABELA 4  
Explicação das transportadoras — análise de regressão

Número	Número de Observações	Variáveis Independentes	Coefficientes das Variáveis Relevantes e o "t" de Student	R <sup>2</sup>
1	50	FUNDC; INFC; VDAC; EXPC; EXPD (Contínuas)	0,0713 + 0,000 (VDAC) + 2,0206 (EXPD) 2,1957 <sup>b</sup> 1,9373 <sup>c</sup>	0,2831
2	48	EDU; INFC; KPTC; TXKC (Contínuas)	--- 0,1091 + 0,3448 (EDU) 4,6877 <sup>a</sup>	0,3232
3	39	VDAC; EDU; INFC; TXVC (Contínuas)	-- 1,2873 + 2,1689 (EDU) 4,0828 <sup>a</sup>	0,3105
4	39	EDU; INFC; VDAC; TXVC (Contínuas)	--- 0,4626 + 0,3514 (EDU) + 0,0080 (TXVC) 4,8085 <sup>a</sup> 1,4929	0,4286
5	50	EXPD; EDU; NAD; VDAD; INFED (Discretas)	0,5372 + 0,2645 (EDU) + 0,2475 (NAD) 3,3775 <sup>a</sup> 2,4140 <sup>a</sup>	0,4010
6	48	KPTC; TXKC; INFC (Contínuas)	- - 0,9898 + 1,8631 (EDU) + 0,0003 (KPTC) 3,4966 <sup>a</sup> 2,8139 <sup>a</sup>	0,3733
7	50	EXPD; VDAD; EDU; INFED; NAD (Discretas)	0,5410 + 0,0413 (VDAD) + 0,2358 (NAD) + 0,2426 (EDU) 0,4951 2,2416 <sup>b</sup>	0,4041
8	33	FUNDC; INFC; VDAD; EXPC; EXPD (Contínuas)	4,4660 + 0,0000 (VDAD) 2,2827 <sup>b</sup>	0,1439
9	33	VDAD; EXPC; FUNDC; INFC; EXPD (Contínuas)	4,4660 + 0,0000 (VDAD) 2,2827 <sup>b</sup>	0,1439

10	32	KPTC; TXKC; INFC; EDU (Contínuas)	4,8917 + 0,0002 (KPTC) 2,8945 <sup>b</sup>	0,2183
11	33	KPTC ou VDC; EXPC; NANO; FUND; INFC; EDU (LOG Contínuas)	1,4759 + 0,0349 (EXPC) 2,2543 <sup>a</sup>	0,1408
12	50	VDAC; EXPC; INFC; NANO; FUND; EDU (LOG Discretas)	- 11,7415 + 0,7622 (VDAC) + 1,6388 (EDU) + 1,4597 (FUND) 2,8302 <sup>a</sup> 1,8582 <sup>c</sup> 2,8211 <sup>a</sup>	0,5662
13	50	EXPD; VDAD; NTK; INFD; EDU; NAD	- - 0,0171 + 0,0806 (VDAC) + 0,3138 (NAD) + 0,2981 (EDU) 0,8061 2,3383 <sup>a</sup> 2,5762 <sup>a</sup>	0,41131
14	49	KPTC; INFC; NANO; EXPC; FUND; EDU (LOG Contínuas)	- 7,6900 + 0,5862 (KPTC) + 1,7812 (EDU) + 1,1611 (FUND) 2,9015 <sup>b</sup> 2,1109 <sup>a</sup> 2,1477 <sup>a</sup>	0,5756

<sup>a</sup> Significante a 1%.

<sup>b</sup> Significante a 5%.

<sup>c</sup> Significante a 10%.

Símbolos utilizados:

EXPC = Exportação Contínua.

EXPD = Exportação Discreta (2 se exporta, 1 não se exporta).

VDAC = Vendas Contínua.

VDAD = Vendas Discreta (abaixo de Cr\$ 5.000 = 1; de Cr\$ 5.000 a Cr\$ 10.000 = 2; e acima de Cr\$ 10.000 = 3).

NANO = Transportadora Contínua.

NTK = Transportadora Discreta (tem transportadora = 2; não tem transportadora = 1).

INFC = Informação Contínua.

INFD = Informação Discreta (acima de 20 = 3; de 10 a 20 = 2; abaixo de 10 = 1).

EDU = Educação (superior = 3; secundário = 2; primário = 1).

FUND ou FUND = Anos de Fundação Contínua.

FUND = Anos de Fundação Discreta (mais de 15 anos = 3; de 5 a 15 anos = 2; menos de 5 anos = 1).

KPTC = Capital Contínua.

KPTD = Capital Discreta.

TXKC = Taxa de Crescimento do Capital.

TXVC = Taxa de Crescimento de Vendas.

nearidade, sobretudo por estar altamente correlacionada com a variável de tamanho. A variável nível de educação, medida pela presença de engenheiros, que fora relevante no caso das transportadoras, perde força no caso dos *ulsters*, pois praticamente todas as empresas os utilizam em nível semelhante, não restando forma de ajustar e explicar a variância residual.

A variável fundação, que também desempenhara importante papel no caso das transportadoras, não aparece como relevante no caso dos *ulsters*, devido à elevada idade de fundação das empresas, significando possivelmente que, de maneira geral, as empresas teriam atingido o nível crítico de experiência, tornando esta variável pouco útil para explicar comportamentos diferenciados.

Em resumo, esses resultados parecem indicar como relevantes variáveis consistentes com a literatura e que não estão em desacordo com o estudo das transportadoras acima.

TABELA 5  
*Ulsters — análise de regressão*

Número da Regressão	Número de Observações	Variáveis Independentes	Coefficientes das Variáveis Relevantes e "t" de Student Calculado	R <sup>2</sup>
1	29	VDAC; EXP; ENG; INF; FUND	-10,2813 + 1,4286 (VDAC) + (3,6154) <sup>a</sup> + 0,9042 (INF) (2,1272) <sup>b</sup>	0,5189
2	29	KPTC; EXP; ENG; INF; FUND	11,0539 + 1,2018 (KPTC) + (2,5265) <sup>a</sup> + 1,0796 (INF) (2,3981) <sup>b</sup>	0,4196
3	29	EXP; FUSO; ENG; INF	- 17,0480 + 1,9270 (FUSO) + (4,1671) <sup>a</sup> + 0,9439 (INF) (2,3903) <sup>b</sup>	0,5665

<sup>a</sup> Significante a 1%.

<sup>b</sup> Significante a 5%.

Símbolos utilizados:

VDAC = Vendas.  
EXP = Exportação.  
INF = Informação.  
FUND = Fundação.  
KPTC = Capital.  
ENG = Engenheiros.  
FUSO = Fusos.

## 11 — Análise discriminante

### a) Setor de Calçados

Procuramos com a análise discriminante verificar se haveriam características bastante diferenciadas entre os grupos que possuem transportadoras (e na medida em que o grupo das empresas que possuem transportadoras possa ser considerado o grupo das empresas “modernas”, pois, como nos foi sugerido por um técnico do setor, a transportadora seria um equipamento-chave)<sup>30</sup> e as demais empresas do setor. Como mostram as Tabelas 6 e 7, a separação entre as empresas que possuem transportadoras pode ser feita segundo um vetor que inclui numerosas variáveis, como atesta os valores dos  $F$  no passo zero. Entretanto, devido ao problema de multicolinearidade,

TABELA 6

*Análise discriminante: tem e não tem transportadoras — variáveis contínuas*

Nomes das Variáveis	$F$ no Passo Zero	$F$ no Último Passo	Pesos das Variáveis	$F$ para Entrar
Vendas.....	5,7601 <sup>b</sup>	0,9610	0,90749	0,1421
Exportação.....	3,3506	0,8311	- 0,83891	0,8311
Fundação.....	10,2271 <sup>a</sup>	2,8211 <sup>b</sup>	0,76485	2,9716
Informação.....	7,4760 <sup>a</sup>	0,0012	-	-
Educação.....	23,2913 <sup>a</sup>	11,0610 <sup>a</sup>	1,49085	23,2913 <sup>a</sup>
Constante.....			0,41978	

$F_0 = 6,899$  (significante a 1%).

Ver notações na Tabela 4.

<sup>30</sup> A existência das transportadoras como equipamento-chave foi sugerida por um importante técnico do setor. Os principais argumentos relacionam-se às exigências de um *layout* mais organizado, o que implica mudanças técnicas e administrativas para seu aproveitamento. A deficiência é que elimina as pequenas empresas, para as quais a adoção das transportadoras não é econômica, o que as incluiria no grupo das não-modernas, o que não é estritamente verdadeiro.

TABELA 7

Análise discriminante: tem e não tem transportadoras —  
variáveis discretas

Nomes das Variáveis	F no Passo Zero	F no Último Passo	Pesos das Variáveis	F para Entrar
Exportação.....	6,1455 <sup>b</sup>	0,0425	0,10811	0,0425
Vendas.....	10,6281 <sup>a</sup>	0,3429	0,23234	0,2452
Informação.....	1,1713	0,0670	-0,14815	0,0688
Educação.....	23,2913 <sup>a</sup>	6,7915 <sup>b</sup>	1,38624	23,2913 <sup>a</sup>
Fundação.....	16,4839 <sup>a</sup>	4,7201 <sup>b</sup>	1,00820	5,8305 <sup>b</sup>
Constante.....			0,46722	

$F_a = 6,006$  (significante a 1%).

Ver notações na Tabela 4.

no último passo nem todas as variáveis aparecem com valores significantes estatisticamente, tanto com a utilização de variáveis contínuas como com valores discretos.

Como se nota pela tabela, as variáveis que se revelaram mais importantes para discriminar os dois grupos foram o nível de educação e o período de fundação das empresas, dados os pesos mais elevados e a significância das variáveis do ponto de vista estatístico.

#### b) Setor de Fiação

Os resultados da análise discriminante mostram que as variáveis que poderiam ser selecionadas para separar o grupo das empresas que possuem *ulsters* das demais seria uma variável de tamanho, aqui representada pelo número de fusos (que era o melhor ajustamento da análise de regressão), o índice de informação e, mais abaixo, o valor das exportações que se associa a padrões de qualidade mais exigentes requeridos pelo mercado internacional. Estes resultados se assemelham aos encontrados com a Análise de Regressão apresentados acima, com a exceção da variável exportação, que aqui aparece com papel mais destacado. Note-se ainda que mesmo as variáveis que não são significantes estatisticamente para discriminar os dois grupos de empresas apresentam pesos com os sinais corretos.

TABELA 8

*Análise discriminante: tem e não tem ulsters*

Names das Variáveis	F para Entrar	F no Passo Zero ( $F_0$ )	F no Último Passo	Pesos
		(GL = 1, 27)		
Exportação.....	1,1992 (1, 24)	4,6762 <sup>b</sup>	1,2190	0,92952
Número de Fusos.....	7,4998 (1, 26) <sup>b</sup>	10,1726 <sup>a</sup>	0,9181	0,82643
Número de Engenheiros.....	0,7827 (1, 23)	1,2648	0,7827	0,51734
Informação.....	10,6484 (1, 27) <sup>a</sup>	10,6484	8,1851	1,72154
Fundação.....	1,0635 (1, 25)	1,2145	1,9253	0,83820
Constante.....				0,34198

Valor de  $F$  no último passo = 4,754 (significante a 1%, com 5, 23 graus de liberdade).  
Ver notações na Tabela 4.

## 12 — Resumo e conclusões

O acompanhamento do processo de difusão tecnológica das transportadoras na indústria de calçados e dos *ulsters* na indústria têxtil mostrou similaridades e diferenças importantes entre si, tanto no que se refere à velocidade do processo como das variáveis explicativas para o comportamento das empresas entre os dois setores.

No caso das transportadoras observamos que o equipamento chega à indústria de calçados do Brasil após vários anos de utilização no resto do mundo, sendo que a sua introdução dependeu de esforços e conhecimentos produzidos pelas empresas produtoras nacionais, embora houvesse uma empresa multinacional que a conhecesse e produzisse na sua matriz (a United Shoe Machinery Corporation; note-se que esta empresa conhecia o processo, mas especializou-se num modelo de produto mais avançado, que ainda não é utilizado no País). Uma vez iniciado o processo de difusão, ele se desenvolve em elevada velocidade. Devido à alta lucratividade do novo processo, ocorre crescimento da produção voltada para o mercado internacional — que também pressiona a utilização do equipamento através de suas exigências de padrões de qualidade e standardização mais rígidos. A indústria doméstica produtora de transportadoras promoveu adaptações no processo, pois se tratava de um equipamento

de produção relativamente simples e que exigia um projeto para cada fábrica. Ficou salientado neste caso o papel de relações interindustriais, pois as primeiras transportadoras foram encomendadas por uma empresa especializada em transportes industriais que nada tinha a ver com o setor de calçados.

No caso dos *ulsters* o equipamento chega ao Brasil poucos anos após a sua utilização em outros países, sendo que a indústria doméstica ainda não produz equipamento similar. Embora a sua introdução no País tenha sido rápida, seu processo de difusão somente se acelera com o crescimento do mercado interno e com a expansão para o mercado internacional — que também neste caso pressiona as fábricas a utilizar o novo equipamento através de seus requerimentos de maior padrão de qualidade dos fios têxteis. Neste caso, não houve adaptações a fazer para o mercado interno, uma vez que o mercado local não tem dimensões suficientes para que se modifique um equipamento tão complexo como o *ulster*.

Aparece como variável importante para explicar o comportamento das empresas como padrão de adoção dos equipamentos, tanto no caso das transportadoras como no caso dos *ulsters*, o tamanho das empresas, o que atesta a importância das indivisibilidades no processo de difusão tecnológica: note-se que os dois equipamentos exigem elevadas escalas de operação (elevadas em relação ao tamanho dos estabelecimentos de cada setor). Parece ter ficado claro da análise que o processo de difusão tecnológica é também um problema de difusão de informações. E as informações não são elementos estáticos, sendo elas próprias geradas no desenvolvimento do processo de difusão, como atesta a ênfase atribuída pelos empresários à experiência de outras empresas com o equipamento. A variável informação aparece com destaque, especialmente no caso dos *ulsters*.

No caso das transportadoras, aparecem como variáveis adicionais para o comportamento das empresas do setor de calçados o nível de instrução e a experiência das empresas, medidas pelo número de anos de fundação. No caso dos *ulsters*, temos, além das variáveis tamanho e informação, aquela que mede as exportações das empresas do setor de fiação têxtil.

Conforme já se discutiu ao longo deste trabalho, não se considerou explicitamente o papel da estrutura industrial no processo

de difusão, em contraste com outras pesquisas — como a de Tavares e outros.<sup>31</sup> Várias foram as razões que nos levaram a isto. Em primeiro lugar, ao decidir analisar o setor de fiação de algodão (porque aqui o processo tecnológico fica mais finamente definido) já excluimos de saída a tecelagem, tinturaria, etc.; isto por definição já elimina a variável integração industrial. Ao mesmo tempo, trabalhamos com um produto praticamente homogêneo, o que também acaba por excluir possibilidades de diferenciação do produto.<sup>32</sup> Ademais, e isto vale tanto para fiação como para calçados, os setores industriais analisados são relativamente pouco concentrados, inclusive espacialmente, o que deve reduzir o valor explicativo da variável. Em resumo, julgamos que nos casos estudados as características das empresas são variáveis relativamente mais poderosas que a concentração e a integração industrial, sem que isto signifique que elas não sejam relevantes em outros casos. Daí nossa opção ter sido a de trabalhar na tradição de Mansfield, e não na de Schumpeter.

Finalmente, é preciso discutir algumas implicações deste estudo sobre a política industrial. Três pontos parecem ser mais relevantes: o impacto da difusão de técnicas sobre o setor de bens de capital, o papel das exportações e a relevância do nível de informação sobre o desempenho tecnológico.

Com relação ao setor de bens de capital, vale dizer que a difusão de técnicas é o primeiro passo de um processo de substituição de importações. Com a difusão eleva-se o tamanho do mercado doméstico de equipamentos e com isso aumenta a probabilidade de que se possa alcançar escalas mínimas na produção de bens de capital; da mesma forma, maior sendo o mercado maiores serão as possibilidades de que a linha de produção de equipamentos possa ser diversificada o suficiente para atender às necessidades dos clientes. Finalmente, o processo de difusão é também um processo de aprendizado, onde o uso, a manutenção e, eventualmente, a própria produção da máquina vão gerando conhecimentos e mão-de-obra espe-

<sup>31</sup> Ver Tavares (ed.) *et alii*, *Difusão de Inovações...*, *op. cit.*

<sup>32</sup> Há que se considerar também que a utilização do *ulster* está muito associada à exportação de fios. Isto reduz substancialmente a importância da demanda de outros segmentos da empresa sobre o processo de difusão.

cializada que podem resultar na viabilização de projetos mais amplos de substituição de importações. O caso das transportadoras ilustra bem esses pontos.

Entretanto, deve ser salientado que as observações acima expostas não são condições suficientes para a produção nacional. Em vários casos, a complexidade tecnológica do equipamento está tão acima das possibilidades da indústria local que um processo de difusão bem sucedido não basta para resultar em produção nacional, como atesta o caso dos *ulsters*. Na realidade, transportadoras e *ulsters* podem ser encarados como representando uma situação muito mais ampla, em termos de indústria brasileira, isto é, o relativo sucesso na expansão (com firmas nacionais, em boa parte) do ramo mecânico e as dificuldades observadas no ramo eletrônico. Embora não seja a única variável relevante, é fora de dúvida que as diferenças no acesso à tecnologia básica representam uma boa parte da história.

O segundo ponto a ser salientado diz respeito às exportações. Nos dois casos analisados, ficou patente um intenso processo de renovação tecnológica em dois dos setores mais "tradicionais" da indústria brasileira. E nos dois casos identificou-se que a abertura ao exterior foi decisiva para que se alcançasse esse resultado. Este ganho, de caráter dinâmico, qualifica em parte as conclusões de que as exportações de produtos manufaturados tradicionais são "beneficiadas em demasia" pelo sistema de incentivos à exportação. Isto não significa que o sistema de incentivos deva ser congelado ao longo do tempo, mas apenas que às eventuais perdas econômicas, identificadas por critérios estáticos, juntam-se ganhos de caráter dinâmico. A própria elevação da produtividade, resultante da modernização tecnológica, facilita a revisão do sistema de incentivos inicialmente montado.

Finalmente, resulta claro de nossa análise a importância da geração de informações. Como implicação pode-se dizer que uma política industrial necessita da criação do maior número possível de canais de informação. Vale ter presente aqui, e a nossa pesquisa de campo o comprova, que, apesar de toda a tecnologia de informações, ainda hoje os canais mais poderosos são o contato pessoal e a observação direta.