

# Uma análise da adaptação tecnológica na indústria leiteira\*

RUBEN TANSINI\*\*  
THOMAS STERNER\*\*\*  
MARIO ZEJAN\*\*\*

*Este trabalho analisa, para a indústria de laticínios, os resultados e as características decorrentes de adaptações na tecnologia, quando esta é transferida do meio em que foi produzida, a Suécia, para um país em desenvolvimento, o Uruguai. Com essa finalidade, são estimadas funções-custo translog e comparadas as direções dos efeitos de escala e de alteração tecnológica, e as elasticidades-preço e substituição resultantes. Os resultados indicam que a tecnologia usada no Uruguai não difere sensivelmente da utilizada na Suécia. Conclui-se, pois, que a margem para adaptação tecnológica nesta indústria é limitada.*

## 1 - Introdução

Este trabalho se propõe a analisar as características das adaptações sofridas pela tecnologia na indústria leiteira, ao ser transferida de um país desenvolvido para outro em desenvolvimento. Para tanto, são estudadas as particularidades da tecnologia empregada quando do processamento industrial de leite: recebimento, armazenamento, pasteurização e separação do leite, antes de ser enviado a outros setores da empresa para ser transformado em produto final. A adaptação é analisada por meio de uma comparação entre as características da tecnologia empregada em um país desenvolvido (Suécia) e um país em desenvolvimento (Uruguai). O estudo se concentra na identificação das mudanças na intensidade de utilização dos fatores produtivos, em decorrência de variações na escala de produção, na tecnologia disponível e nos preços dos fatores de produção.

Sendo um estudo de caso sobre a adaptação de tecnologia, a escolha desses países se mostra especialmente interessante, na medida em que a Suécia é o país de origem da empresa multinacional que lidera a produção de tecnologia e equipamentos para

---

Nota do Editor: Tradução não revista pelos autores.

\* O trabalho de R. Tansini e M. Zejan foi realizado com o apoio financeiro da SAREC, Suécia. Zejan agradece também a HSFR, Suécia, pelo apoio financeiro recebido.

\*\* Do Instituto de Economia da Universidade da República do Uruguai.

\*\*\*Do Departamento de Economia da Universidade de Gotemburgo, Suécia.

a indústria leiteira do mundo inteiro: a Alfa Laval. A atividade desta companhia na geração de tecnologia e maquinário se realiza em contato direto com as empresas produtoras de leite daquele país. Em consequência, o processamento de leite nas usinas suecas faz uso de tecnologia de ponta no mundo. Assim, a comparação das características das usinas uruguaias com as suecas significa fazer um paralelo entre o uso da tecnologia de um país em desenvolvimento com os métodos mais avançados da tecnologia mundial. Já a indústria de laticínios uruguaia experimentou, na última década, um período importante de expansão e modernização com alta lucratividade, incremento da distribuição de leite e das exportações. Este processo implicou não apenas a renovação do equipamento como também a instalação de seções novas e alterações no desenho das existentes, com investimentos significativos, tanto em máquinas e equipamentos como em bens imóveis. A tecnologia importada proveio essencialmente de países desenvolvidos.

Por se tratar de tecnologia madura, isto é, em que as mudanças não são rápidas nem profundas, é razoável supor que as empresas uruguaias já estejam em condições de realizar as adaptações que julguem necessárias, por terem alcançado domínio da tecnologia utilizada. Portanto, se a tecnologia empregada no Uruguai apresenta características diferentes, estas devem ser o resultado da necessidade, possibilidade e interesse de parte das empresas locais em adaptá-la às condições específicas do país. A análise comparativa nos permitirá apreciar o alcance dessas adaptações.

## 2 - O quadro teórico

Na visão neoclássica simples, com tecnologias contínuas, não existem dificuldades para a adaptação tecnológica. Nesse processo, ilustrado no Gráfico 1, observam-se duas isoquantas, que representam duas tecnologias que diferem na utilização de insumos. As isoquantas, denominadas  $T_{1950}$  e  $T_{1980}$ , são contínuas e convexas e representam uma série de tecnologias disponíveis em momentos diferentes. O caso de um país desenvolvido pode ser considerado como esse processo de desenvolvimento tecnológico, ou como uma mudança na relação dos preços relativos dos fatores produtivos, que em 1950 é indicada pela linha  $P_1$  e em 1980 pela linha  $P_2$ , como resultado do aumento do custo da mão-de-obra. Em consequência dos dois fenômenos, a escolha tecnológica ótima no país industrializado se desloca do ponto  $A$  para o ponto  $C$ . Já no caso de um país em desenvolvimento, supomos que a mão-de-obra continua sendo relativamente barata, isto é, que o preço relativo dos fatores em 1980 é  $P_1'$ , semelhante ao preço relativo do país desenvolvido em 1950. Nesse caso, e supondo a existência de todas as tecnologias representadas pela curva, a escolha tecnológica adequada do país em desenvolvimento, ou seja, aquela que minimiza os custos, seria a indicada pelo ponto  $B$ . O país em desenvolvimento se veria, então, diante da possibilidade de beneficiar-se do progresso tecnológico geral e manter, ao mesmo tempo, a liberdade de adaptar a tecnologia às condições existentes (preços relativos dos fatores produtivos), fazendo uso de um método mais intensivo de emprego de mão-de-obra. No entanto, a simplicidade desse caso não

considera aspectos que influenciam a escolha da tecnologia. São especialmente importantes: *a*) a não-continuidade da tecnologia, isto é, o caso em que a isoquanta não existe no ponto *B*; *b*) o custo da adaptação da tecnologia, por exemplo, de *C* a *B*, a fim de reduzir a intensidade de capital; e *c*) outros fenômenos, específicos de cada indústria, que incidem sobre a escolha de tecnologia a empregar e que não estão refletidos nas relações de preços.

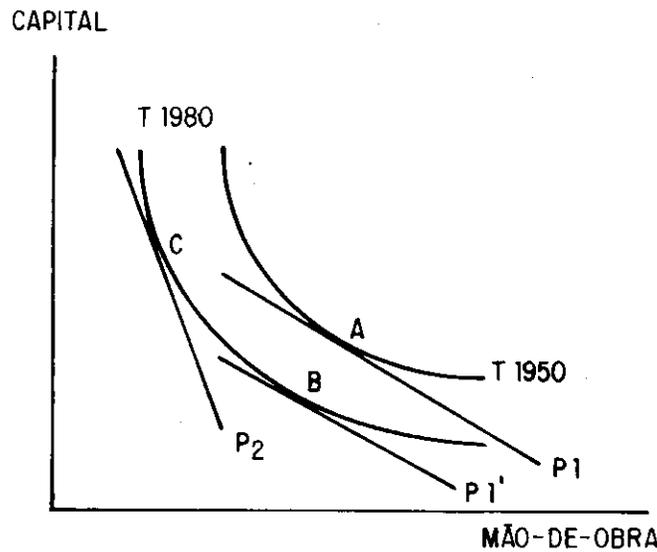
Diversos estudos [ver Pickett (1977) e Stewart (1977)] assinalaram que as tecnologias disponíveis no mundo real não podem ser consideradas como processos contínuos, isto é, que as tecnologias, em algumas atividades industriais, não podem ser representadas por meio de isoquantas, como no caso do Gráfico 1. Ao contrário, só existem pontos ou pequenos segmentos de isoquantas, uma vez que o equipamento disponível não permite a utilização de outros processos com outra intensidade de fatores. Assim, em 1980 só haveria uma técnica produtiva (indicada pelo ponto *C*) ou, quando muito, uma série de técnicas produtivas (representadas pelos pontos *A* e *C*) se as tecnologias tradicionais ainda estivessem disponíveis. As empresas de países em desenvolvimento poderiam optar por processos novos ou antigos, desenhados para os países de origem, já que as tecnologias adaptadas especialmente (como no ponto *B*) simplesmente não existiriam.

Um segundo problema é o dos custos vinculados à realização de uma adaptação: supõe-se que o método *C* esteja disponível e que seja possível adaptar as máquinas e equipamentos para utilizá-los com outra combinação de fatores, como a indicada no ponto *B*. Esse processo de adaptação poderia, no entanto, implicar custos que não estão refletidos no Gráfico 1, mas que teriam influência na escolha da tecnologia empregada. Os custos podem ser diretos (sob a forma de patentes, licenças, etc.) ou indiretos (custos de busca e transferência da tecnologia) e podem variar segundo o tipo de tecnologia. Diversos estudos [ver Dahlman e Fonseca (1978), Katz (1987), Lall (1982), Stewart (1977) e Teece (1976)] sugerem que esses custos alcançam uma magnitude significativa, podendo haver casos em que a empresa considere que a adaptação não seja rentável. Assim, as empresas de países em desenvolvimento tenderiam a adotar os métodos *A* ou *C* não porque o método *B* não seja acessível, mas pelo fato de o seu desenvolvimento ou emprego implicar custos que as empresas não estariam dispostas a aceitar.

Por último, podem existir outros fatores não vinculados diretamente ao critério de minimização dos custos que também influenciem a escolha da tecnologia a ser empregada. No caso da indústria leiteira, o emprego de equipamento moderno é considerado como garantia de qualidade. Já que uma boa imagem dos padrões higiênicos é uma condição *sine qua non* para o acesso aos mercados internacionais, as empresas uruguaias tendem a adotar tecnologias modernas, até certo ponto independentemente dos custos. Por essa razão, as empresas uruguaias tenderiam a empregar o equipamento do tipo *C* simplesmente para assegurar o acesso e/ou a manutenção dos mercados de exportação.

Foram analisadas até aqui as diversas razões que explicariam por que as empresas de um país em desenvolvimento não escolheriam a tecnologia que pareceria mais apropriada à primeira vista, mas tenderiam a empregar os mesmos métodos de produção das empresas de países desenvolvidos. Vários estudos [Dahlman e Sercovich (1984), Fransman (1974), Katz (1984 e 1987), Lall (1982, 1984 e 1987),

Gráfico 1



Pack (1988) e Teitel (1984)] concluem que existem, no entanto, diferenças na tecnologia utilizada em usinas de países desenvolvidos e naquelas de países em desenvolvimento. Na América Latina, ficou comprovado que o processo de adaptação tecnológica é motivado não tanto pelo objetivo de diminuir custos, mas principalmente pela necessidade de adaptar os processos produtivos para empregar matérias-primas locais ou equipamentos menos sofisticados, para reduzir a escala e diversificar a produção, para aumentar a capacidade dos equipamentos ou adaptá-los aos existentes. O emprego que se faz da tecnologia importada difere de seu uso no país de origem, ainda que o equipamento empregado seja o mesmo, pois sempre há aspectos do desenho da fábrica que podem ou devem ser alterados. A evidência empírica indica que o uso da tecnologia é sensível aos preços dos fatores de produção, tomando a forma de adaptações menores e de custo relativamente baixo, que levam a um grau menor de automatização. O emprego de processos de controle manual em lugar de eletrônico e o uso de métodos de transporte mais intensivos em mão-de-obra [Katz (1982)] servem como exemplos.

Portanto, quando uma tecnologia desenvolvida e empregada em um país desenvolvido é transferida para uso em fábricas de um país em desenvolvimento, ela irá sofrer adaptações de alcance limitado. E uma comparação das características do emprego da tecnologia nos dois ambientes indicará se existe certo esforço de adaptação nas usinas do país em desenvolvimento, se este esforço tende a uma

maior utilização da mão-de-obra e até que ponto as características centrais da tecnologia não foram alteradas.

Uma maneira de comparar e de estimar o alcance dessas adaptações é através da estimativa das elasticidades-preço e substituição, já que estas mostram em que medida a escolha da tecnologia empregada responde à evolução dos preços relativos dos fatores produtivos. Estimativas de elasticidades com valores baixos (menores que 1, ou mesmo positivas, para as elasticidades-preço próprias) para usinas de países em desenvolvimento sugerem que a demanda do fator não se adaptou às condições que prevaleciam no mercado, refletidas pela evolução dos preços relativos. Diversos estudos mostram que as elasticidades-preço próprias dos fatores produtivos, nos países em desenvolvimento, não diferem substancialmente das estimadas para as fábricas de países desenvolvidos [Stern (1989)]. Esses resultados foram obtidos para um número limitado de setores industriais, com base em informação muito agregada.

Em nosso caso, o interesse se concentra em realizar uma comparação mediante o estudo de um processo produtivo específico e de uma determinada tecnologia, em dois ambientes diferentes, nos quais a evolução dos preços difere. Dessa forma, uma análise das elasticidades nos permitirá estimar de maneira mais precisa o alcance e as características do processo de adaptação tecnológica no país receptor da tecnologia.

### 3 - Modelo, informação utilizada e método de estimação

Os fatores produtivos mais importantes no processamento geral do leite são a mão-de-obra ( $L$ ), o capital, sob a forma de máquinas e equipamentos ( $K$ ), os bens imóveis ( $E$ ) e, naturalmente, o leite. Como este último não é consumido ao longo do processo de transformação, tem um coeficiente constante e pode ser tratado separadamente de outros fatores de produção. Nossa análise se realiza em termos de uma função-custo, em que os custos  $C$  se relacionam com os preços dos fatores produtivos  $P_i$ , com o nível tecnológico  $T$  e a escala de produção  $Q$ , com o objetivo de distinguir os efeitos da variação dos preços relativos dos fatores, do desenvolvimento tecnológico autônomo e da escala de produção. Para não impor restrições desnecessárias às elasticidades, optamos por uma função-custo translog, cuja especificação é:

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_q \ln Q + \frac{1}{2} \tau_{qq} (\ln Q)^2 + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \tau_{ij} \ln P_i \ln P_j + \alpha_t T + \frac{1}{2} \tau_{tt} T^2 + \sum_i \tau_{iq} \ln P_i \ln Q + \sum_i \tau_{it} T \ln P_i \quad i, j \in \{L, K, E\} \quad (1)$$

sujeita às restrições de homogeneidade linear nos preços dos fatores e simetria:

$$\sum_i \alpha_i = 1 \quad \sum_j \tau_{ij} = \sum_j \tau_{ij} = 0 \quad \sum_j \tau_{iq} = 0$$

$$\sum_j \tau_{ii} = 0 \quad \tau_{ij} = \tau_{ji} \quad i, j \in \{L, K, E\} \quad (2)$$

e com equações de participação no custo:<sup>1</sup>

$$S_i = \alpha_i + \sum_j \tau_{ij} \ln P_j + \tau_{iq} \ln Q + \tau_{it} T \quad i, j \in \{L, K, E\} \quad (3)$$

Como a série de observações disponíveis não era suficientemente extensa para se estimar diretamente a função-custo (1), nos limitamos a estimar as equações de participação nos custos (3). Para tanto, agregamos um componente estocástico às equações de participação nos custos. O procedimento de estimativa utilizado foi o da Máxima Verossimilhança com Informação Completa (FIML). Como a homogeneidade linear nos preços dos fatores implica a soma dos  $S_i$  igual a 1, é necessário eliminar uma das equações de participação no custo, a fim de evitar a superidentificação do sistema. O processo de estimativa escolhido implica resultados invariáveis, não importa qual seja a equação dos custos parciais que se elimine. A imposição de restrições adicionais aos parâmetros permite estimar os seguintes casos especiais: a) mudança tecnológica Hicks-neutra:  $\tau_{it} = 0$ ; e b) homoteticidade:  $\tau_{iq} = 0$ .

Utilizamos nas nossas estimativas dados anuais agregados sobre 18 estabelecimentos durante o período 1974/83, no caso da Suécia, e oito usinas durante 1976/85, para o caso do Uruguai. Os dados sobre capital empregado em equipamento e bens imóveis foram calculados a preços de uso, com base nos preços correntes de mercado, custos de manutenção e taxa de juros. O custo da mão-de-obra incluiu os salários recebidos pelos técnicos e operários, bem como as contribuições sociais correspondentes. Na indústria sueca, a coleta de dados foi facilitada pela Federação Sueca de Laticínios (SMR) e, no Uruguai, foi obtida diretamente nas usinas que formam a Cooperativa Nacional de Produtores Laticínios. Na amostra da Suécia, os índices de preço correspondem aos preços dos insumos estipulados. Na amostra do Uruguai, o índice do custo de mão-de-obra foi construído a partir de informações obtidas nas usinas; tanto para equipamento como para bens imóveis, os índices utilizados correspondem aos preços no atacado. O Gráfico 2 mostra a evolução do coeficiente médio da mão-de-obra nas usinas uruguaias e suecas, nos períodos correspondentes a cada amostra, enquanto o Gráfico 3 apresenta a evolução do

1 Supondo-se que os preços dos fatores sejam determinados exogenamente, estas equações podem ser derivadas diferenciando logaritmicamente a função-custo e aplicando o lema de Shephard.

Gráfico 2

COEFICIENTE MÉDIO DE MÃO-DE-OBRA (URUGUAI E SUÉCIA)

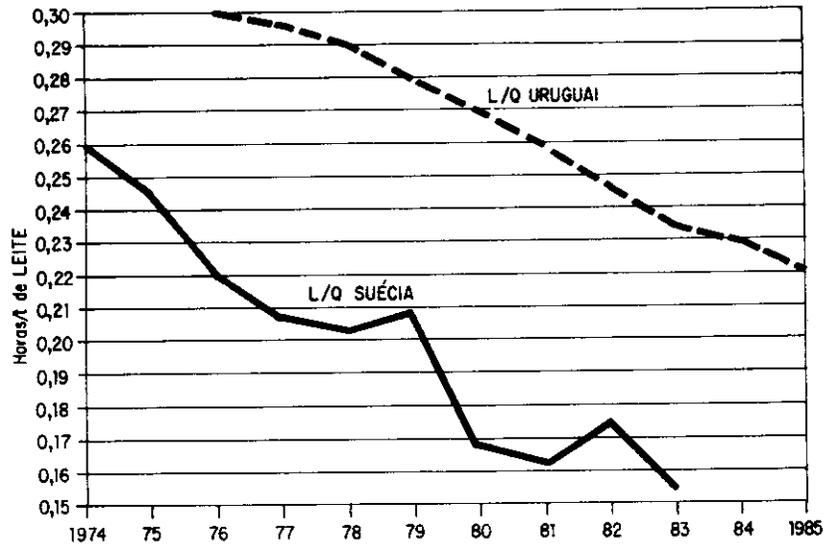
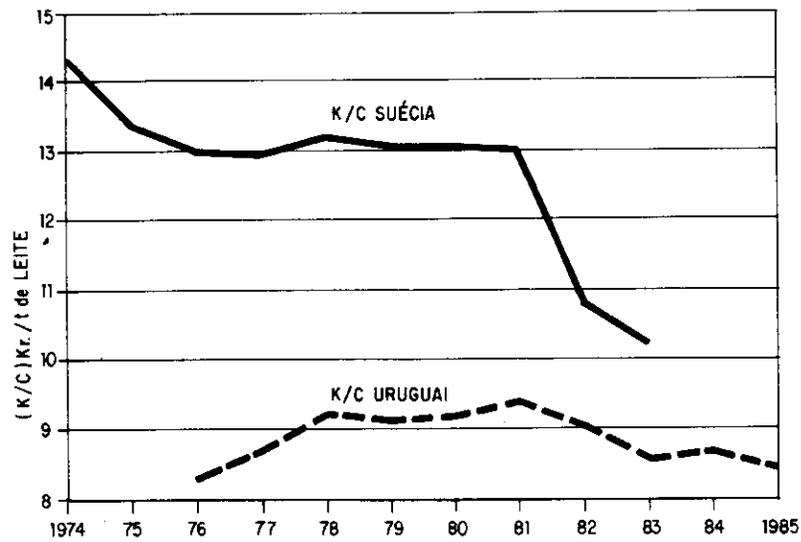


Gráfico 3

COEFICIENTE MÉDIO DE CAPITAL (URUGUAI E SUÉCIA)



coeficiente médio de capital. O Gráfico 4 mostra ambos os coeficientes, para cada uma das usinas, nos últimos anos de nossa análise.

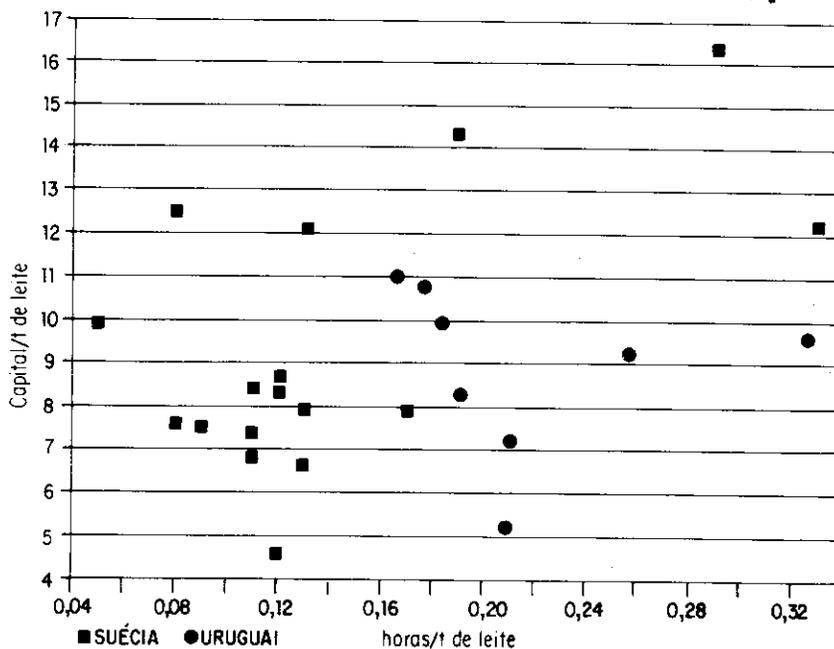
Como assinalamos anteriormente, a indústria uruguaia de leite sofreu grande transformação no período estudado: a participação do capital, tanto em máquinas e equipamentos como em bens imóveis, tem aumentado. A participação da mão-de-obra nos custos totais caiu de 46% em 1975 para 34% em 1985, a de equipamentos aumentou de 45 para 54% e a de bens imóveis de 9 para 12% nesses anos. Quanto ao índice de preços dos fatores, o maior incremento corresponde aos bens imóveis, seguido pelo capital, sob a forma de equipamento. A mão-de-obra mostra o menor incremento de preços. Por isso, o coeficiente mão-de-obra/produto decresceu de 0,30 em 1976 para 0,22 em 1985. Na Suécia, o processo de incorporação de capital teve lugar na década de 60, antes do período considerado em nosso estudo. Assim, a comparação entre as duas indústrias exige que se leve em conta esta diferença nos estágios de desenvolvimento.

As elasticidades de substituição de Allen estimadas se definem como:

$$\sigma_{ij} = \frac{(\tau_{ij} + \hat{S}_i \hat{S}_j)}{\hat{S}_i \hat{S}_j} \quad i, j: i \neq j \quad (4)$$

Gráfico 4

COEFICIENTE MÉDIO DE MÃO-DE-OBRA E CAPITAL POR ESTABELECIMENTO [SUÉCIA (1983) E URUGUAI (1985)]



e:

$$\sigma_{ii} = \frac{(\tau_{ii} + \hat{S}_i^2 - \hat{S}_i)}{\hat{S}_i^2} \quad (5)$$

onde  $\hat{S}_i$  são os estimadores de máxima verossimilhança das participações nos custos. As elasticidades-preço se definem como:

$$E_{ij} = \sigma_{ij} \cdot \hat{S}_j \quad (6)$$

#### 4 - Resultados da estimação

Para poder especificar o modelo que melhor descreve a tecnologia subjacente, realizou-se uma avaliação das diversas formulações: modelo irrestrito, homoteticidade, mudança tecnológica neutra e ambas as restrições. Foram estimados os diferentes modelos e aplicou-se o teste de máxima verossimilhança, para testar a hipótese de se as restrições ao modelo são estatisticamente significativas.<sup>2</sup> No caso das estimativas para a indústria de leite sueca, os três modelos com restrições foram rejeitados. Por esta razão, selecionamos o modelo sem restrições também para o caso uruguaio, a fim de facilitar a comparação.

Os coeficientes estimados são apresentados na Tabela 1.<sup>3</sup> Da análise desses estimadores, pôde-se obter uma indicação acerca dos vieses da mudança tecnoló-

2 A estatística de teste é dada por  $[-2 \cdot \ln(L_r/L_u)]$ , que tem uma distribuição assintótica  $\chi^2$  com um número de graus de liberdade igual à quantidade de parâmetros restritos.  $L_r$  é o valor da função de máxima verossimilhança restrita, enquanto que  $L_u$  corresponde à função de máxima verossimilhança sem restrições.

3 Como medida de ajuste, utilizou-se o  $R^2$  tradicional. Devido às restrições impostas sobre os parâmetros, esta medida não assume necessariamente valores entre zero e 1. Além do  $R^2$  de cada regresso de participação nos custos, estimou-se o  $R^2$  total do seguinte modo:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (\hat{\epsilon}_{it})^2}{\sum_i (S_{it} - \bar{S}_i)^2}$$

onde o erro estimado  $\hat{\epsilon}_{it}$  é a participação observada nos custos menos a estimada e  $\bar{S}_i$  são as médias das participações nos custos, para todo o período. Quando se trabalha com séries de tempo, existe a possibilidade de autocorrelação serial das perturbações na participação nos custos. Por isso, comparamos nossos valores da estatística de Durbin-Watson com os estimados por Savin e White (1977), para um número reduzido de observações (e para poucos graus de liberdade). A comparação indicou que a área de aceitação é ampla e que a maioria dos resultados se localiza na região de indefinição.

TABELA 1

## Coeficientes estimados

Coeficientes	Suécia	Uruguai
$\delta_L$	-4,220 (4,61)	-5,320 <sup>a</sup> (2,15)
$\tau_{LL}$	-0,144 (0,11)	-0,253 <sup>b</sup> (0,08)
$\tau_{LK}$	0,161 <sup>b</sup> (0,07)	0,263 <sup>b</sup> (0,07)
$\tau_{LE}$	-0,017 <sup>a</sup> (0,062)	-0,010 <sup>a</sup> (0,005)
$\tau_{Lt}$	-0,029 <sup>a</sup> (0,01)	-0,045 <sup>a</sup> (0,02)
$\tau_{Lq}$	0,443 <sup>a</sup> (0,134)	-0,373 <sup>a</sup> (0,134)
$R^2$	0,796	0,8538
DW	0,98	1,618
$\delta_K$	5,276 (4,40)	4,254 <sup>a</sup> (2,03)
$\tau_{KL}$	0,161 <sup>a</sup> (0,07)	0,263 <sup>b</sup> (0,07)
$\tau_{KK}$	0,022 (0,08)	0,062 <sup>a</sup> (0,024)
$\tau_{KE}$	-0,184 (0,45)	-0,326 (0,276)
$\tau_{Kt}$	0,028 <sup>a</sup> (0,01)	0,300 <sup>a</sup> (0,105)
$\tau_{Kq}$	-0,461 <sup>a</sup> (0,20)	0,353 <sup>a</sup> (0,142)
$R^2$	0,878	0,8598
DW	1,07	1,512
$\delta_E$	-0,056 (0,06)	2,066 <sup>a</sup> (0,793)
$\tau_{EL}$	-0,017 (0,062)	-0,010 (0,005)

(continua)

Coefficientes	Suécia	Uruguai
$\tau_{EK}$	-0,184 <sup>b</sup> (0,04)	-0,326 (0,276)
$\tau_{EE}$	0,202 <sup>b</sup> (0,09)	0,336 (0,432)
$\tau_{ET}$	0,001 (0,021)	0,015 (0,013)
$\tau_{Eq}$	0,019 (0,301)	0,020 <sup>b</sup> (0,006)
$R^2$	0,808	0,8145
$R^2$ total	0,843	0,843

Nota: Erro-padrão assintótico entre parênteses.

<sup>a</sup>Significativo a 5%.

<sup>b</sup>Significativo a 1%.

gica ( $\tau_{it}$ ) e do aumento na escala de produção ( $\tau_{iq}$ ) sobre a participação dos custos dos diferentes fatores de produção. Os resultados indicam que existem efeitos importantes de tecnologia e de escala. Tanto no caso da Suécia como no do Uruguai, a tecnologia apresenta um viés poupador de mão-de-obra ( $\tau_{LT} < 0$ ) e no sentido de maior utilização de capital, tanto de equipamento como de bens imóveis ( $\tau_{KT} > 0$ ,  $\tau_{ET} > 0$ ), mas estatisticamente significativos apenas para mão-de-obra e equipamento. Os vieses são mais acentuados no caso uruguaio, para o qual o valor absoluto dos parâmetros estimados é maior que para a estimativa feita da amostra sueca.

No caso da Suécia, a escala mostra um viés poupador de maquinário ( $\tau_{Kq} < 0$ ) e utilizador de capital sob a forma de bens imóveis ( $\tau_{Eq} > 0$ ), ainda que este último efeito não seja estatisticamente significativo. Um resultado surpreendente é o fato de a escala de produção ter um viés no sentido de uma maior utilização de mão-de-obra ( $\tau_{Lq} > 0$ ). De qualquer modo, deve-se enfatizar que o efeito líquido da tecnologia e da escala resulta num viés poupador de mão-de-obra.<sup>4</sup> Para o Uruguai, os resultados são mais claros e indicam que o aumento da escala produtiva apresenta forte viés no sentido de economia de mão-de-obra e aumento do uso de capital, tanto de equipamentos como de edificações.

4 Este resultado deve-se provavelmente ao fato de a tendência temporal  $T$ , aqui empregada para captar o efeito da mudança tecnológica, poder estar captando também, em parte, os efeitos da escala de produção. Nos modelos com uma restrição, cujos resultados não são apresentados aqui, onde se utiliza alternativamente a escala ou a tendência temporal, o coeficiente correspondente é negativo.

A substituição gradual do transporte em latões pela entrega em carros-tanque, de grande alcance no período estudado, é um exemplo de mudança tecnológica com um viés poupador de mão-de-obra. Na Suécia, a substituição foi total, de modo que em 1983 todo o transporte de leite se fazia em carros-tanque refrigerados. No Uruguai, a entrega do leite em carros-tanque insulados começou na década de 80 e teve um alcance parcial. As usinas que incorporaram a nova forma de transporte e organização do recebimento de leite são as que apresentam o maior decréscimo da participação da mão-de-obra nos custos totais.

A avaliação da elasticidade-preço própria da demanda pelos fatores de produção é especialmente relevante no contexto das empresas de países em desenvolvimento. Essas elasticidades são indicativas do grau em que as relações de preços prevalentes afetam as decisões sobre utilização dos fatores. Como a tecnologia empregada tem sua origem em países desenvolvidos, é possível supor que as empresas de países em desenvolvimento careçam de flexibilidade para adaptar seu uso às condições locais. Vieses importantes na mudança tecnológica ou na escala e elasticidades-preço próprias com valores baixos ou não significativos estatisticamente serão indicadores de falta de flexibilidade para realizar as adaptações necessárias.

Na Tabela 2 são apresentadas as elasticidades-preço próprias estimadas para a mão-de-obra ( $E_L$ ), capital em equipamentos ( $E_K$ ) e capital em bens imóveis ( $E_E$ )

TABELA 2

*Elasticidades-preço próprias*

	$E_L$	$E_K$	$E_E$
Suécia 1974	-1,02 (0,3)	-0,46 <sup>a</sup> (0,16)	0,57 (0,63)
Suécia 1978	-1,14 (0,35)	-0,4 (0,1)	0,77 (0,73)
Uruguai 1976	-1,09 <sup>b</sup> (0,18)	-0,41 <sup>b</sup> (0,05)	2,83 (4,80)
Uruguai 1980	-1,24 <sup>b</sup> (0,20)	-0,38 <sup>b</sup> (0,05)	2,28 (4,08)
Uruguai 1985	-1,40 <sup>b</sup> (0,24)	-0,34 <sup>b</sup> (0,04)	1,97 (3,66)

Nota: Erro-padrão assintótico entre parênteses.

<sup>a</sup>Significativo a 5%.

<sup>b</sup>Significativo a 1%.

para 1974 e 1978, no caso da Suécia, e para 1976, 1980 e 1985, no caso do Uruguai. Tendo em vista que os graus de liberdade são reduzidos, é necessário tomar essas estimativas com cautela. Para a Suécia, os resultados sugerem que a demanda por trabalho é sensível às variações de preços,<sup>5</sup> com uma elasticidade superior a 1. A redução da participação da mão-de-obra nos custos totais seria então o resultado do incremento no preço relativo desse fator no período estudado. Como a participação tem-se reduzido consideravelmente, o efeito-substituição se viu reforçado pelo viés já mencionado na mudança tecnológica.

Algo semelhante acontece com o capital em equipamentos. Também, neste caso, o valor da elasticidade e o desenvolvimento do preço do fator explicam parte do aumento na participação no custo total. A elasticidade-preço menor que a unidade indica que a participação desse fator no custo total tende a aumentar na medida em que seu preço aumenta. Esse efeito atuou na mesma direção que os vieses da mudança técnica e da escala de produção. Quanto ao capital em bens imóveis, a elasticidade-preço é positiva, o que poderia parecer anormal. Uma explicação seria que o uso destes bens não se adapta a mudanças rápidas dos preços; em outras palavras, é possível supor que a hipótese do equilíbrio no mercado de fatores em cada ano é pouco provável, o que pode viciar os resultados. De qualquer modo, o resultado não é estatisticamente significativo e, portanto, não se descarta a possibilidade de que seja zero.

Para o Uruguai, as elasticidades correspondentes à mão-de-obra e ao equipamento são muito semelhantes às das usinas suecas, sempre negativas e estatisticamente significativas. A demanda de mão-de-obra é particularmente sensível a variações no preço desse fator. Como o preço relativo da mão-de-obra caiu no período estudado, as elasticidades levariam a pensar ter havido um incremento no uso desse fator. No entanto, não é esse o caso. De fato, o coeficiente mão-de-obra/produto decresceu 25%, como assinalamos anteriormente. Essa redução foi conseqüência do viés da mudança técnica, que compensou amplamente a tendência ao aumento do uso da mão-de-obra com a queda no preço. A elasticidade da demanda por equipamento, com valores de -0,4 e -0,3, é, ao contrário, pouco sensível às variações no preço, o que constitui outra semelhança com o caso sueco. Também no Uruguai, as elasticidades com relação aos bens imóveis apresentam um sinal contrário ao esperado, mas não significativo estatisticamente.

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas das elasticidades de substituição entre diferentes fatores, para 1978, no caso da Suécia, e 1976, 1980 e 1985, no caso do Uruguai. Em ambos os casos, pode-se verificar que a mão-de-obra e capital em equipamento ( $\sigma_{LK} > 0$ ) e bens imóveis ( $\sigma_{LE} > 0$ ) são substitutos, embora no caso da Suécia o resultado não seja estatisticamente significativo. O maquinário e o capital em bens imóveis ( $\sigma_{KE} < 0$ ) são, ao contrário, complementares, o que

---

5 No período estudado, houve na Suécia um aumento no índice de preços dos três fatores produtivos considerados. O maior incremento correspondeu à mão-de-obra, seguida pelo capital em equipamentos. Os bens imóveis apresentaram o menor incremento de preços.

TABELA 3

*Elasticidades de substituição parcial de Allen*

	$\sigma_{LK}$	$\sigma_{LE}$	$\sigma_{KE}$
Suécia 1978	1,91 <sup>a</sup> (0,56)	0,75 (0,87)	-1,68 <sup>a</sup> (0,65)
Uruguai 1976	2,27 <sup>b</sup> (0,34)	0,75 <sup>b</sup> (0,12)	-7,01 (6,79)
Uruguai 1980	2,34 <sup>b</sup> (0,36)	0,75 <sup>b</sup> (0,12)	-5,20 (5,25)
Uruguai 1985	2,43 <sup>b</sup> (0,38)	0,74 <sup>b</sup> (0,12)	-4,09 (4,32)

Nota: Erro-padrão assintótico entre parênteses.

<sup>a</sup>Significativo a 5%.

<sup>b</sup>Significativo a 1%.

talvez se possa explicar pela necessidade de redesenhar as fábricas ao serem incorporados novos equipamentos.

## 5 - Comparação e conclusões

A comparação dos resultados relativos ao processamento geral do leite na Suécia e no Uruguai indica que existem muitas semelhanças. Em ambos os casos, verificamos que a mudança tecnológica promove a economia de mão-de-obra e uma utilização crescente do capital, tanto sob a forma de equipamentos como de edificações. A ausência de significância estatística, no caso sueco, com relação aos bens imóveis, pode ser explicada pelo fato de o processo de renovação industrial e da infra-estrutura de construções ter acontecido na Suécia predominantemente na década de 60, anterior ao período estudado.

Quanto à escala de produção, os resultados diferem de um país para outro. No caso do Uruguai, o viés é na direção da economia de mão-de-obra e uso crescente de maquinário e bens imóveis, enquanto que na Suécia os efeitos vão na direção contrária, apontando para o uso crescente da mão-de-obra e decrescente de capital sob a forma de equipamento. A explicação reside no fato de que a comparação entre

os dois países implica também uma comparação entre os estágios no processo de transformação industrial. No começo do período estudado, as usinas suecas mais eficientes já haviam alcançado o nível mínimo de utilização de mão-de-obra e empreenderam uma redução nos coeficientes de uso de capital [Tansini (1989)].

A comparação das elasticidades-preço próprias estimadas faz ressaltar grande semelhança entre os dois países. Em ambos os casos, a demanda por mão-de-obra é elástica (maior que 1), a de equipamentos é inelástica (aproximadamente -0,4) e a de bens imóveis é positiva, ainda que sem significância estatística. Também os resultados relativos à substituição ou complementaridade entre os fatores produtivos, indicados pelas elasticidades de substituição parcial de Allen, são coincidentes: tanto na Suécia como no Uruguai, a mão-de-obra e o capital em equipamentos e a mão-de-obra e os bens imóveis são substitutos, enquanto que os tipos de capital são complementares.

Uma diferença importante é que, enquanto no Uruguai o preço relativo da mão-de-obra se mantém baixo no período considerado, na Suécia ele aumenta. Em consequência, no caso da Suécia, o viés na direção da poupança de mão-de-obra devido à mudança técnica e ao efeito da elasticidade-preço atuam na mesma direção e levam a uma redução do coeficiente da mão-de-obra. No Uruguai, a mudança tecnológica e a elasticidade-preço têm efeitos contrários: apesar de a demanda de mão-de-obra ser elástica ao preço, o coeficiente deste insumo se reduz em consequência das características da mudança tecnológica importada, que promove uma economia desse fator.

A preeminência do efeito da mudança tecnológica não é de se estranhar, dadas as características do desenvolvimento da indústria leiteira uruguaia desde meados da década de 70, com a diversificação crescente da produção e o rápido incremento da exportação. Ambos os fatores implicaram exigências de qualidade, por razões sanitárias ou por características dos novos produtos finais, que obrigaram ao emprego de tecnologias mais avançadas. O fato de o viés da mudança tecnológica ter predominado indica que o processo estava condicionado ao tipo de tecnologia incorporada. O fato de a demanda por mão-de-obra ser elástica com relação ao preço, quando este preço relativo decresceu, sugere, no entanto, a existência de um esforço de adaptação, tendendo a um maior uso da mão-de-obra que no caso sueco. Este processo tomou a forma de uma incorporação mais lenta de métodos que economizam mão-de-obra, especialmente fora do núcleo central da tecnologia empregada. A não-incorporação de sistemas computadorizados para o controle dos estoques de leite nos depósitos e de sistemas automatizados para o recebimento do leite e limpeza dos tanques, bem como um maior uso de mão-de-obra em tarefas auxiliares, servem como exemplos.

De acordo com o Gráfico 1, as semelhanças entre as usinas suecas e uruguaias indicam que a utilização de equipamento por ambas é o ilustrado no ponto *C*. Os coeficientes de capital são muito parecidos, enquanto que os de mão-de-obra são um pouco maiores para o Uruguai, como se pode observar no Gráfico 4. Esta opção se deve, no caso das usinas suecas, ao fato de os preços relativos dos fatores serem os indicados pela linha *P2*. A relação de preços relativos no Uruguai é, por sua vez, a indicada pela linha *P1'*. Entretanto, as usinas uruguaias não escolhem o ponto *B*. As características dos vieses de mudança tecnológica e incremento da escala de

produção estimados indicam que as usinas uruguaias fazem menor uso de mão-de-obra e maior emprego de capital que o indicado nesse ponto. Na realidade, o caso uruaio pode ser visto como a conjunção de dois fenômenos de caráter diferente. Por um lado, as usinas fazem uso de um equipamento central que reflete a combinação de fatores indicada no ponto C; por outro, nas tarefas auxiliares à produção, faz-se uso mais intensivo da mão-de-obra. A tendência em manter métodos mais intensivos no uso da mão-de-obra, comentada anteriormente, sugere a existência de certo esforço para um deslocamento em direção ao ponto B.

Nosso estudo chega a conclusões que diferem das de trabalhos recentes sobre a escolha de tecnologia nos países em desenvolvimento. Na análise da indústria têxtil das Filipinas, do Quênia e da Coréia do Sul, Pack (1987) conclui que o uso de equipamento novo, do tipo convencional, é economicamente mais eficiente que o emprego de maquinário novo correspondente a técnicas de intensidade de capital muito baixa ou muito alta. O resultado é claro nas indústrias das Filipinas e do Quênia. Em outras palavras, o uso de equipamentos de desenho antigo ou radicalmente novo não seria o mais apropriado às condições desses países. Solberg (1988) chega a uma conclusão semelhante em seu estudo sobre a indústria florestal da Tanzânia, onde assinala que, dada a evolução dos preços relativos daquele país, a partir de 1977, o emprego de métodos mais intensivos no uso de mão-de-obra é preferível, sendo possível adaptar as tecnologias para aumentar a intensidade de mão-de-obra sem afetar a qualidade do produto. Seja como for, a adaptação é limitada a certos produtos, já que para outros produtos florestais a escolha de tecnologias alternativas é impossível.

Nossos resultados para a indústria leiteira uruaia indicam, por sua vez, que a margem para a adaptação de tecnologia é muito limitada. Cremos que a diferença nas conclusões, com relação aos estudos mencionados, tem sua explicação nas características particulares da indústria leiteira, na qual, como mencionamos anteriormente, a garantia do padrão de higiene do produto final e as condições climáticas e de infra-estrutura obrigam a adoção de técnicas mais modernas. Assim, por questões sanitárias, a adaptação tecnológica se torna mais limitada que em outras indústrias.

#### Abstract

*This paper analyses the adaptations undertaken when a particular technology is transferred between countries. The technology studied is used for general milk processing in the dairy industry and the countries involved are Sweden where the technology was designed and Uruguay to which it was exported. For both countries translog cost functions are used and we compare the resulting estimates for price and substitution elasticities as well as the technological and scale biases estimated. Our results indicate that the technology used in Uruguay does not differ very much from the original Swedish technology in its basic design but there is still some adaptation to local factor prices.*

## Bibliografia

- DAHLMAN, C., FONSECA, F. *From technological dependence to technological development: the case of Usiminas steel plant in Brazil*. Buenos Aires: Cepal, 1978 (Programa de Investigaciones BID/Cepal, Documento de Trabajo, 21).
- DAHLMAN, C., SERCOVICH, F. Exports of technology from semi-industrial economies and local technology development. *Journal of Development Economics*, Glasgow, v. 16, n. 1-2, p. 63-99, Sept./Oct. 1984.
- FRANSMAN, C. *Technological capability in the Third World*. London: Macmillan, 1974.
- KATZ, J. Technology and economic development: an overview of research findings. In: SYROUIN, M., TEITEL, S. (eds.). *Trade, stability, technology and equity in Latin America*. New York: Academic Press, 1982.
- . Domestic technological innovations and dynamic comparative advantage: further reflections on a comparative case-study program. *Journal of Development Economics*, Glasgow, v. 16, ns. 1-2, p. 13-37, Sept./Oct. 1984.
- . *Technology generation in Latin American manufacturing industries*. London: Macmillan, 1987.
- LALL, S. *Developing countries as exporters of technology*. London: Macmillan, 1982.
- . Exports of technology by newly-industrialized countries: an overview. *World Development*, Oxford, v. 12, n. 5/6, p. 471-480, May/June 1984.
- . *Learning to industrialize. The acquisition of technological capability in India*. London: Macmillan, 1987.
- PACK, H. *Productivity, technology, and industrial development. A case study in textiles*. New York: Oxford University Press, World Bank, 1987.
- . Industrialization and trade. In: CHENERY, H., SRINIVASAN, T. N. (eds.). *Handbook of development economics*. Amsterdam: North Holland, 1988.
- PICKETT, J. The work of the Livingstone Institute on appropriate technology. *World Development*, Oxford, v. 5, n. 10, p. 773-777, Sept./Oct. 1977.
- SAVIN, N. E., WHITE, K. The Durbin-Watson test for serial correlation with extreme sample sizes or many regressors. *Econometrica*, v. 45, n. 8, p. 1.989-1.996, Nov. 1977.

- SOLBERG, B. *Choice of technology in less industrialized countries with particular reference to forestry and sawmilling*. Agricultural University of Norway, Department of Forest Economics, 1988 (Report, 3/1988).
- STERNER, T. Factor demand and substitution in a developing country: energy use in Mexican manufacturing. *Scandinavian Journal of Economics*, Norwick, v. 91, Nov. 1989.
- STEWART, F. *Technology and underdevelopment*. London: Macmillan, 1977.
- TANSINI, R. *Technology transfer: dairy industries in Sweden and Uruguay*. Sweden: University of Gothenburg, Department of Economics, 1989 (Ekonomiska Studier, 28).
- TEECE, D. *The multinational enterprise and the resource cost of technology transfer*. Cambridge, Mass.: Ballinger, 1976.
- TEITEL, S. Technology creation in semi-industrial economies. *Journal of Development Economics*, Glasgow, v. 16, n. 1-2, p. 39-61, Sept./Oct. 1984.

(Originals recebidos em julho de 1990. Revisos em agosto de 1991.)