

Notas para um estudo sobre os fatores condicionantes da escolha de tecnologia

EDUARDO AUGUSTO DE ALMEIDA GUIMARÃES *

FÁBIO STEFANO ERBER **

MARIA HELENA POPPE DE FIGUEIREDO *

1. A abordagem pelo lado da oferta; 2. Situação da opção tecnológica; 3. Fatores condicionantes das opções tecnológicas.

Estas notas têm por objetivo chamar a atenção para a necessidade de adotar uma abordagem interdisciplinar para o entendimento dos fenômenos relativos à tecnologia. Dada a falta de um estatuto teórico já firmado para este tipo de análise e devido ao seu caráter de documento para discussão em seminário, elas são apresentadas em forma preliminar.

No caso brasileiro, vale a pena destacar a falta de tradição desse tipo de estudo, orientando-se a maioria dos trabalhos, principalmente na área governamental, para um enfoque “economicista” e abstraindo usualmente as outras dimensões do fenômeno social. Explica-se assim a ênfase conferida, nestas notas, aos aspectos “econômicos”.

* Do Instituto de Planejamento Econômico e Social (IPEA).

** Da Financiadora de Estudos e Projetos S.A. (FINEP)

1. A abordagem pelo lado da oferta

Os estudos recentes e as diretrizes de política relativas à ciência e tecnologia têm enfatizado sobretudo aspectos referentes à oferta de conhecimentos técnicos, considerando quer a oferta externa, representada pelo *know how* internacional, quer a interna, constituída pela produção tecnológica das próprias empresas e dos institutos de pesquisa do País.¹

Desta forma, a pretensão de reduzir a dependência tecnológica pela modificação das condições da oferta conduz a recomendações de interferência no processo de importação de tecnologia, reorientando a demanda, sempre que possível, para fontes internas, ao mesmo tempo em que se aponta a necessidade de melhorar esta oferta, quantitativa e qualitativamente. Neste sentido, tem sido proposto o fortalecimento das instituições de pesquisa tecnológica por meio, entre outras medidas, da modernização de sua estrutura burocrática e política administrativa, do incremento e melhor alocação de seus recursos financeiros e da melhoria da qualificação do pessoal especializado. Propõe-se ainda incentivos às empresas industriais no sentido do desenvolvimento da atividade de pesquisa, bem como a melhor integração entre estas e os institutos tecnológicos, além da montagem de um sistema eficiente de informações que dê conhecimentos ao empresário da tecnologia disponível a nível internacional e nacional.

A eficácia de uma política científica e tecnológica dirigida prioritariamente à oferta pressupõe a reorientação da demanda para a produção interna de tecnologia. Isto seria possível desde que a produção ou a compra interna da mercadoria tecnológica fosse mais barata do que a sua importação. Contudo, mesmo admitindo-se a viabilidade desta situação, cabe destacar que este raciocínio está baseado em argumentos estritamente econômicos, calcados em critérios de "rentabilidade". Assim, a partir de considerações acerca da especificidade do processo de industrialização brasileira, do tamanho do mercado, da estrutura da demanda, do preço da tecnologia importada, do custo de oportunidade do desenvolvimento de pesquisa tecnológica no País, admite-se que o empresário opte pela fonte alternativa mais "rentável". Vale dizer, supõe-se o comportamento do empresário como respondendo apenas a critérios de racionalidade econômica.

¹ Ver, por exemplo, Potencial de pesquisa tecnológica no Brasil. IPEA/IPLAN, 1972, Transferência de tecnologia no Brasil. IPEA/IPLAN, 1970, Pesquisa tecnológica no Brasil: análise de cinco institutos oficiais. IPEA, documento interno para discussão, 1971, e Dois estudos sobre tecnologia industrial no Brasil. In: Pesquisa e Planejamento Econômico, número especial a ser publicado, IPEA. Deve-se destacar que os estudos citados, pelo seu caráter parcial e pioneiro, não esgotam o exame dos problemas pelo ângulo da oferta de tecnologia. Além de proporem diversas hipóteses mercedoras, por si só, de análises mais detalhadas, deixam em aberto questões críticas da oferta de tecnologia como o papel das empresas de consultoria como fornecedoras da tecnologia e elo de ligação entre os sistemas tecnológico e produtivo, ou o papel a ser desempenhado pelo sistema educacional na formação de quadros adequados ao desenvolvimento tecnológico.

No entanto, o empresário não se comporta como o cientista social imagina que ele o faça. Na escolha da fonte de tecnologia à qual recorrerá, o empresário age conforme a sua percepção e avaliação da situação, isto é, de acordo com as vantagens e desvantagens por ele percebidas de determinada escolha. Poder-se-ia supor que, após dominar determinada tecnologia, o empresário não mais manteria o contrato de assistência técnica que lhe possibilitou o domínio de tal técnica; existe, no entanto, evidência de que, no caso dos fabricantes de bens de capital por exemplo, grande parte dos empresários prefere manter o contrato a fim de poder utilizar a marca estrangeira que ele acredita conferir-lhe vantagens comerciais e *status*.²

Por outro lado, tomada a decisão de produzir internamente a tecnologia necessária, a prioridade muitas vezes conferida ao desenvolvimento pela própria empresa nem sempre se explica totalmente em termos do problema do sigilo. Frequentemente, o empresário justifica a não solicitação de pesquisa aos institutos tecnológicos pela ineficiência destas instituições: embora esta imagem corresponda à realidade, ela assume proporções exageradas. Assim, trabalho recente revelou que a capacidade de pesquisa das instituições tecnológicas, embora insatisfatória, não chega a ser plenamente utilizada pelas empresas manufatureiras.³ Desenvolvendo atividades de pesquisa de certa complexidade, tais instituições são solicitadas a realizar, na maior parte das vezes, ensaios e testes rotineiros.

O que se quer enfatizar é que, em um sistema econômico onde a iniciativa privada ocupa lugar central, é de importância decisiva o estudo do comportamento do empresário, ator principal do processo de escolha de tecnologia. Tal comportamento só será satisfatoriamente apreendido na medida em que o cientista social conseguir captar a percepção do empresário em relação a este processo, isto é, na medida em que se leve em conta a dimensão psicossocial que orienta a escolha deste ator.

Os propósitos de fortalecimento da oferta interna de tecnologia requerem ainda que se considere o comportamento de outro ator importante: o tecnólogo. Isto porque o êxito da política de fortalecimento dos institutos de pesquisa tecnológica e a promoção de melhor integração entre tais institutos e as empresas industriais depende em grande medida da atitude do tecnólogo. Desta forma, as instituições de pesquisa podem se tornar muito "produtivas" no que se refere à quantidade e complexidade de pesquisas desenvolvidas, mas continuar a manter uma orientação acadêmica e pouco adequada às necessidades do sistema produtivo. Por outro lado, a integração das instituições de pesquisa com as empresas, dentro da perspectiva adotada, é basicamente um processo de interação entre atores. Depende, portanto, da percepção mútua, da interação de seus comportamentos, do papel que cada um atribui a si e confere ao outro e da motivação de cada um para agir no sentido da integração.

² Informação resultante de pesquisa sobre indústria de bens de capital em realização na FINEP.

³ Ver Potencial de pesquisa tecnológica no Brasil. IPEA/IPLAN. 1971.

Mencionou-se, anteriormente, a imagem “negativa” dos institutos tecnológicos frente às empresas industriais. Se, por outro lado, aqueles raramente se dispõem a procurar um relacionamento sistemático com estas⁴ ou se os pesquisadores permanecem numa atividade desvinculada do setor produtivo, o processo de integração torna-se bastante problemático.

Assim, ao lado do estudo do comportamento do empresário no processo de escolha de tecnologia, é importante o estudo semelhante do tecnólogo e sua interação, quando entra em cogitação a alternativa de solicitação de *know how* às instituições de pesquisa.

2. Situação da opção tecnológica

O estudo do comportamento empresarial na escolha de tecnologia deve considerar preliminarmente o objetivo da inovação uma vez que esta condiciona a natureza da tecnologia necessária e as alternativas existentes para o empresário. De maneira esquemática, é possível imaginar três casos:

	Processo	Produto
I	—	novo
II	novo	—
III	novo	novo

Quanto à classificação anterior, cabe algumas observações. Em primeiro lugar, a expressão “novo produto” ou “novo processo” está referida às atividades prévias da empresa; neste sentido, o novo produto pode ser algum bem já fabricado, inclusive no País, e que se pretende incluir na linha de produção da empresa, da mesma forma que o novo processo pode consistir apenas na adoção, pela unidade produtiva, de processo já conhecido. Por outro lado, tais expressões devem ser entendidas de forma suficientemente abrangente para incluir pequenas alterações em processos e produtos da empresa. Ademais, é de assinalar que os casos I e II apontados enfatizam apenas o objetivo da inovação. A fabricação de novo produto requer, em geral, alterações nos processos produtivos da empresa e, por conseguinte, no sentido aqui adotado, implica um novo processo. Igualmente, melhorias em processos já existentes podem conduzir a modificações no produto (pelo menos, em termos de qualidade). Assim, quando se destaca os casos I e II, pretende-se indicar o ponto original das transformações tecnológicas, bem como onde são mais expressivas. A situação prevista no caso III é característica da implantação de novas unidades produtivas ou da fabricação de novo produto utilizando escassamente às instalações preexistentes.

⁴ Ver Potencial de pesquisa tecnológica no Brasil. IPEA/IPLAN, 1971.

A segunda variável a ser considerada refere-se à natureza da tecnologia requerida pela inovação. Sob esse aspecto, cabe distinguir entre tecnologia incorporada e desincorporada uma vez que, em cada uma das modalidades, são diferentes as alternativas à disposição do empresário e, conseqüentemente, os fatores condicionantes de sua escolha. A variável "natureza da tecnologia" pode assumir, portanto, dois valores:

- a) tecnologia incorporada, e
- b) tecnologia desincorporada.

Uma inovação pode ser considerada como requerendo tecnologia incorporada quando é suficiente para sua realização a aquisição de bens de capital, utilizando-se na operação das novas máquinas e equipamentos ou conhecimentos difundidos ou as instruções fornecidas pelos próprios fabricantes dos bens de capital.

A inovação exige apenas a aquisição ou desenvolvimento de tecnologia desincorporada quando pode ser implementada com o parque de máquinas e equipamentos já existente na unidade produtiva, requerendo, no entanto, a utilização de novos conhecimentos tecnológicos sob a forma de novas fórmulas, desenhos, especificações, *layout*, etc.

Assinale-se, no entanto, que, freqüentemente, as exigências tecnológicas decorrentes de uma inovação não se restringem a uma das modalidades apontadas, requerendo a inovação a utilização simultânea de tecnologia incorporada e desincorporada.

A natureza da tecnologia a ser utilizada está associada ao tipo da inovação correspondente. Contudo, não é lícito supor que um dado tipo de inovação implique necessariamente tecnologia de determinada natureza. A combinação das variáveis "tipo de inovação" e "natureza da tecnologia" define, portanto, uma "matriz de situações" (por exemplo, uma inovação que pretende introduzir um novo produto e requer apenas tecnologia desincorporada). A consideração dessa matriz é relevante na medida em que as situações específicas, que a constituem, afetam diferentemente e delimitam as opções empresariais.

As observações precedentes apontam as diferentes situações em que devem ser feitas as opções tecnológicas. Cabe levar em conta, no entanto, as características dos agentes que se constituem em fator de diferenciação das suas decisões. Sob esse aspecto, parece relevante distinguir entre empresário nacional, empresário estrangeiro e "empresário estatal", bem como o setor industrial em que atuam. O exame das atitudes empresariais deveria particularizar a análise sugerida na "matriz de situações" em relação a cada uma dessas categorias de empresário e aos diversos setores. Isto porque a orientação e a intensidade do processo de inovação estão condicionadas às características já apontadas, cuja análise permite vincular o processo de inovação ao padrão de desenvolvimento geral do País.

Cabe assinalar, por fim, que a distinção entre tecnologia incorporada e desincorporada permite definir, em cada caso, fontes alternativas de tecnologia, associando-as às decisões empresariais correspondentes.

	Fonte	Decisão empresarial
Tecnologia Incorporada	Fabricante nacional de bem de capital	Comprar bem de capital no País
	Fabricante estrangeiro de bem de capital	Importar bem de capital
Tecnologia Desincorporada	Própria empresa	Desenvolver a tecnologia necessária
	Instituto de pesquisa e/ou empresa de consultoria	Solicitar o desenvolvimento da tecnologia necessária
	Empresa do exterior	Importar tecnologia

3. Fatores condicionantes das opções tecnológicas

Mencionou-se anteriormente que as decisões empresariais quanto às opções tecnológicas estão, provavelmente, condicionadas por outros critérios além dos de ordem estritamente econômica. Apresenta-se a seguir algumas considerações relativas a esses critérios, distinguindo-se inicialmente entre as escolhas de tecnologia incorporada e de tecnologia desincorporada e procurando-se apontar, em cada um desses casos, as particularidades que podem estar associadas às demais variáveis destacadas (tipo de inovação e característica da empresa).

3.1 Tecnologia incorporada

A opção entre fornecedores alternativos dos bens de capital a serem utilizados em uma planta industrial é limitada por decisões tomadas anteriormente quanto à qualidade do produto final e quanto às características mais gerais da tecnologia de processo e produto adotada.

Contudo, é lícito afirmar que, dadas as especificações das máquinas e equipamentos que deverão ser empregados, a escolha entre fornecedores alternativos se faz, em boa medida, segundo os critérios de "racionalidade microeconômica", condicionados por outros fatores abaixo mencionados. Os fatores principais na referida escolha são preço e eficiência; a esses, acrescentam-se as condições de financiamento e o prazo de entrega. Há que considerar, no entanto, que, algumas vezes, a racionalidade da escolha é prejudicada em virtude de o empresário desconhecer as possibilidades da oferta, bem como os vínculos estabelecidos no passado com determinados fabricantes estrangeiros.

Para a filial da empresa estrangeira, a escolha é limitada pelos vínculos de dependência que mantém com a matriz e pelas necessidades desta de amortizar os investimentos já feitos em tecnologia. No entanto, quando necessário, as relações com o exterior da empresa filial servem para facilitar seus contatos com fontes alternativas de tecnologia.

É de assinalar ainda a existência de restrições legais à escolha empresarial. Isto porque, ao contrário do que se observa no caso de tecnologia desincorporada, tem sido preocupação de política econômica orientar a demanda de bens de capital para os fabricantes nacionais. Assim, ao lado da estrutura de proteção tarifária, cabe destacar a lei de similar nacional que impede a importação de máquinas e equipamentos similares aos produzidos no País. A aplicação desta lei tem implicado divergências entre compradores e vendedores, quanto ao grau de similaridade dos bens de capital demandados. São comuns os esforços e compradores no sentido de provar que máquinas e equipamentos nacionais, embora semelhantes, distinguem-se dos que pretendem importar em virtude de menores possibilidades ou de menor eficiência operacional. A argumentação é algumas vezes, correta; outras, procura apenas justificar a importação, preferida por causa de menores preços, prazos de entrega mais reduzidos, melhores condições de financiamento ou, conforme foi sugerido, devido ao padrão dependente de desenvolvimento do País que se traduz ao nível do empresário em preferências *a priori* por bens de origem estrangeira. Não obstante, a lei de similar nacional se constitui, atualmente, de maneira geral, em instrumento de proteção da indústria de bens de capital do País.

Também no âmbito das medidas tendentes a estimular este segmento industrial, tem sido sugerido freqüentemente que a política de compra das agências governamentais e das empresas estatais contemple preferentemente os fabricantes nacionais de bens de capital.⁵ Neste sentido pressupõe-se que tais entidades não devem se pautar apenas por critérios de rentabilidade, mas devem adequar sua atuação à consecução de objetivos globais de política econômica. Sob esse aspecto cabe indagar qual a orientação dos quadros dirigentes de tais entidades em sua ação concreta.⁶

Outra questão a ser considerada diz respeito aos critérios adotados por empresas nacionais de consultoria não só na especificação de máquinas e equipamentos, mas ainda na própria concepção dos projetos de investimentos. Foi mencionado anteriormente os condicionamentos na escolha de bens de capital decorrentes das características do projeto; cabe investigar em que medida os projetistas nacionais consideram essas implicações. Por outro lado, no caso dos projetos desenvolvidos por firmas estrangeiras de consultoria, há que levar em conta que a equipe técnica responsável

⁵ A esse respeito veja-se por exemplo: Erber, Fábio Stefano e Araújo Neto, José Tavares de. Notas sobre a indústria de bens de capital: tecnologia e o papel do setor público. In: *Pesquisa e Planejamento Econômico*, número especial a ser publicado, IPEA.

⁶ Essa indagação faz parte do projeto de pesquisa sobre política tecnológica das empresas governamentais, em realização na FINEP.

pelo projeto não se preocupa, usualmente, em conhecer as características da indústria brasileira de bens de capital, o que determina que as especificações das máquinas e equipamentos não correspondam, muitas vezes, as da produção nacional. Além disso, as relações entre esses escritórios de projetos e as indústrias internacionais de bens de capital induzem, algumas vezes, a que as especificações obriguem a compra de determinado fabricante.

3.2 *Tecnologia desincorporada*

A escolha de tecnologia desincorporada e da maneira de obtê-la constitui problema mais complexo uma vez que o empresário não dispõe, neste caso, de parâmetros tão explícitos quanto os que pode utilizar na seleção de bens de capital. Tal fato decorre não apenas do próprio nível de informação do empresário quanto aos conhecimentos técnicos necessários, mas também da própria natureza do mercado de tecnologia.

A necessidade de adquirir uma tecnologia específica, que não está suficientemente difundida a ponto de ser imediatamente disponível para a empresa, coloca o empresário diante da opção de comprar o *know how* de quem o possui ou promover o desenvolvimento desses conhecimentos técnicos, seja na própria empresa seja em algum instituto de pesquisa.

Do ponto de vista da racionalidade econômica, a primeira dessas alternativas implica adições ao custo variável com o nível de produção, ausência de riscos e disponibilidade em curto prazo do *know how* pretendido.⁷ A segunda significa elevados investimentos em pesquisa, riscos quanto à possibilidade de insucesso e prazos dilatados de maturação. De uma maneira geral, a primeira alternativa se apresenta como mais conveniente: os custos variáveis podem ser geralmente, dada a estrutura do mercado, transferidos aos consumidores; os investimentos em pesquisa, ao lado de terem alto custo de oportunidades, se justificam apenas se associados a elevadas escalas de produção.

Contudo, a própria natureza da demanda de tecnologia dificulta a escolha entre maneiras alternativas de adquirir o *know how* desejado. Isto porque, na maioria das vezes, os conhecimentos técnicos que podem informar a opção tecnológica são justamente aqueles que se necessita obter. Neste sentido, a desinformação empresarial pode implicar que nem mesmo se considere a possibilidade de desenvolver o *know how* requerido, optando-se pela transferência de tecnologia de empresas que a utilizam.

A falta de conhecimentos do empresário nacional necessita ser melhor entendida e, para tanto, são necessários estudos de caráter interdisciplinar, conforme sugerido anteriormente. Neste sentido, os fatores de "racionalidade econômica" referidos poderiam ser associados às proposições conhecidas sobre a origem social e educação formal desses empresários, já objeto de diversos trabalhos sociológicos, para serem tomados como ponto

⁷ Essas vantagens devem ser entendidas em termos gerais, pois fatores como *downpayment* no processo de aquisição, especificidade de matérias-primas locais, entre outros, limitam as facilidades de transferência.

de partida para estudos em que fosse aprofundada a análise dos condicionantes desse processo decisório específico.

De resto, cabe observar que a decisão de promover o desenvolvimento da tecnologia desejada, tem contra si outros fatores, quer se considere a realização de pesquisas na própria empresa, quer se cogite de recorrer a institutos de pesquisa. Tais fatores correspondem, algumas vezes, a problemas objetivos; outras, refletem apenas a percepção do empresário de suas possibilidades ou as daqueles institutos.

No que diz respeito à realização de atividades tecnológicas na própria empresa, é lícito admitir que as características da estrutura organizacional da grande parte das unidades produtivas nacionais não comportam tal solução. Atividades tecnológicas, embora empreendidas esporadicamente, requerem a existência, em caráter permanente, de uma infra-estrutura de quadros técnicos capacitados. A maioria das empresas nacionais não tem tais condições; tampouco se observa interesse dos empresários em promovê-las. Quanto às empresas estrangeiras, que podem contar com laboratórios e departamentos de pesquisas das matrizes no exterior, parece improvável que venham a organizar no País estruturas semelhantes, a não ser em casos muito particulares como, por exemplo, o beneficiamento de produtos naturais específicos do País.

Restaria o recurso a institutos de pesquisa. Sob esse aspecto, é de assinalar a resistência dos empresários em utilizar os serviços dessas instituições. Tal resistência decorre, em boa medida, das próprias limitações dos institutos. Não obstante, essa imagem de ineficiência tem sido de tal maneira difundida e ampliada que implicou subestimação da sua capacidade efetiva, abstando-se a maioria dos empresários de utilizar mesmo aqueles serviços para os quais os institutos estão capacitados. Ademais, a resistência dos empresários em recorrer a estas instituições resulta também de questões associadas ao sigilo comercial.⁸

Ao lado dos aspectos apontados, que desaconselham o desenvolvimento da tecnologia requerida pelas empresas, cabe considerar os fatores que induzem os empresários a importar tecnologia. Dentre esses, ressalta evidentemente o caso da tecnologia patenteada, no qual o domínio dos conhecimentos técnicos não é suficiente, sendo necessário o licenciamento da detentora da patente.

Por outro lado, a opção por importar tecnologia é, às vezes, estimulada pelos méritos atribuídos ao *know how* estrangeiro: o empresário ao recorrer a fontes externas não só acredita estar, por isso mesmo, utilizando "a melhor tecnologia" mas ainda espera beneficiar-se de vantagens comerciais derivadas do fato de que aquela valorização é também consensual entre os consumidores dos seus produtos. O uso de marcas comerciais reflete essas preocupações.

⁸ A respeito de fatores que levam as empresas a demandar serviços dos institutos de pesquisa, ver as hipóteses levantadas em Reflexões sobre a demanda dos serviços dos institutos de pesquisa tecnológica industrial. Grupo de Pesquisa da FINEP, 1973. mimeogr.

Ademais, os fatores que induzem à importação de tecnologia aparecem na própria decisão de inovar, predeterminando as opções tecnológicas. Como é sabido, a recente expansão do parque industrial tem se apoiado na introdução de novos bens ou na diferenciação de produtos já existentes, visando a estimular o consumo dos grupos de renda mais alta. Tal mecanismo — que pode atingir, mediante reduções de custo, camadas de menor poder aquisitivo — incorpora a pretensão do mercado consumidor de adotar padrões de consumo prevalecentes em economias mais desenvolvidas. Para atender a essas expectativas, o parque manufatureiro deve produzir no País os bens já consumidos no exterior, o que o induz a importar o *know how* necessário à produção do produto específico demandado.

Da mesma forma, a natureza da recente ampliação do parque produtivo mediante o cumprimento de novas etapas do processo de substituição de importações orienta a demanda de tecnologia, apontando a transferência como a alternativa mais conveniente para a obtenção da tecnologia de produto e processo.

Summary

Recent studies on scientific and technological policy-making tend to emphasize those aspects more closely related to the supply of those forms of knowledge. The efficacy of a policy geared primarily to the supply of science and technology should require a reordering of said supply, but that aspect is rarely focused on. It is generally assumed that the clients' criteria of rentability are responsible for their demand for science and technology. It has been observed though, that non-economic factors do have a bearing on the whole matter.

The authors stress the need for multidisciplinary studies on the demand for science and technology. Such studies are a must if an effective policy on science and technology is to be formulated.

Some of the variables that must be included in those studies are identified in the article, such as product innovation, process innovation, and product-process innovation. The authors also propose a new way to distinguish between the types of technology required by innovation. The variables above mentioned and data on the source of the technology to be introduced should be fed into a matrix of technological options for the use of entrepreneurs. Finally, the authors discuss the non-economic factors which condition the technological options possible, and point out some of the problems which should be analyzed in the studies they call for.