

# DIFUSÃO DE TECNOLOGIA - UMA VISÃO NEOCLÁSSICA

*Eliseu Alves<sup>1</sup>*

## RESUMO

Neste trabalho discute-se a difusão do ponto de vista da análise neoclássica. Por essa análise, a adoção de tecnologia, decorrido tempo suficiente para que os agricultores possam avaliar a tecnologia, depende basicamente da taxa de retorno da nova tecnologia comparada com as velhas. Distingue-se a velocidade de adoção do número de adotantes. Aquela relaciona-se com a taxa de retorno e com as variáveis comumente discutidas nos modelos de difusão. O número de adotantes é apenas função da taxa de retorno. Mostra-se que a escolha de tecnologia depende, em geral, da relação de preços. Mas há tecnologias que são robustas à variação de preços: serão adotadas mesmo que os preços sofram grandes variações.

**Palavras-chave:** velocidade de adoção, taxa de retorno, escolha de tecnologia.

## DIFFUSION OF TECHNOLOGY - A NEOCLASSICAL VIEW

## ABSTRACT

We discuss the diffusion of technology from the point of view neoclassical economics. In the long run, the adoption of technology depends only on the rate of return of the new technology compared with the old one. A distinction is made between the speed of diffusion and the number of farmers that adopt the new technology. The number of farmers that have adopted the new technology depends only on the rate of return of the new technology compared with the old ones. The speed of adoption is function of the rate of return and of the variables introduced by the diffusion models. The choice of technology depends, in general, on relative prices. There are, however, technologies that support a huge variation of prices.

**Key words:** speed of adoption, rate of return, technology choice.

---

<sup>1</sup> Eliseu Alves é pesquisador da Embrapa. E.Mail: eliseu@sede.embrapa.br

Em primeiro lugar, é preciso distinguir a velocidade de difusão do número de adotantes. Na análise neoclássica, mede-se o número de adotantes, depois de decorrido o tempo suficiente para que os agentes tenham se informado adequadamente sobre a nova tecnologia e os preços e, assim, adotarem-na ou rejeitá-la<sup>2</sup>. Afirma-se, neste contexto, que a adoção é tão-somente função da maior lucratividade da nova tecnologia em relação àquelas em uso, depois de se considerar o risco, inclusive. Já a velocidade de adoção, o número de pessoas que adotam a nova tecnologia por unidade de tempo, é também função da taxa de retorno e de dois conjuntos de fatores: aqueles que favorecem a adoção e os que a retardam. Nessas duas categorias estão as variáveis comumente estudadas nos modelos de difusão de tecnologia. Suponha-se a existência de uma série longa de adoção de tecnologia, com dados anuais. A variação de ano para ano é uma medida da velocidade. Essa variação deve ser regredida contra a taxa de retorno e contra as variáveis dos modelos de difusão. Digamos que tenhamos medido o número de adotantes para um período tão longo que se tenha dado a oportunidade aos agricultores de se informarem sobre a nova tecnologia e, ainda, tenhamos repetições sobre o número de adotantes. No modelo de regressão, o número de adotantes é a variável dependente, e a independente é a taxa de retorno.

## O MODELO NEOCLÁSSICO

No modelo neoclássico, há três ingredientes fundamentais: o conjunto de produção,  $Y$ , que reúne todas as tecnologias disponíveis, sobre as quais os agricultores estão bem-informados; o conjunto de preços de insumos e produtos,  $P$ ; e, finalmente, uma regra de decisão,  $R$ : os agricultores maximizam a renda líquida. Nessa maximização, duas escolhas estão simultaneamente envolvidas: a da tecnologia, ou seja, a função de produção, e a do ponto que maximiza a renda líquida. É importante ressaltar este aspecto: a lucratividade da tecnologia é avaliada no ponto que otimiza a renda líquida e, por isso, depende crucialmente dos preços dos produtos e dos insumos. Assim, uma tecnologia pode deixar de ser a preferida, quando a relação entre preços de produtos e insumos mudar. Conforme o modelo neoclássico, a desadção é aceitável, sem dificuldades, bem como a convivência de diferentes tecnologias, como veremos.

---

<sup>2</sup> Aos que desejarem se aprofundar neste tema, recomenda-se a leitura de Alves (1996 e 1997) e Hildenbrand & Kirman (1998).

Muitos têm dificuldade em aceitar a regra de maximização, R. Afirmam que poucos agricultores têm condições operacionais de construir os modelos, os quais podem se tornar muito complicados, e, depois, encontrar os máximos. Mas a análise neoclássica não pressupõe que isso seja feito. O mercado elimina os incompetentes; assim, os que continuarem a produzir serão aqueles que obtiveram o máximo dos recursos disponíveis, ou seja, os que obedeceram à regra R. Em outras palavras, obedecer à regra R não é uma opção do produtor, mas uma questão de sobrevivência. Num mundo de tecnologias fixas e sem variação de preços, o observador, decorrido algum tempo, sai para coletar informações sobre os produtores. Os sobreviventes estariam maximizando a renda líquida, mesmo que odiassem a regra R. Aqueles eliminados foram os desobedientes. Conseqüentemente, a análise neoclássica pressupõe que um tempo suficiente tenha decorrido entre a disponibilidade da tecnologia e o dia da coleta de dados, a fim de possibilitar aos agricultores oportunidades de conhecerem e avaliarem a tecnologia.

Ressaltamos que, como se trata de um modelo, é necessário que sejam feitas pressuposições sobre o mundo real. A mais importante diz respeito ao fato de os agentes terem conhecimento perfeito das tecnologias, dos preços e de sua distribuição de probabilidade. É claro que estamos admitindo que os produtores sejam tomadores de preço, ou seja, individualmente não têm a capacidade de influenciar os preços. Mas essa pressuposição pode ser relaxada, claro que com algumas dificuldades<sup>3</sup>. Restrições de crédito e riscos precisam também ser incorporados à análise.

Se o observador voltar ao campo e coletar informações sobre os produtores e construir um modelo, obtendo a renda líquida máxima para cada observação, depois de dividir a renda líquida observada pela máxima, ele verificará uma grande dispersão na relação que mede a eficiência, sendo o seu máximo igual a 1. Com o passar do tempo, deve-se esperar que a distribuição se concentre à esquerda de 1. A dispersão será tanto maior quanto maiores forem as dificuldades de os agricultores obterem informações sobre preços e tecnologias, mais intensa for a geração de tecnologia, mais instáveis forem os preços e maiores as restrições de crédito. Espera-se, contudo, que, com o passar do tempo, reduzindo-se as restrições que os agricultores enfrentam, a relação aludida converja para 1.

---

<sup>3</sup> É sabido que os agricultores, individualmente, não têm poder de mercado. O esforço de organizá-los em cooperativas e associações visa criar esse poder.

Essa é a tese básica dos que defendem a hipótese de que os agricultores sejam eficientes, porque estão operando em um mercado competitivo. As evidências empíricas são confusas, em virtude das dificuldades de se testar esse tipo de proposição<sup>4</sup>. Não nos aprofundaremos na análise para não fugir à linha mestra do trabalho.

## CONVIVÊNCIA DE TECNOLOGIAS

Mesmo nos países desenvolvidos, observa-se uma dispersão razoável das tecnologias em uso. Claro está que devemos esperar por essa dispersão, quando a pesquisa mantiver um ritmo acelerado de geração de novas tecnologias, quando os agricultores não são homogêneos, quanto à compreensão, à atitude diante do risco e ao acesso ao crédito, e quando se compensam os agricultores pela queda dos preços dos produtos.

Mesmo num mundo em que se elimine a heterogeneidade dos agricultores e do meio ambiente, é possível mostrar a existência de várias tecnologias em uso. Começamos por analisar o caso em que, no final do processo de difusão, somente restará uma tecnologia em uso.

A curva do custo médio relaciona o preço do produto com o nível de produção. No eixo vertical está o preço e no horizontal a quantidade produzida. Pode ter a forma de um U, de modo que o ponto mínimo da curva de custo médio é bem determinado. Se a nova tecnologia for de tal ordem que, para vários níveis de preços de insumos e de produtos, excetuado aquele em análise, a curva de custo médio situe-se abaixo daquelas das demais tecnologias, o preço do produto convergirá para o ponto mínimo correspondente à nova opção de produção. Nesse ponto, as demais tecnologias darão renda líquida negativa e deixarão de ser uma opção de escolha. Mesmo assim, enquanto a convergência se processa, haverá diferentes tecnologias em uso.

A velocidade de convergência é maior quanto mais homogêneos forem os agricultores, quanto ao grau de treinamento, ao acesso ao crédito e à informação, à atitude diante do risco, e ainda quanto mais eficiente for a extensão rural. E também será maior quanto mais capacidade tiver a nova tecnologia de fazer a oferta crescer mais que a demanda. Se a nova função de produção situar-se

---

<sup>4</sup> Note-se que os agricultores são eficientes em decorrência de operarem num mercado competitivo e não por outro mérito pesoal.

acima daquelas das tecnologias em uso, a sua curva de custo médio estará abaixo das demais. Se as funções de produção forem linear-homogêneas, a curva de custo médio da nova tecnologia terá três possibilidades de localização: abaixo das demais, coincidente com alguma, ou, então, acima de pelo menos uma tecnologia alternativa. Para este tipo de função de produção, a curva do custo médio é uma linha reta, paralela à abscissa<sup>5</sup>.

Decorrido o tempo suficiente, haverá exclusividade de uso de uma tecnologia se o mundo for linear-homogêneo. Mas é pouco provável que tal mundo exista. A firma que detiver a nova tecnologia será a única a sobreviver, porque seu custo será menor que o de todas as outras. Observe-se que, nesses tipos de mundo, a escolha da tecnologia não depende da relação de preços, produto/insumo, ou dos preços dos produtos e insumos<sup>6</sup>. Podemos até enunciar uma proposição: **predominará uma única tecnologia, se a escolha do método de produção não depender da relação de preços, mas apenas da tecnologia**<sup>7</sup>. Demos exemplos de quando isso pode ocorrer<sup>8</sup>.

Se a escolha da tecnologia depender da relação de preços, haverá a possibilidade da coexistência de várias tecnologias em uso. Para simplificar a apresentação da análise, digamos que existam duas tecnologias, A e B, para produzir um produto. E que a tecnologia B tenha a capacidade de fazer a oferta crescer mais que a demanda. Suponhamos que a relação de preços favoreça a escolha da tecnologia B, aquela nova. Será, portanto, a escolhida. À medida que sua difusão avançar, o preço do produto poderá cair em relação ao dos insumos. Um nível de preços pode ser atingido em que a tecnologia A passe a ser a melhor opção. Um pouco antes disto, a tecnologia B não será mais adotada, porque deixou de ser lucrativa, e teremos as duas tecnologias em uso. Poderá haver até reversões, porque a diferença de lucratividade entre A e B desapareceu.

<sup>5</sup> Quando se multiplicam os insumos por  $t > 0$  e a produção é também multiplicada por  $t$ , a tecnologia é linearmente homogênea, ou seja, se os insumos forem dobrados, o mesmo ocorrerá com a produção.

<sup>6</sup> Não se exclui a possibilidade de existir uma relação de preço incompatível com a adoção de todas as tecnologias. Mas esse caso não interessa.

<sup>7</sup> Ou, então, suportar ampla variação de preços de produtos e insumos.

<sup>8</sup> Admitimos que a nova tecnologia possa fazer a oferta crescer mais rapidamente que a demanda, incluindo-se as exportações, sem o que o preço do produto não convergirá para o mínimo. A história tem indicado que as modernas tecnologias foram capazes de baixar os preços dos produtos, absolutamente e em termos de preços dos insumos.

Políticas que estimulam o crescimento da demanda têm o poder de fazer com que a convergência dos preços para um nível menor se processe a uma taxa muito menor. A abertura ao comércio externo, do ponto de vista de importações, tem o efeito oposto. Taxas elevadas de juros e flutuações anormais de preço retardam a adoção da nova tecnologia e, assim, o crescimento da oferta, reduzindo a velocidade de convergência.

Outro ponto importante, num mundo de competição e de tecnologias que independam da relação de preços para serem adotadas, é que o agricultor é também forçado a escolher a tecnologia que irá usar, se quiser sobreviver. Poderá ter mais opções, se a escolha da tecnologia depender da relação de preços.

### QUEM SOBREVIVERÁ

Costuma-se dividir as tecnologias da agricultura em quatro grupos: mecânica, organizacional, bioquímica e poupa-produto. A mecânica compete com o trabalho. Seu efeito recai sobre a mão-de-obra assalariada e depois sobre a familiar, abrindo espaço para que membros da família trabalhem em outras atividades. Com a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, café, citrus e algodão, completa-se o ciclo da tecnologia mecânica, tornando insignificante o emprego do trabalho assalariado entre nós. A tecnologia organizacional procura otimizar o uso de todos os insumos e, assim, interage com a tecnologia mecânica, reforçando seu efeito. A tecnologia bioquímica, por aumentar a produtividade da terra, pode fazer a oferta crescer a taxas mais rápidas que a demanda, incluindo-se a demanda externa líquida, depois de descontadas as importações e adicionadas as exportações. Os preços dos produtos caem em relação aos dos insumos, e a renda líquida decresce. Um tal ponto é atingido que, em consequência, muitos produtores vêm nas opções urbanas uma melhor escolha e vendem sua propriedade. Assim, o equilíbrio entre oferta e demanda processa-se pela redução do número de produtores, porque, obviamente, os preços não podem cair indefinidamente<sup>9</sup>. Os produtores mais suscetíveis a essa dinâmica são os pequenos, porque, em geral, têm menor renda líquida e menos possibilidades de

---

<sup>9</sup> Se a escolha da tecnologia depender da relação de preços e para que isso não ocorra, a flutuação deles tem de se restringir a um pequeno intervalo de variação; a eliminação dos produtores dependerá também de outros fatores que não a tecnologia, como, por exemplo, de importações subsidiadas.

completar a renda do estabelecimento com outras fontes. Essa redução do número de estabelecimentos está em curso no Brasil: assim indicam tabulações preliminares do último censo agrícola, segundo as quais cerca de um milhão de estabelecimentos desapareceram; e, finalmente, a tecnologia que poupa produto reduz os desperdícios que existem entre a porteira e a mesa do consumidor. Reforça, assim, o efeito da tecnologia bioquímica, já que tem grande impacto sobre a oferta.

Os efeitos da tecnologia bioquímica são influenciados pelos fatores que estimulam a adoção e, concomitantemente, reduzem os preços dos produtos em relação aos dos insumos. Sem aprofundar a análise, importações de alimentos, redução de exportações e taxas de juros e impostos elevados são fatores que têm muito a ver com as taxas de retorno da tecnologia, podendo aumentá-las ou reduzi-las, além de estarem diretamente relacionados com a renda líquida dos agricultores. Por isso, seu impacto sobre a redução da mão-de-obra e do número de estabelecimentos precisa ser cuidadosamente analisado.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E. **A Função Custo.** Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 106p.

ALVES, E. Especulações a respeito da agricultura brasileira. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.13, n.1, p. 93-102, 1996.

HILDENBRAND, W.; KIRMAN, A. P. **Equilibrium analysis.** Amsterdam: Elsevier, 1988.