

# **CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS DA PESQUISA EM CONDIÇÕES DE RISCO: UMA ABORDAGEM EX-ANTE<sup>1</sup>**

**ELMAR RODRIGUES DA CRUZ<sup>2</sup>**

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho é expor as principais abordagens para calcular os benefícios da pesquisa agropecuária e introduzir uma possível maneira de incorporar na análise o risco de não-adoção de novas tecnologias. Espera-se que esta abordagem teórica estimule debates e críticas para tornar possíveis os estudos empíricos na área.

Termos para indexação: excedente econômico, fator K de deslocamento da oferta, probabilidade de adoção.

## **COMPUTATION OF RESEARCH BENEFITS UNDER RISK: AN EX-ANTE APPROACH**

**ABSTRACT** - This paper presents the principal methods of computing agricultural research benefits and proposes a possible way of including in the analysis the risk of non-adoption of new technologies. It is hoped that the present theoretical approach will stimulate debate and criticism in order to encourage empirical studies on the subject.

Index terms: economic surplus, K factor of supply shift, probability of adoption.

## **INTRODUÇÃO**

Entre a extensa literatura publicada sobre alocação de recursos na pesquisa, destacam-se, entre outros, dois modelos que usualmente são usados para calcular o impacto dos recursos aplicados na pesquisa agrícola. O primeiro deles (modelo I) é conhecido por método de número-índice (Dalrymple 1977) ou por custo-benefício direto (Arndt & Ruttan 1977). Este método, apesar de suas variações, consiste usualmente em três etapas: 1. cálculo dos benefícios sociais brutos ou líquidos se os custos da adoção dos resultados da pesquisa forem considerados (Peterson 1967); 2. cálculo dos investimentos ("custos") feitos na pesquisa; e 3. cálculo da taxa de retorno do investimento feito em pesquisa (Dalrymple 1977). A distribuição dos benefícios sociais entre produtores e consumidores é possível em estudos onde haja estimativas disponíveis de elasticidade preço da oferta e procura de um dado produto (Hayami & Akino 1977, Akino & Hayami 1975, Barletta 1971).

O segundo modelo (modelo II) é conhecido por análise com funções

<sup>1</sup>

Aceito para publicação em 15 de dezembro de 1981.

<sup>2</sup>

Econ. Agric. Ph.D., Pesquisador do Departamento de Diretrizes e Métodos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (DDM/EMBRAPA), Caixa Postal 11-1316, CEP 70000 - Brasília, DF.

de produção (Dalrymple 1977) ou por tipos de fontes de crescimento (Arndt & Ruttan 1977), e consiste usualmente na estimação de uma função de produção agregada em que variações na produção agrícola são tratadas como uma função de variáveis explicativas. Entre estas variáveis, incluem-se terra, fertilizantes, mão-de-obra, outros insumos agrícolas, gastos com extensão, educação e pesquisa (Peterson 1967, Dalrymple 1977). Para casos de resultados novos de pesquisa, o modelo II se torna mais difícil, pois exige um número razoável de observações passadas para permitir a estimação da função de produção. Por esta razão, o modelo II tem sido utilizado até o momento unicamente em análises **ex-post**. Já o modelo I embora tenha sido usado tradicionalmente em análises **ex-post** (Akino & Hayami 1975, Barletta 1971, Hayami & Akino 1977, Ayer & Schuh 1972), pode também ser utilizado em estudos **ex-ante** desde que se possa supor o provável deslocamento da curva de oferta de um certo produto resultante de inovações tecnológicas novas (De Castro & Schuh 1977). A influência de pesquisa no deslocamento da curva de oferta de um determinado produto é usualmente representada pelo fator K, normalmente na forma de um percentual (Hayami & Aiko 1977, Dalrymple 1977, Griliches 1958, Barletta 1971, Da Fonseca 1978).

Estudos **ex-ante** de alocação de recursos na pesquisa agrícola que incorporam risco em sua formulação (Araji et al. 1978, Fishel 1971) não explicitam o fator K das tecnologias sob investigações, enquanto que estudos **ex-ante**, que põem em evidência o fator K, são de natureza determinística (De Castro & Schuh 1977), ou seja, não levam em consideração o risco de não-adoção dos resultados da pesquisa. Assim sendo, o objetivo do presente trabalho é o de propor um modelo conceitual **ex-ante** para o cálculo de benefícios sociais de investimentos em pesquisa agrícola (excedente econômico), que leve em conta explicitamente o fator K de deslocamento da oferta (quando aplicável) dos resultados da pesquisa e, ao mesmo tempo, considere possíveis riscos de não-adoção destes resultados por parte dos produtores.

Espera-se que tal modelo sirva como subsídio ao conjunto de informações visando a seleção de prioridades de pesquisa na agricultura.

## MODELO CONCEITUAL

### Cálculo do benefício social da pesquisa (primeira etapa do modelo I)

Usualmente o modelo I toma como base, conceito de **excedente econômico** o qual é normalmente representado graficamente, conforme

Fig. 1 (De Castro & Schuh 1977, Da Fonseca 1978, Dalrymple 1977, Hertford & Schmitz 1977).

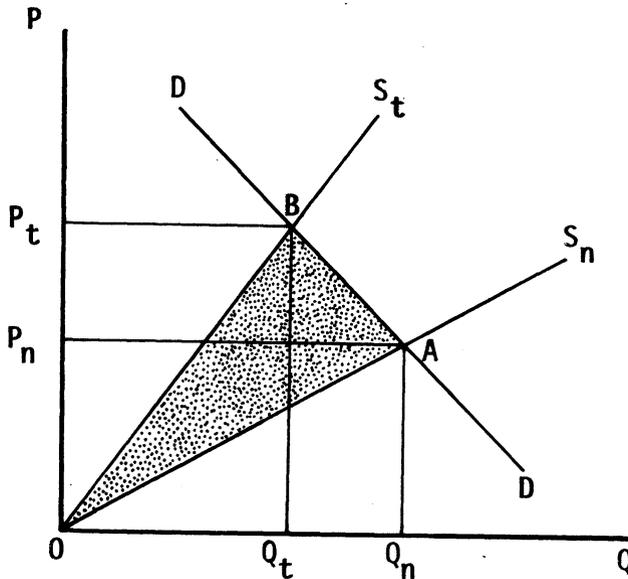


FIG. 1. Excedente econômico

$S_t$  representa a curva de oferta de um dado produto sob condições de tecnologia existente (tradicional);  $S_n$  representaria a nova curva de oferta caso fosse usada uma tecnologia nova;  $D$  representa a curva de demanda e, após a adoção da nova tecnologia, supõe-se que a quantidade ofertada do produto aumente de  $Q_t$  para  $Q_n$  com a conseqüente queda de preços deste produto de  $P_t$  para  $P_n$ , em situação de equilíbrio (Hertford & Schmitz 1977). O excedente econômico é então definido como a área sombreada OAB.

Segundo Hertford & Schmitz (1977), esta área é aproximadamente igual a:

$$(1) \quad K P_n Q_n \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{K}{\eta + \epsilon} \right) \approx OAB$$

onde:

$K$  é o fator de deslocamento da oferta.

$\eta$  = elasticidade preço da demanda.

$\epsilon$  = elasticidade preço da oferta.

Existem outras fórmulas mais complicadas para cálculo do excedente econômico, tais como as propostas por Barletta (1971), Peterson

(1967), Dalrymple (1977), permitindo, por exemplo, curvas não-lineares da oferta e procura. Entretanto o que realmente determina a área OAB (excedente econômico) é simplesmente  $KP_n Q_n$ , sendo que as elasticidades  $\eta$  e  $\epsilon$  pouca influência têm nos resultados (Hertford & Schmitz 1977, Griliches 1958, Ayer & Schuh 1972, Dalrymple 1977). As elasticidades  $\eta$  e  $\epsilon$  são evidentemente importantes caso haja interesse em estudar a distribuição do excedente econômico entre produtores e consumidores (De Castro & Schuh 1977). Tal distribuição não é o objetivo do presente trabalho e portanto não será abordada aqui.

Se aceitarmos as ponderações de Dalrymple (1977) de que, em análises preliminares, os valores das elasticidades  $\eta$  e  $\epsilon$  poderiam ser emitidos dos cálculos, sem maiores conseqüências para o cálculo da área OAB, então, esta área seria simplesmente expressa por:

$$(2) \quad KJP_n Q_n = AOB = \text{excedente econômico}$$

ficando a expressão (1) reservada somente para produtos onde seja praticável a estimação de  $\eta$  e  $\epsilon$  ou onde já existam estimativas disponíveis destas elasticidades.

Examinando-se os componentes de (2) individualmente, observa-se que K assume uma grande importância no cálculo do excedente econômico.

Para certos produtos de grande expressão nacional, uma diferença de 5%, por exemplo, no valor de K faria grande diferença nos resultados. É, por isto, que muita atenção tem sido dada na literatura ao cálculo de K. Barletta (1971), por exemplo, estimou K, baseado em resultados experimentais, analisando cada um dos componentes de pacotes tecnológicos (milho, trigo e outros cereais no México) e a influência destes componentes na mudança de rendimento<sup>3</sup>.

Hertford et al. (1977) usaram resultados de experimentos em fazendas particulares (um hectare cada parcela), para cálculo do ganho de rendimento (K) de novas variedades de arroz e outros cereais, na Colômbia. K poderia também ser calculado amostralmente, tomando-se por base as expectativas de produtores entrevistados a respeito dos rendimentos de uma nova tecnologia, em comparação com tecnologia tradicional (Da Cruz 1979).

Do ponto de vista operacional a expressão (2) não é muito conveniente para ser quantificada, uma vez que  $Q_n$  é expresso por:

$$Q_n = A.Y_n$$

onde A é a área provável (ou número de cabeças) a utilizar novos resul-

3

Outras medidas de K feitas por Barletta foram: 1. baseadas em médias ponderadas de resultados de análises de regressão e 2. baseadas no acréscimo de rendimento observado após a introdução de novas variedades. Entretanto, tais cálculos são de caráter *ex-post*.

tados da pesquisa e  $Y_n$  é o rendimento esperado desta nova tecnologia. Para fins de análise de sensibilidade dos resultados é preferível desdobrar  $Q_n$  como acima. Por outro lado, existem normalmente custos adicionais para a adoção de uma nova tecnologia que necessitam ser explicitados no modelo de estimação dos benefícios sociais da pesquisa<sup>4</sup>.

Dentro desta linha de raciocínio, sugerimos que seja inicialmente calculado o  $k$  potencial dos resultados de pesquisa sob estudo, através da fórmula (Dalrymple 1977).

$$(3) \quad k = \frac{Y_n}{Y_t}$$

onde  $Y_t$  indica rendimentos obtidos através de tecnologia tradicional. Esta fórmula é diretamente relacionada com o  $k$  citado em (1) através de:

$$K = k - 1$$

Através de (3) podemos definir  $Y_n$  como:

$$(4) \quad Y_n = kY_t$$

Define-se, a seguir, a área a ser beneficiada pela nova tecnologia. Por exemplo, se os resultados da pesquisa forem voltados para arroz irrigado, então a área  $A$  seria a área que poderia ser atingida com esta nova tecnologia.

A produção máxima prevista, caso a nova tecnologia seja utilizada em toda a área  $A$  é dada por:

$$(5) \quad Q_n = Y_n \cdot A$$

A produção resultante do uso de tecnologia tradicional nesta mesma área é dada por:

$$(6) \quad Q_t = Y_t \cdot A$$

O acréscimo de produção decorrente do uso desta nova tecnologia é:

$$(7) \quad \Delta Q = Q_n - Q_t = A(Y_n - Y_t)$$

Como a elasticidade preço da demanda para a maioria dos produtos agrícolas é usualmente baixa (Johnson 1972), o aumento da oferta previsto em (7) poderá provocar uma baixa de preços de um dado produto, conforme indica a Fig. 1 (isto é,  $P_n < P_t$ ).

Assim sendo, o benefício  $B_j$  previsto com a introdução de uma nova tecnologia no produto  $j$  poderá ser expresso por:

$$(8) \quad B_j = A [(Y_n P_n - Y_t P_t) - \Delta C]$$

onde  $\Delta C$  significa o acréscimo de custo por unidade (hectare por exemplo) resultante da introdução de uma nova tecnologia.

4

Os custos de geração de conhecimentos (custos da pesquisa) somente serão considerados numa etapa seguinte, para efeito de cálculo da taxa interna de retorno (ou outro número índice) do investimento feito na pesquisa.

Incorporando (4) em (8) temos:

$$(9) \quad B_i = A [ Y_t (kP_n - P_t) - \Delta C ]$$

$k$ , definido em (3), tenderá a ser maior que a unidade para tecnologias que visem aumento de produtividade. Para pesquisas de caráter exploratório (básicas), a quantificação de  $k$  poderá ser impraticável. Portanto, a expressão (9) é mais adequada para a pesquisa aplicada. Se  $P_n$  e  $P_t$  forem os preços privados de um dado produto (por exemplo, usando uma taxa de câmbio de mercado mais eventuais subsídios se se tratar de um produto de exportação) e se  $\Delta C$  for baseado em custos privados na exploração de um dado produto (insumos a preços de mercado, por exemplo), então, a expressão (9) refletirá os prováveis benefícios privados resultantes da introdução de uma nova tecnologia. Caso sejam usados preços e custos sociais, então, teremos  $B_i$  expressando benefícios sociais.

#### Segunda e terceira etapa do modelo I

Muitos autores (Dalrymple 1977, por exemplo) se contentam em quantificar expressões equivalentes a (9) que nada mais são que a primeira etapa do modelo I. O argumento usualmente empregado é o de que os custos da pesquisa de uma dada tecnologia são muito difíceis de serem desagregados dos demais custos de uma unidade de pesquisa. As dificuldades no cálculo da etapa II levaram muitos autores (Dalrymple-1977, De Castro 1977) a omitir os custos da pesquisa em suas análises. Entretanto, caso tal cálculo seja possível, então, o próximo passo natural é o de prever o número provável de anos em que a pesquisa gerará benefícios (isto é, o período compreendido entre o provável início da difusão dos conhecimentos até o ano em que a pesquisa entraria em obsolescência). Calcular-se-ia então o valor presente (a uma certa taxa social de desconto) do fluxo esperado dos benefícios sociais de uma nova tecnologia. Da mesma maneira, calcular-se-ia o valor presente dos custos totais associados com o investimento e manutenção de pesquisas para sustentar um dado nível de produção de uma dada tecnologia (Araji et al. 1978). A taxa interna de retorno (terceira etapa do modelo II) seria, então, computada iterativamente até que o fluxo do investimento em pesquisa seja igualado ao fluxo de benefícios dentro de um dado espaço de tempo (Peterson 1967). Maiores detalhes sobre este procedimento poderão ser encontrados em Araji et al. (1978), Akino & Hayami (1977), entre outros.

#### Incorporando risco de não-adoção no cálculo dos benefícios

Como Araji et al. (1978) argumentam, os benefícios sociais da pes-

quisa calculados por expressões como (9) são, geralmente, o máximo que a sociedade poderia obter (a não ser que a área  $A_j$  ou  $k$  sejam subestimados). Além do possível risco de insucesso de uma tecnologia dentro da própria unidade de pesquisa, o qual não estamos considerando nesta análise, existe ainda o risco de não-adoção dos resultados da pesquisa por parte dos produtores. Portanto, o resultado de  $B_j$  é incerto, dada a sua natureza probabilística. Especificando-se como  $P(D)$  a probabilidade de adoção de uma nova tecnologia, então, o valor esperado de  $B_j$  seria dado por:

$$(10) \quad E(B_j) = B_j \cdot P(D)$$

$P(D)$  depende principalmente das expectativas dos tomadores de decisão (produtores) em relação à nova tecnologia. Estas expectativas referem-se a: 1. rendimentos esperados (comparados com a tecnologia atual); 2. custos esperados; e 3. preços esperados do produto.

Os produtores tendem a revisar periodicamente estas expectativas. O item 1, por exemplo, depende em parte dos esforços da extensão rural; os itens 2 e 3, dependem de políticas governamentais (subsídios para insumos, preços mínimos para produtos, inflação etc.). Evidentemente, revisão de expectativas é algo que pode ocorrer tanto para o caso de tecnologias novas como também para tecnologias há longo tempo estabelecidas que podem deixar de se tornarem viáveis por razões diversas. Embora as expectativas dos produtores possam mudar, é importante que a pesquisa periodicamente tome conhecimento delas, pois elas influem na decisão da adoção de novas tecnologias.

Expectativas de preços, rendimentos e custos de uma nova tecnologia, por parte de seus clientes potenciais (por exemplo, de produtores usando tecnologia tradicional), podem ser obtidas amostralmente e transformadas em margens brutas (preço  $\times$  rendimento - custos variáveis). Em um dado instante no tempo, a partir de uma amostra de  $P$  produtores, o risco de não-adoção (RNA) de uma nova tecnologia poderá ser dado por:

$$(11) \quad \text{RNA} = \frac{P_1}{P}$$

onde  $P_1$  é o número de produtores na amostra<sup>5</sup> cuja margem bruta esperada para a tecnologia tradicional excede aquela relativa à nova tecno-

<sup>5</sup>

A expressão (11) pode também ser ponderada para que seja levada em conta o tamanho médio das propriedades (área plantada ou número de cabeças) em cada estrato, no caso de amostras estratificadas. O autor agradece comentários do Dr. Vitor Palma Valderrama a este respeito. Para outras maneiras alternativas de se definir RNA veja-se Da Cruz (1979).

logia. Um exemplo concreto ilustrando a quantificação de (11), para o caso de produtores de arroz numa região de Goiás, encontra-se em Da Cruz (1979).

Um pequeno grau de refinamento adicional seria a obtenção de variâncias dos retornos esperados pelos produtores. Pressupondo-se que a variância da margem bruta (ou de rendimentos) reflita o grau de incerteza de um produtor a respeito de uma nova tecnologia, então, quanto menor for a variância, mais certeza o produtor teria do retorno esperado e vice-versa. Esta informação teria repercussões na estratégia da extensão aos produtores de uma dada tecnologia<sup>6</sup>.

Ressalte-se que RNA expresso por (11) é baseado em custos privados. Se houver um hiato muito grande entre os cálculos dos benefícios sociais e privados, através da expressão (9), isto poderá refletir num alto RNA, que poderá vir a diminuir, caso sejam adotadas medidas governamentais (subsídios, créditos especiais) que tornem viáveis, do ponto de vista privado, uma determinada tecnologia com altos retornos sociais e baixos retornos privados. Entretanto, se existirem tecnologias com baixo retorno social e baixo retorno privado em comparação com tecnologias tradicionais, então, um alto RNA dificilmente poderá ser decrescido. Cabe, portanto, uma inspeção detalhada em cada caso para se poder decidir quais as medidas a serem tomadas. Projetos com alto RNA e baixo retorno social poderão estar sujeitos a uma prioridade menor, por exemplo. Desta maneira, um possível critério para uma alocação preliminar de recursos da pesquisa seria um "ranking" de projetos de acordo com os benefícios sociais esperados - dados pela expressão (10) - onde a probabilidade de adoção P(D) seria dada por:

$$(12) \quad P(D) = 1 - \text{RNA}$$

Tal "ranking" assumiria que o único objetivo da pesquisa seria a da maximização dos benefícios sociais esperados dos resultados da pesquisa. À medida que outros objetivos forem sendo incorporados ao processo de decisão da alocação de recursos (aumento de exportações, diminuição de importações, estabilização do abastecimento interno, desenvolvimento regional etc.), então, este "ranking" sofreria os ajustes que se tornarem necessários, mas, pelo menos, uma organização de pesquisa teria à sua disposição um ordenamento inicial das prioridades como ponto de referência.

<sup>6</sup>

Para maiores detalhes sobre os alternativos procedimentos para cálculo da variância dos retornos esperados, bem como para a descrição de um programa de computador para tal fim, veja-se Da Cruz (1979).

## REFERÊNCIAS

- AKINO, M. & HAYAMI, Y. Efficiency and equity in public research, rice breeding in Japan's economic development. *American Journal of Agricultural Economics*, 57:1-10, 1975.
- ARAJI, A.A.; SIM, R.J. & GARDNER, R.L. Returns to agricultural research and extension programs; an ex-ante approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 60(5):964-968, 1978.
- ARNDT, T.M. & RUTTAN, V.W. **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research.** Minneapolis, Minnesota University Press, 1977.
- AYER, H.W. & SCHUH, G.E. Social rates of return and other aspects of agricultural research; the case of cotton research in São Paulo, Brazil. *American Journal of Agricultural Economics*, 54:557-569, 1972.
- BARLETTA, N.A. **Costs and social benefits of agricultural research in Mexico.** Chicago, University of Chicago, 1971 (Tese Ph.D.).
- DA CRUZ, E.R. **On the determination of priorities for agricultural research under risk.** London University, Wye College, 1979 (Tses Ph.D.).
- DALRYMPLE, D.G. Evaluating the impact of international research on wheat and rice production in the developing nations. In: ARNDT, T.M. & RUTTAN, V.W. (eds.). **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research.** Minneapolis, University of Minnesota Press, 1977. Chapter 7.
- DA FONSECA, M.A.S. Retorno social aos investimentos em pesquisa na cultura do café. *Revista de Economia Rural*, 16(4):31-40, 1978.
- DE CASTRO, J.P. & SCHUH, G.E. An empirical test of an economic model for establishing research priorities: A Brazil case study. In: ARNDT, T.M. & RUTTAN, V.W. (eds.). **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research.** Minneapolis, University Press, 1977.
- FISHEL, W.L. **Resource allocation in agricultural research.** Minneapolis, University of Minnesota Press, 1971.
- GRILICHES, Z. Research costs and social returns; hybrid corn and related innovations. *Journal Political Economy*, 66:414-431, oct., 1958.
- HAYAMI, Y. & AIKO, M. Organization and productivity of agricultural research systems in Japan. In: ARNDT, T.M. & RUTTAN, V.W. (eds.). **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research.** Minneapolis, University of Minnesota Press, 1977.
- HERTFORD, R.; ARDILLA, J.; ROCHA, A. & TRUJILLO, C. Productivity of agricultural research in Colombia. In: ARNDT, T.M. & RUTTAN, V.W. (eds.). **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research.** Minneapolis, University of Minnesota Press, 1977, Chapter 4.
- HERTFORD, R. & SCHMITZ, A. Measuring economic returns to agricultural research. In: ARNDT, T.M. & RUTTAN, V.W. (eds.). **Resource allocation and productivity in national and international agricultural research.** University of Minnesota Press, Minneapolis, 1977.
- JOHNSON, G.L. Theoretical considerations in the overproduction trap in U.S. agriculture. In: JOHNSON, G.L. & QUANCEY, C.L. eds. **A study of resource allocation.** Baltimore, John Hopkins University Press, 1972. Chapter 3, p.22-40.
- PETERSON, W.L. Return of poultry research in the United States. *Journal of Farm Economics*, 49:656-669, aug., 1967.