



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
DEPARTAMENTO DE DIRETRIZES E MÉTODOS DE PLANEJAMENTO

CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS DA PESQUISA EM CONDIÇÕES
DE RISCO:
UMA ABORDAGEM EX-ANTE

Elmar Rodrigues da Cruz

CÁLCULO DOS BENEFÍCIOS DA PESQUISA EM CONDIÇÕES DE RISCO:

UMA ABORDAGEM EX-ANTE

Por: Elmar Rodrigues da Cruz*

1. INTRODUÇÃO

Entre a extensa literatura publicada sobre alocação de recursos na pesquisa, destacam-se, entre outros, dois modelos que usualmente são usados para se 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 e RUTTAN, 1977). Este método, apesar de suas variações, consiste usualmente em três etapas: (i) cálculo dos benefícios sociais brutos (ou líquidos se os custos da adoção dos resultados da pesquisa forem considerados - PETERSON, 1967); (ii) cálculo dos investimentos ("custos") feitos na pesquisa e (iii) 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 hajam estimativas disponíveis de elasticidades preço da oferta e procura de um dado produto (HAYAMI e AKINO, 1977; AKINO e HAYAMI, 1975; BARLETTA, 1971). O segundo modelo (Modelo II) é conhecido por análise com Funções de Produção (DALRYMPLE, 1977) ou por Tipos de Fontes de Crescimento (ARNDT e 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, com educação e com pesquisa (PETERSON, 1967; DALRYMPLE, 1977). Para casos de resultados de pesquisa novos, o modelo II é impraticável, 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-

* Pesquisador do DDM-EMBRAPA. As opiniões aqui expressadas, não refletem necessariamente o ponto de vista da Empresa.

post. Já o modelo I embora tenha sido usado tradicionalmente em análises ex-post (AKINO e HAYAMI, 1975; BARLETTA, 1971; HAYAMI e AKINO, 1977; AYER e 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 e SCHUH, 1977). A influência da pesquisa no deslocamento da curva de oferta de um determinado produto é usualmente representada pelo "fator K", normalmente na forma de um percentual* (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 e 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.

2. MODELO CONCEITUAL

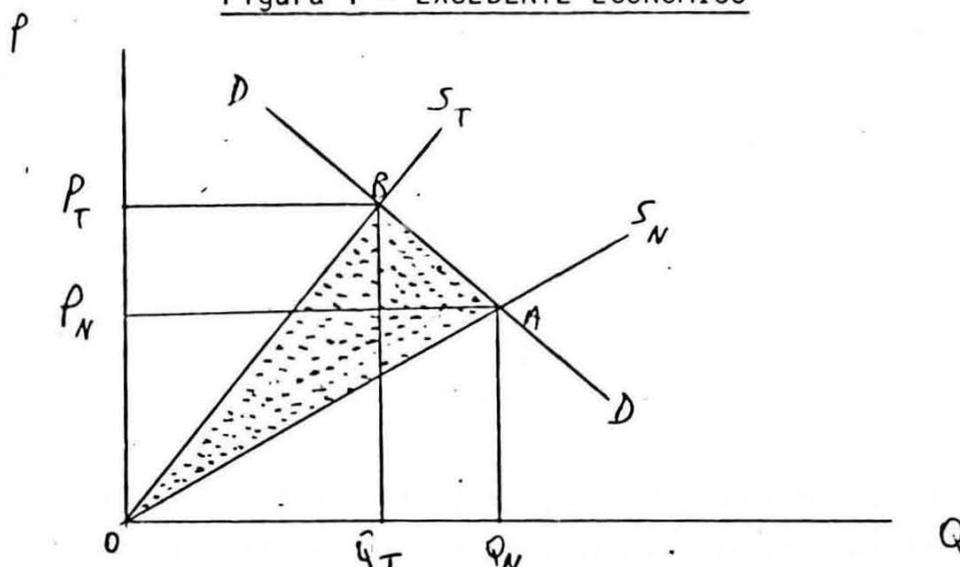
2.1 - Cálculo do Benefício Social da Pesquisa (1a. etapa do modelo I)

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

conforme figura 1 abaixo (de CASTRO e SCHUH, 1977; da FONSECA, 1978; DALRYMPLE, 1977; HERTFORD e SCHMITZ, 1977).

* Para o relacionamento de K com a taxa de deslocamento na função de produção, veja-se HAYAMI e AKINO, (1977).

Figura 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 e SCHMITZ, 1977). O excedente econômico é então definido como a área sombreada OAB.

Segundo HERTFORD e SCHMITZ, esta área é aproximadamente igual a:

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

Onde

K é o fator de deslocamento da oferta.

η = elasticidade preço da demanda.

ϵ = 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 η e ϵ pouca influência tem nos resultados (HERTFORD e SCHMITZ, 1977; GRILICHES, 1958; AYER e SCHUH, 1972; DALRYMPLE, 1977) As elasticidades η e ϵ são evidentemente importantes caso haja interesse em se

estudar a distribuição do excedente econômico entre produtores e consumidores (De CASTRO e SCHUH, 1977). Tal distribuição não é o objetivo do presente trabalho e portanto não será abordada aqui.

Se aceitarmos as ponderações de DALRYMPLE, de que em análises preliminares os valores das elasticidades η e ϵ poderiam ser omitidos dos cálculos, sem maiores consequências, para o cálculo da área OAB, então esta área seria simplesmente expressa por:

$$(2) \quad K P_n Q_n \approx OAB \approx \text{EXCEDENTE ECONÔMICO}$$

ficando a expressão (1) reservada somente para produtos onde seja praticável a estimação de η e ϵ 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 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*.

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**.

* Outras medidas de K feitas por BARLETTA foram (i) baseadas em médias ponderadas de resultados de análises de regressão e (ii) baseadas no acréscimo de rendimento observado após a introdução de novas variedades. Entretanto tais cálculos são de caráter ex-post.

** Veja-se Da Cruz (1979) para detalhes do procedimento para se obter estas expectativas.

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

$$Q_n = A \cdot Y_n$$

Onde A é a área provável (ou número de cabeças) a utilizar novos resultados da pesquisa e Y_n é o rendimento esperado desta nova tecnologia. Para fins de análise de sensibilidade dos resultados é preferível desdobrar-se 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*.

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:

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

Defini-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 dado por:

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

* 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.

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 figura 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 ΔC significa o acréscimo de custo por unidade (hectare por exemplo) resultante da introdução de uma nova tecnologia.

Incorporando (4) em (8) temos:

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

k (definido em (3)) tenderá a ser maior que a unidade para tecnologias que visem aumento da 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 ΔC 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_j expressando benefícios sociais.

2.2 - Segunda e Terceira Etapas 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 se prever o número provável de anos 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 (3a. 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) e AKINO e HAYAMI (1977), entre outros.

2.3 - Incorporando Risco de Não-Adoção no Cálculo dos Benefícios

Como ARAJI et al. (1978) argumentam, os benefícios sociais da pesquisa 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 (i) rendimentos esperados (comparados com a tecnologia atual); (ii) custos esperados e (iii) preços esperados do produto.

Os produtores tendem a revisar periodicamente estas expectativas. (i) por exemplo depende em parte dos esforços da extensão rural. (ii) e (iii) 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 tornar 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 x 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* cuja margem bruta esperada para a tecnologia tradicional excede àquela relativa à nova tecnologia. 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 dos rendimentos) reflita o grau de incerteza de um produtor

* A expressão (11) pode também ser ponderada para que seja levado em conta o tamanho médio das propriedades (área plantada ou número de cabeças) em cada es trato, 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).

a respeito de uma nova tecnologia, então quanto menor for a variância mais certa o produtor teria do retorno esperado e vice-versa. Esta informação teria repercussões na estratégia da extensão aos produtores de uma dada tecnologia.*

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 (exemplo: 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 dado por:

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

Tal "ranking" assumiria que o único objetivo da pesquisa seria a maximização dos benefícios sociais esperados dos resultados da pesquisa. A 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.

* 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).

BIBLIOGRAFIA

- AKINO, M. and HAYAMI, Y. (1975). "Efficiency and Equity in Public Research: Rice Breeding in Japan's Economic Development", American Journal of Agricultural Economics, Vol. 57, pp 1 - 10.
- ARAJI, A.A., SIM, R.J. and GARDNER, R.L. (1978). "Returns to Agricultural Research and Extension Programs: An Ex-Ante Approach", American Journal of Agricultural Economics, Vol. 60, No. 5, pp. 964 - 968.
- ARNDT, T.M. and RUTTAN V.W. (eds.) (1977). "Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research", Minnesota University Press, Minneapolis.
- AYER, H.W. and SCHUH, G.E. (1972). "Social Rates of Return and Other Aspects of Agricultural Research: The Case of Cotton Research in São Paulo, Brazil", American Journal of Agricultural Economics, Vol. 54, pp. 557 - 569.
- BARLETTA, N.A. (1971). "Costs and Social Benefits of Agricultural Research in Mexico", Tese de Ph.D., Chicago, University of Chicago.
- DA CRUZ, E.R. (1979). "On the Determination of Priorities for Agricultural Research Under Risk". Tese de Ph.D, University of London (Wye College).
- DALRYMPLE, D.G. (1977). "Evaluating the Impact of International Research on Wheat and Rice Production in the Developing Nations", Chapter 7 in Arndt & Ruttan (eds.) "Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research", University of Minnesota Press, Minneapolis.
- DA FONSECA, M.A.S. (1978). "Retorno Social aos Investimentos em Pesquisa na Cultura do Café". Revista de Economia Rural, Vol. 16, No. 4, pp. 31 - 40.

- DE CASTRO, J.P. and SCHUH, G.E. (1977). "An Empirical Test of an Economic Model for Establishing Research Priorities: A Brazil Case Study" em Arndt & Ruttan. (eds.) Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research, Minneapolis, University of Minnesota Press.
- FISHEL, W.L. (ed.) (1971). "Resource Allocation in Agricultural Research", University of Minnesota Press, Minneapolis.
- GRILICHES, Z. (1958). "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations", Journal Political Economy, Vol. 66 (Oct.) pp. 414 - 431.
- HAYAMI, Y. and AKINO, M. (1977). "Organization and Productivity of Agricultural Research Systems in Japan" em T.M. Arndt et. al. (eds.) Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research. Minneapolis; University of Minnesota Press.
- HERTFORD, R., ARDILLA, J., ROCHA, A. and TRUJILLO, C. (1977). "Productivity of Agricultural Research in Colombia", Capitulo 4 em Arndt, Dalrymple and Ruttan (eds.) Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research; Minneapolis; University of Minnesota Press.
- HERTFORD, R. and SCHMITZ, A. (1977). "Measuring Economic Returns to Agricultural Research" em Resource Allocation and Productivity in National and International Agricultural Research, Arndt et. al. (eds.) University of Minnesota Press, Minneapolis.
- JOHNSON, G.L. (1972). "Theoretical Considerations" in The Overproduction Trap in U.S. Agriculture: A Study of Resource Allocation, G.L. Johnson and C.L. Quancey (eds.) Capitulo 3, pp. 22 - 40, Baltimore, John Hopkins University Press.
- PETERSON, W.L. (1967). "Return of Poultry Research in the United States", Journal of Farm Economics, Vol. 49 (Aug.), pp. 656 - 669.