

AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS AGRÍCOLAS ALTERNATIVAS SOB RISCO

John L. Dillon⁽¹⁾

Pesquisadores, órgãos de extensão e agricultores defrontam-se com o problema de decidir que tecnologias investigar, recomendar ou utilizar. Este trabalho passa em revista os processos correntes ou a serem empregados para assistir tais escolhas.

Damos ênfase ao aspecto do risco na escolha da tecnologia, por ser o que torna a escolha difícil. A abordagem geral aqui adotada é a da moderna teoria da decisão ou teoria bayesiana (RAIFFA, 1968; WINKLER, 1972), que confere primazia às preferências pessoais dos tomadores de decisão e às estimativas de probabilidade. Uma vez que existe divergência entre os tomadores de decisão a respeito de preferências e estimativas probabilísticas subjetivas, poder-se-ia argumentar ser possível fazer poucas assertivas de valor geral sobre os méritos das tecnologias alternativas. Isto é apenas parcialmente verdadeiro. Sendo dadas as preferências e as probabilidades, os princípios de escolha são bem definidos (ANDERSON et al., 1975; DILLON, 1971). É possível a classificação das alternativas em eficientes ou ineficientes, conhecendo-se as probabilidades, mesmo não havendo um conhecimento preciso das preferências (ANDERSON, 1974). Todavia, desconhecendo-se as probabilidades e as preferências do tomador de decisão, não é possível fazer-se qualquer estimativa. Isto, entretanto, não ocorre em termos gerais, desde que pode-se esperar pelo menos um consenso aproximado de estimativas probabilísticas entre os tomadores de decisão situados em um mesmo ambiente e enfrentando o mesmo problema de decisão.

(¹) Trabalho realizado no Departamento de Economia Agrícola da Universidade do Ceará por John Dillon, de licença pela Universidade de New England, Armidale, Austrália. Agradecimentos extensivos a John Sanders, Paulo Roberto Silva e Antonio D. de Hollanda pelos comentários sobre a minuta deste trabalho.

As abordagens possíveis ao problema da escolha de tecnologias alternativas situam-se em quatro categorias:

- a) tradição;
- b) intuição;
- c) orçamentação parcial ou avaliação na base de técnica-por-técnica; e
- d) sistema global ou de orçamento global para o estabelecimento agrícola.

Passemos a considerar cada uma dessas categorias.

Tradição

Se os agricultores seguem a tradição quando fazem a sua escolha da tecnologia a ser empregada, isto deve-se a um dos três fatores. Primeiro, a possibilidade de não disponibilidade (ou conhecimento) de alternativas. Segundo, as alternativas preferidas podem ser conhecidas mas inviáveis devido a restrições institucionais (exemplo: posse e uso da terra), de mercado ou de recursos (exemplo: capital). Estando o governo interessado em promover o desenvolvimento agrícola, estas duas primeiras condições constituem-se razão para que seja estabelecido um programa de ação adequado. Terceiro, e talvez o mais importante, alternativas viáveis podem ser conhecidas pelos agricultores mas não escolhidas, por estes não as julgarem tão boas quanto as tecnologias tradicionais. Tais opiniões por parte do agricultor não podem ser consideradas erradas. Tanto a escolha quanto a responsabilidade recaem sobre o agricultor. Ao fazer sua escolha, o agricultor é influenciado por sua preferência pelo que ele julga serem prováveis perdas ou lucros, e por sua visão das probabilidades de ocorrência. Como mostra HEIBERT (1974), à medida que os agricultores possam ser persuadidos pela comunicação e aprendizagem de que novas técnicas viáveis lhes oferecem melhores perspectivas de risco, eles abandonarão as tecnologias tradicionais.

Exceto como padrão de comparação, pesquisadores agrícolas e órgãos de extensão, não tendem a investigar ou recomendar as tecnologias tradicionais. Todavia, tradição de um tipo diferente participa em suas escolhas. Os órgãos de extensão, em virtude de seu papel como catalizadores de mudanças, tendem a ser preconceituosos em relação à tecnologia tradicional e a recomendar nova tecnologia por ser esta diferente - porém sem a devida apreciação das

influências determinantes da escolha do agricultor. Como as reações do agricultor às novas tecnologias têm revelado em muitos lugares, a mudança pela mudança tem pouca importância. O que é mais importante, comparado com o que eles têm tradicionalmente proporcionado, com a extensão agrícola tradicionalmente dada, os órgãos de extensão necessitam estar capacitados a dar melhor informação sobre as distribuições probabilísticas de retornos líquidos resultantes do uso das diferentes tecnologias.

No que diz respeito a pesquisadores, não é raro observar-se que a escolha de tecnologias a serem investigadas é embasada na tradição do que quer que tenham eles feito nos cursos de pós-graduação ou no que o grupo ao qual eles gostarã de pertencer esteja fazendo em algum outro lugar. Por exemplo, obse vamos que pesquisas em países menos desenvolvidos são freqüentemente conduzidas sobre tecnologias (exemplo: mecanização com tratores) que, em termos de custo e renda podem não ser de ajuda imediata para a maioria dos agricultores e podem mesmo colocá-los em desvantagem em relação a uma maioria de maior poder aquisitivo. Também os resultados da pesquisa agrícola são geralmente apresentados em termos de estatísticas sumárias (médias e testes de significância segundo o culto do asterisco), os quais não informam virtualmente nada aos agricultores e órgãos de extensão sobre as características de risco das tecnologias investigadas. Sem dúvida, não é incomum serem os resultados de mais anos excluídos da análise da pesquisa de modo que, até mesmo, as estatísticas sumárias fornecidas aos agricultores são grandemente distorcidas.

Além disso, pesquisadores e órgãos de extensão tradicionalmente tendem a encarar as novas tecnologias comparando-as às atuais, separadamente ou em pares. A abordagem básica mais adequada é avaliar tecnologias dentro do contexto do estabelecimento agrícola como um todo ⁽²⁾, de modo a levar em conta considerações do tipo "portfólio" pertinentes à decisão quanto à combinação de tecnologias a ser usada no plano agrícola, a nível de estabelecimento.

Intuição

A maioria das decisões sobre tecnologias agrícolas é feita com base na intuição. Sem dúvida, a intuição tem um papel importante até na maioria dos procedimentos formais sugeridos para a escolha tecnológica. Estes,

(²) No original, "whole farm or farm system context" (N.T.)

geralmente, se processam pela especificação de um certo conjunto eficiente de programas de tecnologias e a escolha final de um determinado programa, entre aqueles do conjunto eficiente, é feita por intuição.

Assim como a confiança que os agricultores depositam na tradição (que pode ser considerada como aprovação intuitiva do "status quo" tecnológico), a intuição não deve ser menosprezada. Na maioria das vezes, é o único processo disponível para solucionar problemas complicados de escolha tecnológica. É evidentemente, como muitos concordariam, sua habilidade (ou sorte!) em usar intuição que faz com que alguns pesquisadores, órgãos de extensão e agricultores sejam melhor sucedidos do que outros.

Que a escolha da tecnologia é um problema complicado, é facilmente observável pelo seguinte modelo simples, o qual supõe que:

a) o número de tecnologias disponível é finito, ou seja, cada tecnologia é uma entidade discreta. Isto não é usualmente verdadeiro na prática, desde que a maioria dos insumos pode ser usada através de uma combinação contínua de níveis. Entretanto, a pressuposição de combinações discretas serve bem para representar a realidade. Por exemplo, pouco se perde especificando-se o componente fertilizante de diferentes tecnologias em intervalos discretos (exemplo: 10 kg) de níveis fertilizantes;

b) as relações insumo-produto, que definem uma tecnologia, são lineares de modo que, por exemplo, duplicando-se o nível de uso de uma tecnologia, duplica-se o produto obtido. Em virtude dos retornos decrescentes, esta suposição não será verdadeira na prática. Se a amplitude relevante do nível de uso de uma tecnologia for ampla, poderão ocorrer erro significativo;

c) tecnologias combinam-se de forma aditiva simples, isto é, não são admissíveis efeitos de produção complementares ou antagonicos. Provavelmente perde-se pouco com esta suposição;

d) a única incerteza presente é relacionada ao retorno líquido por unidade de cada tecnologia. Uma vez que o retorno líquido é uma função de rendimento, preço do produto e custos de insumo, as fontes de incerteza podem residir nos rendimentos, nos preços ou em ambos;

e) O agricultor tomador de decisão tem uma função utilidade bernouillana, cujo argumento básico é o lucro líquido do estabelecimento agrícola (incluindo consumo doméstico). Esta pressuposição implica aceitar alguns axiomas de senso comum para a escolha em condições de risco (Dillon, 1971) e permite basear-se a preferência em critérios de atribuição múltipla e lexicográficos, caso desejados. Implica numa meta de maximização da utilidade e

f) o horizonte de tempo \bar{e} de um ano. Conquanto viável para um planejamento agrícola anual, seria necessário um limite de tempo mais longo para conciliar questões de investimento de capital e flexibilidade de operação, caso fossem estas concernentes à estimativa de tecnologias adicionais além daquelas já disponíveis.

Definindo-se uma tecnologia como um método particular de gerar um produto específico, a j -ésima tecnologia T_j é especificada pelo vetor $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj})$ onde $a_{ij} (> 0)$ é o requisito do i -ésimo recurso por unidade da j -ésima tecnologia. Para evitar incerteza sobre os valores a_{ij} , é necessário mensurar a base unitária de uma tecnologia não em termos de produto mas em relação a algum recurso específico usado pela tecnologia, como seja, por hectare por terra. Com n tecnologias disponíveis e usando-se x_j para denotar o nível da j -ésima tecnologia no plano do estabelecimento agrícola, o problema do agricultor é escolher o vetor de tecnologias

$$(1) \quad \underline{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

de modo a maximizar sua utilidade para o lucro líquido do abastecimento agrícola

$$(2) \quad U(\underline{x}) = E \left[U \left(\sum_{j=1}^n x_j r_j - F \right) \right]$$

sujeito às restrições de recursos

$$(3) \quad \sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \leq b_i$$

e à necessidade de que

$$(4) \quad x_j \geq 0$$

onde:

- $U(\cdot)$ é a função utilidade "bernoulliana" do agricultor;
- E é o operador de expectativa;
- r_j é o retorno líquido por unidade e segue a distribuição probabilística subjetiva $f(r_j)$;
- F é o custo fixo (tido como certo); e
- b_i é a oferta disponível (tida como certa) do i -ésimo recurso.

Para um tomador de decisão "bernoulliano", a utilidade de uma perspectiva de risco é igual a sua utilidade esperada. A escolha da combinação ótima de tecnologias implica, portanto, uma avaliação comparativa da utilidade esperada de cada plano possível, como dado por

$$(5) \quad U(\underline{x}) = \int_{-\infty}^{\infty} U\left(\sum_{j=1}^n x_j r_j - F\right) f\left(\sum_{j=1}^n x_j r_j \mid \underline{x}\right) d\left(\sum_{j=1}^n x_j r_j \mid \underline{x}\right)$$

onde $f\left(\sum_{j=1}^n x_j r_j \mid \underline{x}\right)$ é a distribuição probabilística do lucro líquido do estabelecimento agrícola para uma determinada combinação de tecnologias \underline{x} sujeita às restrições das expressões (3) e (4).

Embora extremamente simples em suas pressuposições, especificar e solucionar este modelo de problema de decisão não é tarefa fácil em um sentido formal. Para mostrar porque o recurso à intuição pode constituir-se na única possibilidade de solução, considere-se o que estaria envolvido em qualquer tentativa formal de achar o \underline{x} que maximiza a equação (5) sujeita às expressões de restrição (3) e (4). Em primeiro lugar, supõe-se o conhecimento dos valores F , b_i e a_{ij} , assim como o conhecimento da função utilidade U . Para um determinado agricultor com uma série disponível de \underline{x} possibilidades, estes requisitos podem ser usualmente estimados de modo adequado. Entretanto, para um pesquisador envolvido em uma avaliação das possibilidades de pesquisa "ex-ante", estimativas razoáveis podem não ser facilmente feitas. Em segundo lugar, a solução formal implica no conhecimento da distribuição probabilística $f\left(\sum_{j=1}^n x_j r_j \mid \underline{x}\right)$ da renda líquida agrícola para cada possível "portfolio" de tecnologias \underline{x} . Cada uma destas distribuições relaciona-se a uma combinação linear das variáveis aleatórias r_j com valor x_j (≥ 0) como pesos e assim está diretamente relacionada à distribuição conjunta dos r_j . Enquanto que as n distribuições marginais $f(r_j)$ de lucro líquido por unidade da j -ésima tecnologia podem talvez ser facilmente obtidas, em razão de seu número e complexidade, as distribuições conjuntas $f(x_1 r_1, x_2 r_2, \dots, x_n r_n)$ não são em geral acessíveis, a não ser que os r_j sejam estatisticamente independentes, o que é impossível. O melhor que se pode usualmente esperar é poder caracterizar estas distribuições conjuntas por suas médias (facilmente feitas) e variâncias (o que é possível se as covariâncias entre os r_j puderem ser obtidas). Dada a natureza tipicamente assimétrica da distribuição da renda líquida agrícola (ANDERSON, 1974), tal caracterização pode conduzir a erros grosseiros. De um modo geral, todavia, e sem

levar em conta quaisquer dificuldades computacionais que possam existir devido a rigidez da equação (5), não é provável que nosso modelo, embora simples, seja totalmente especificado. Seja de modo total ou parcial, a intuição (e aproximação) serão necessárias para encontrar-se uma solução. Por outro lado, tanto quanto nosso modelo possa refletir o problema decisório enfrentado pelos agricultores ao escolherem um plano agrícola anual, o fato de conseguirem eles escolher um plano preferido, sem uma análise formal complicada, indica até que ponto a intuição desempenha um papel necessário. Neste aspecto, a situação é análoga àquela com que se defrontam os jogadores de futebol que solucionam, de modo intuitivo, complexas equações diferenciais quando recebem e passam a bola. Assim como os jogadores de futebol, alguns agricultores são melhores do que outros.

C. çamentação Parcial

Até a presente data, a avaliação de tecnologias tem sido usualmente feita com base em orçamentos comparativos parciais entre tecnologias velhas e novas. Geralmente, a pergunta é colocada da seguinte forma: "Seria mais lucrativo usar alguma nova tecnologia, digamos T_j , em vez de uma tecnologia existente T_k ?" Tal pergunta tem sentido apenas, evidentemente, se T_j e T_k são competitivas em termos de estoque de recursos existente ou potencial do agricultor, a curto prazo, quer se relacionem a produtos iguais ou diferentes. Se nenhum dos valores a_{ij} diferentes de zero em $T_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})$ ocorre como valores diferentes de zero em $T_k = (a_{1k}, a_{2k}, \dots, a_{nk})$, T_j e T_k não são competitivas no contexto de planejamento anual e comparações não têm relevância econômica. Portanto, se uma tecnologia T_j não for competitiva, tudo que pode ser dito em uma base orçamentária parcial é que por nível unitário de uso tenha ela alguma distribuição probabilística de retorno líquido $f(r_j)$, ou de modo menos esclarecedor, como era característico no passado, que ela tenha um retorno líquido esperado de $E(r_j)$ ou um retorno de modelo de $M(r_j)$. Se o agricultor preferiu usar esta tecnologia em vez de deixar os recursos implicados ociosos, ele pode usá-la até o nível $x_i = b_i - a_{ij}$, onde i é o recurso mais restritivo relativo a T_j .

Em se tratando de tecnologias concorrentes, a situação é mais complicada. Somente se T_j e T_k forem idênticas em suas exigências de recurso (ou seja $a_{ij} = a_{ik}$ para todo i), mas diferirem em suas características de renda líquida (ou seja $f(r_j) \neq f(r_k)$), é possível fazer-se comparações relativamente simples. Um exemplo seria a comparação de duas tecnologias de trigo, ambas idênticas exceto pela variedade usada e suas características

de rendimento (e portanto pela renda líquida). Tais comparações têm sido caracteristicamente feitas baseando-se na renda líquida esperada ou de modelo, ou seja: se $E(r_j) > E(r_k)$ ou $M(r_j) > M(r_k)$, então T_j seria preferível a T_k . Tais avaliações, contudo, não levam em consideração as preferências de risco do agricultor. Se o agricultor é neutro em relação ao risco, ou seja, tem uma função de utilidade linear, a renda líquida média serve como um indicador de escolha. A optar pelo risco, ele aplicará todos os seus recursos na tecnologia mais arriscada (isto é, variedade) e ignorará a outra tecnologia. Se ele for avesso ao risco, que é o caso mais comum, e se nenhuma tecnologia domina a outra no sentido de domínio estocástico de primeiro grau (conforme explicação posteriormente) sua escolha ótima será provavelmente uma combinação das duas tecnologias. A validade do uso por parte dos agricultores de tais estratégias mistas com variedades novas e velhas de culturas não tem sido geralmente reconhecida por pesquisadores e órgãos de extensão. Eles tendem a encarar como excludente a escolha entre variedades de cultura.

Para ilustrar as dificuldades envolvidas na avaliação de tecnologias que diferem tanto em sua especificação de recursos como em suas características de retorno líquido, considerem-se os seguintes dados relativos a duas tecnologias T_1 e T_2 .

Caracteristicamente têm sido feitas comparações de tais tecnologias com base em uma renda líquida (esperada) por unidade de tecnologia, medindo-se unidades de tecnologia em uma base comparável em termos de um requisito igual de um certo recurso exigido por ambas, usualmente terra. Assim, T_1 e T_2 não são comparáveis em termos de recursos 2 ou 3, mas são comparáveis em termos de recurso 1 para $x_1 = 1$ e $x_2 = 2$, ou termos do recurso 4 para $x_1 = 1$ e $x_2 = 4$. Fazendo-se estas comparações, T_1 revela-se ser melhor em termos do recurso 1, e T_2 em termos do recurso 4. Para se ir mais além e obter-se uma resposta mais definitiva em termos de renda líquida esperada é necessário levar-se em conta restrições de recursos. Por exemplo, se o recurso 1 é o único recurso efetivamente restritivo, T_1 é melhor. Se o recurso 4 é a única restrição eficaz, T_2 é melhor. Se a produção viável é restringida por mais de um recurso, uma combinação de T_1 e T_2 será melhor. Desta forma, em virtude de suas diferentes dotações de recursos, os agricultores podem fazer escolhas bastante diferentes entre tecnologias, mesmo em termos de renda esperada, sem levar em consideração o risco "per se".

QUADRO 1. - Dados sobre as Tecnologias Hipotéticas T_1 e T_2

j	x_j	a_{1j}	a_{2j}	a_{3j}	a_{4j}	E (r_j)	f(r_j)
1	1	1,0	0,0	0,2	0,8	10	f(r_1)
2	1	0,5	0,2	0,0	0,2	3	f(r_2)
2*	2	1,0	0,4	0,0	0,4	6	f($2r_2$)
2**	4	2,0	0,8	0,0	0,8	12	f($4r_2$)

* Duas unidades de T_2 , ou seja, $x_2 = 2$.

** Quatro unidades de T_2 , ou seja, $x_2 = 4$.

Conquanto economistas tenham reconhecido a necessidade de levar em conta restrições de recursos na avaliação de tecnologias, o mesmo é bem menos frequente entre pesquisadores agrícolas e, de um certo modo, entre órgãos de extensão. Ao contrário dos economistas, eles têm caracteristicamente adotado uma abordagem que tome o estabelecimento agrícola como um todo (³), na avaliação de tecnologia. Há, entretanto, alguns sinais de mudança a esse respeito (ICRISAT, 1974).

Para ser adequada, a avaliação orçamentária comparativa de tecnologias deveria levar em conta não somente restrições de recursos, mas também o risco. Pelo menos, isto implica consideração de f(r_j) em vez da procuração usual dos pesquisadores com apenas E (r_j) que, além do mais, é frequentemente avaliada de modo inadequado com base em uma amostragem de apenas um ano. Contudo, é pouco provável que a consideração de f(r_j) - embora represente um grande progresso na prática atual - satisfaça os agricultores. Eles também se preocupam com o risco ao nível de estabelecimento agrícola (isto é, em relação ao plano x) em vez de apenas se preocuparem ao nível de unidades individuais de determinadas tecnologias. Os motivos desta

(³) No original, "whole-farm or farm system approach", daqui em diante referida como "abordagem a nível de estabelecimento" (N.T.).

preocupação a nível de estabelecimento são: primeiro, a não linearidade de uma função de utilidade do agricultor implica em que sua utilidade total (isto é, a nível de estabelecimento agrícola) não seja a simples soma de utilidades resultante de partes de operação de unidade agrícola, isto é, $U(x_j, r_j) \neq x_j U(r_j)$ e $U(\sum x_j r_j - F) \neq U(\sum x_j r_j) - U(F)$ e $\neq \sum U(x_j r_j) - U(F)$; segundo, por causa da dependência estatística entre as rendas líquidas resultantes de tecnologias diferentes, as distribuições probabilísticas da renda líquida agrícola total $f(\sum x_j r_j - x)$, não são simplesmente relacionadas com as distribuições probabilísticas marginais individuais $f(r_j)$ para renda líquida por unidade de T_j . Por causa destes efeitos, o simples conhecimento das distribuições $f(r_j)$ é insuficiente para oferecer uma orientação segura para as preferências dos agricultores por programas de tecnologias a nível de estabelecimento agrícola.

Em termos gerais, a abordagem orçamentária parcial ou comparativa à avaliação de tecnologias deixa muito a desejar. Para ser adequada, a avaliação deveria ser feita a nível de estabelecimento agrícola de modo que sejam levadas em consideração as restrições de recursos, as características de risco da renda líquida do estabelecimento agrícola e as preferências de programa do agricultor.

Avaliação Baseada em "Portfolios"

A essência das abordagens baseadas em programas à escolha de tecnologia é o seu uso de um modelo tal como o das equações (1) e (4) acima, sempre, entretanto, de uma forma mais ou menos aproximada de modo a tornar a solução mais fácil. Embora uma grande variedade de abordagens possa ser encontrada em literatura especializada, restringiremos nosso debate àquelas que parecem ser de relevância prática ou teórica. Estas abordagens são (i) programação linear padrão, (ii) programação quadrática de risco, (iii) programação MOTAD, (iv) programação com restrições tipo foco-perda, (v) programação baseada na teoria dos jogos e (vi) programação Monte Carlo de eficiência de risco.

Programação Linear Padrão (PLP)

A obtenção do "portfolio" ótimo de tecnologias x por PLP significa resolver o modelo das equações (2), (3) e (4) com a função objetivo da equação (2) especificada em forma linear simples como

$$(6) \quad U(x) = \sum_{j=1}^n x_j E(r_j) - F$$

Assim, supõe-se que o agricultor tenha uma função de utilidade linear e que, portanto, seja indiferente ao risco. Exceto por sua média, $E(r_j)$, não são levadas em consideração as características de distribuição probabilística de retornos líquidos de cada tecnologia, $f(r_j)$, nem as características e dependência estatística entre as distribuições $f(r_j)$. Assim, a aproximação PLP é extremamente imprecisa e deve ser considerada inadequada em termos de avaliação de risco.

Programação Quadrática de Risco (PQR)

O uso da PQR para obter o plano agrícola preferido é mais facilmente encarado como um procedimento de duas etapas que consiste primeiro em obter o conjunto de programas eficientes de média-variância e, então, em escolher o plano de maximização da utilidade a partir deste conjunto eficiente. Representando-se a média e a variância de retorno líquido total por E e V , respectivamente, e a covariância entre r_j e r_k por σ_{jk} , a computação do conjunto eficiente (E, V) processa-se caracteristicamente pela maximização paramétrica para

$$\beta = 0 + \infty \text{ de}$$

$$(7) \quad \sigma = \beta E - V$$

$$\sigma = \beta \left[\sum_{j=1}^n x_j E(r_j) - F \right] - \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sigma_{jk} x_j x_k$$

sujeita às expressões restritivas (3) e (4). Este conjunto de soluções determina o conjunto eficiente (E, V) , ou seja, "portfolios" que rendem o nível máximo viável de E atingível para qualquer nível dado de V . Se a função de utilidade do tomador de decisão (supostamente avesso ao risco) é conhecida, o plano preferido do conjunto eficiente pode ser calculado por métodos analíticos ou iterativos (ANDERSON et al., 1975). Se a função de utilidade não for conhecida, o tomador de decisão pode examinar o conjunto eficiente e escolher, por intuição, sua combinação preferida de tecnologias (MC FARZUHAR, 1961).

Em virtude de considerar não só a média como também a variância da renda líquida total, a PQR constitui-se em uma aproximação muito melhor ao nosso modelo de equações (1) a (4) do que a PLP. Certamente, a PQR fornece a solução correta se (i) o tomador de decisão for avesso ao risco e se ou (ii) sua função utilidade esperada por unidimensional e função apenas da média e variância ou (iib) as distribuições $f(r_j)$ forem regulares

de modo que as distribuições $f(\sum x_j r_j)$ dos retornos líquidos totais sejam completamente especificadas por E e V . Além disso, na medida em que muitas funções de utilidade esperadas possam ser razoavelmente aproximadas por uma expansão de séries de Taylor envolvendo apenas a média e variância, a PQR apresenta-se como atrativa. Suas desvantagens são a dificuldade de computação e a necessidade de informação sobre as covariâncias entre retornos líquidos de tecnologia. A obtenção destas não é de modo algum impossível (ANDERSON et al., 1975).

Motad

A sigla MOTAD refere-se à maximização dos desvios absolutos totais ⁽⁴⁾ de distribuição dos retornos líquidos. MOTAD foi desenvolvida por Wagner (1969) e Hazell (1971), como um procedimento computacional alternativo pragmático da PQR, sendo a vantagem computacional que MOTAD não requer programação não-linear. É, entretanto, análoga à PQR ao seguir um procedimento de duas etapas que consiste em primeiro determinar um conjunto eficiente de "portfolios" do qual o "portfolio" ótimo pode então ser escolhido, analiticamente ou, o que é mais comum, por intuição. O conjunto eficiente de "portfolio" pode ser obtido seja em termos (E, A) , onde A denota o desvio absoluto médio de retornos líquidos, ou também em termos (E, V) . O procedimento é o seguinte:

Dada uma série de valores r_j (histórica ou sintetizada) adequada a uma listagem possível exaustiva e mutuamente exclusiva dos possíveis estados relevantes do mundo, uma estimativa não tendenciosa do desvio absoluto médio (A) do retorno líquido total é dada por

$$(8) \quad A = 2 \sum_{t=1}^s y_t p_t$$

onde s é o número de estados possíveis, y_t é o valor absoluto dos desvios negativos do retorno líquido em relação à média para o t -ésimo estado e p_t é a probabilidade de ocorrência do t -ésimo estado. Representando-se a renda líquida da j -ésima tecnologia no t -ésimo estado por r_{tj} e o valor esperado destes valores r_{tj} por $\bar{r}_j = (\sum r_{tj} p_t)$,

y_t é dado por

⁽⁴⁾ No original, "minimization of the total absolute deviations". Conservamos a sigla MOTAD na tradução (N.T.).

$$(9) \quad y_t = - \sum_{j=1}^n (r_{tj} - \bar{r}_j) x_j$$

quando o somatório rende um total negativo e diferente de zero. O problema de programação linear é então minimizar A da equação (8) sujeita a

$$(10) \quad \sum_{j=1}^n (r_{tj} - \bar{r}_j) x_j + y_t \geq 0$$

e as restrições técnicas das equações (3) e (4), com retorno líquido total variado parametricamente, isto é,

$$(11) \quad \sum_{j=1}^n \bar{r}_j x_j - F = \lambda, \quad \lambda = 0 + \infty.$$

Como λ varia de zero até seu nível máximo viável, as soluções determinam o conjunto eficiente (E, A). O conjunto eficiente (E, V) pode ser estimado usando-se a relação

$$(12) \quad V = \sum_{t=1}^s \left[\sum_{j=1}^n r_{tj} x_j - \sum_{j=1}^n \bar{r}_j x_j \right]^2 p_t$$

onde o termo entre o colchete é o desvio na renda líquida total entre um determinado "portfolio" eficiente (E, A) como teria acontecido em estado t e sua atuação média através dos estados s. Então, pode-se fazer uma escolha ótima a partir do conjunto eficiente relevante. Se desejado, o modelo MOTAD pode também ser ampliado variando-se a expressão restritiva (4) de modo a incluir algumas tecnologias a determinados níveis mínimos viáveis de modo a, por exemplo, conciliar um requisito de subsistência.

Assim como o PQR, a MOTAD supõe que o tomador de decisão seja avesso ao risco. Se sua utilidade esperada for em função apenas de E e A, seu programa ótimo estará no conjunto eficiente (E, A). Entretanto, até a data, parece não haver nenhuma informação empírica quanto ao grau em que a utilidade dos agricultores possa ser razoavelmente expressa como uma função de E e A nem (ao contrário de E e V) ocorre uma representação (E, A) através de procedimentos padrão de aproximação. Se a MOTAD é usada através da equação (12) para estimar o conjunto eficiente (E, V), não há garantia de que este conjunto seja adequadamente aproximado de modo que a escolha em termos (E, V) pode não ser ótima. Todavia, como uma questão de julgamento

subjetivo, a experiência limitada com o MOTAD até agora disponível (HAZELL, 1971; HAZELL e HOW, 1971; KENNEDY e FRANCISCO, 1974; SCHLUTER e MOUNT, 1975; THOMSON e HAZELL, 1972) indica que MOTAD tem uma atuação razoavelmente boa como uma aproximação ao conjunto eficiente (E, V) e em relação às escolhas reais de programa do agricultor.

Da mesma forma que a estrutura probabilística subjetiva na qual expressamos o MOTAD, o procedimento pode ser baseado em uma amostragem adequada de rendas líquidas de anos anteriores para as tecnologias disponíveis. Tal enfoque de amostragem, especialmente se é atribuído um peso igual às observações de cada ano de amostra, não deve ser recomendado desde que certamente ignorará informações subjetivas relevantes sobre as distribuições de $f(r_j)$.

Como um concorrente de MOTAD, CHEN e BAKER (1974) sugeriram o que denominam um procedimento de programação linear de restrição de risco marginal para aproximar o conjunto eficiente (E, V) . Conquanto tenha embasamento teórico mais sólido do que a MOTAD como aproximação à PQR, a abordagem envolve programação linear iterativa de estágios múltiplos e não é sob nenhum aspecto tão conveniente em termos computacionais.

Programação com Restrições tipo Foco-Perda (PRFP) ⁽⁵⁾

Comparada às outras abordagens até agora debatidas, a PRFP supõe que a função de utilidade da equação (2) seja lexicográfica em termos de (i) um requisito primário para segurança de retornos líquidos e (ii) um requisito secundário de maximização do retorno líquido total esperado. Os critérios de segurança, ou de afastamento do fracasso, podem ser desenvolvidos de modos diversos (ANDERSON et al., 1975). Na PRFP, de modo como foi desenvolvida por Boussard (1971) e Boussard e Petit (1967), uma perda máxima admissível é definida como a diferença entre E e o retorno líquido total mínimo que um agricultor necessita para garantir um consumo mínimo inevitável. Este nível mínimo de retorno líquido, denotado z_c , é conhecido como foco-perda. Assim,

$$(13) \quad L = E - z_c.$$

Além disso, para cada tecnologia T_j , um deficit possível em

⁽⁵⁾ No original "Focus-Loss Constrained Programming (FLCP)" (N.T.).

renda líquida por unidade, q_j , é definido, onde q_j é a diferença entre $E(r_j)$ e a renda líquida que será atingida se "as coisas correrem mal". Uma interpretação razoável é que q_j é selecionado de modo que a renda líquida real de T_j por unidade será maior ou igual a $[E(r_j) - q_j]$, com certa probabilidade especificada não demasiado distante da unidade. Como mostram Kennedy e Francisco (1974), se as rendas líquidas de tecnologia são distribuídas regularmente de modo independente, um requisito para que a renda líquida total seja maior ou igual ao requisito mínimo z_c em um certo nível probabilístico $1-p$ é equivalente ao requisito que

$$(14) \quad q_j x_j \leq L/k, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

onde $q_j = \sigma_j t_{pj} \sigma_j$ sendo o desvio-padrão de r_j e t_p o valor da variável normal padrão no nível p de probabilidade cumulativa. A equação (14) implica que o deficit possível na renda líquida total de qualquer tecnologia não deve exceder uma fração especificada $1/k$ da perda admissível. O valor de k é um tanto arbitrário, porém Boussard e Petit (1967) mostraram que, quando r_j é regularmente distribuído $k \geq n^{*1/2}$ é uma condição razoável onde n^* é o número de tecnologias no plano ótimo. Evidentemente, n^* não pode ser conhecido com antecedência, mas Boussard sugeriu $k = 3$ e concluiu que este valor dá resultados semelhantes aos dos "portfolios" escolhidos por alguns agricultores franceses.

Dada a equação (14), a abordagem PRFP implica a função de utilidade lexicográfica

$$(15) \quad U(\underline{x}) = \begin{cases} E & \text{se } q_j x_j \leq L/k \quad \text{para todo } j = 1, 2, \dots, n \\ 0 & \text{se } q_j x_j > L/k \quad \text{para qualquer } j = 1, 2, \dots, n. \end{cases}$$

Para determinar o conjunto ótimo de tecnologias \underline{x} , usa-se a programação linear paramétrica para resolver o seguinte problema. Maximize-se

$$(16) \quad U(\underline{x}) = \sum_{j=1}^n x_j E(r_j) - F$$

sujeita às restrições técnicas das equações (3) e (4), as restrições de segurança

$$(17) \quad \sigma_j t_p x_j \leq L/k, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

e

$$(18) L \geq 0$$

como o z_c variada parametricamente de menos infinito ao máximo para o qual existe uma solução:

$$(19) \sum_{j=1}^n x_j E(r_j) - F - L = z_c, \quad z_c = -\infty + \infty.$$

Para cada nível do nível mínimo requerido de retorno líquido total, z_c , a solução deste problema dá o "portfolio" de tecnologias que maximiza o retorno líquido esperado com uma possibilidade de p ou menos de que o retorno líquido real seja menos do que o nível de foco-perda z_c . O "portfolio" ótimo pode ser então escolhido por intuição a partir deste conjunto eficiente de foco-perda, supondo-se que o agricultor adote uma abordagem de foco-perda ao tomar sua decisão.

Comparada à PQR e ao MOTAD, a PRFP pode ser violentamente criticada com uma aproximação ao nosso modelo ideal por duas razões. Primeiro, a escolha da fração k de perda admissível é bastante arbitrária. Segundo, para uma interpretação adequada, a PRFP exige a pressuposição irreal e duvidosa de que as rendas líquidas r_j sejam distribuídas não somente de modo regular, mas também de modo independente, isto é, efeitos de covariância não são levados em conta. Um ponto de interrogação deve também ser colocado diante do uso de uma função utilidade lexicográfica do tipo prioridade de segurança. Intuitivamente, uma tal abordagem orientada no sentido de segurança é atraente; especialmente no que diz respeito a agricultores de subsistência (LOW, 1974). Para uma amostragem de agricultores norte-americanos, no entanto, LIN et al. (1974), achou não ser a abordagem orientada em termos de segurança tão boa como preditora de escolha do agricultor como uma função de utilidades (E,V).

Programação com Base na Teoria dos Jogos (PTJ) ⁽⁶⁾

A essência das abordagens com base na teoria dos jogos é escolha tecnológica é que, uma matriz de valores de retornos líquidos, do tipo "jogo contra a natureza/pagamentos" é especificada com elementos r_{tj} indicando a renda líquida por unidade de T_j sob o t -ésimo estado da natureza, ($t = 1, 2, \dots, s$; $j = 1, 2, \dots, n$). Os estados da natureza devem ser exaustivo e mutuamente exclusivos. A programação linear é então usada para determinar o programa maximizador de lucro sob cada estado da natureza. Cada uma destas solu

⁽⁶⁾ No original, "Game Theoretic Programming (GTP)" (N.T.).

ções é avaliada para todos os outros estados da natureza, dando assim uma matriz de pagamento (⁷) de possibilidades de renda líquida total que possa ser avaliada por meio de critérios de decisão da teoria dos jogos. Os mais conhecidos são os de Laplace, Wald ou Maximini, os critérios de arrependimento de Savage e os de pessimismo-otimismo de Hurwicz (DILLON e HEADY, 1959).

Como um exemplo, considerar o critério de Wald implica que o agricultor deveria escolher o "portfolio" de tecnologias que lhe dá o melhor retorno líquido sob o estado da natureza mais adverso. Em razão das restrições de recursos sob as quais o agricultor opera, o mais adverso estado de natureza em termos de rendas líquidas totais só pode ser identificado no contexto do estabelecimento agrícola como um todo. Daí a necessidade de uma abordagem de programação que admita todas as possibilidades x . A função de utilidade implicada pelo critério maximini é lexicográfica e linear em renda líquida e total. Pode ser expressa como:

$$(20) \quad U(\underline{x}) = \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_j r_{tj} - F & \text{se } \sum_{j=1}^n x_j r_{tj} = \max_{\underline{x}} (\min_{j=1}^n \sum_{j=1}^n x_j r_{tj}) \\ \text{ou então } 0 \end{cases}$$

Para programação linear o modelo é formulado como a maximização de

$$(21) \quad B = \min_t \sum_{j=1}^n x_j r_{tj}, \quad t = 1, 2, \dots, s \\ = \sum_{j=1}^n (x_j r_{jt} \mid t = w)$$

sujeito a

$$(22) \quad \sum_{j=1}^n (x_j r_{tj} \mid t = w) \leq \sum_{j=1}^n (x_j r_{jt} \mid t \neq w), \quad t = 1, 2, \dots, s,$$

e as restrições técnicas das expressões (3) e (4), onde w é o estado da natureza mais adverso em termos de uma renda líquida total para \underline{x} . Modelos análogos de programação linear adequadamente elaborados, são aplicáveis aos outros

(⁷) No original "payoff matrix" (N.T.).

critérios da teoria dos jogos (HAZELL, 1970; LOW, 1974; MCINERNEY, 1969; KAWAGUCHI e MURUYAMA, 1972; TADROS e CASLER, 1969).

Do ponto de vista de uma teoria de decisão bayesiana, as abordagens da teoria dos jogos à escolha de tecnologias não podem ser justificadas. Pode-se sempre especificar probabilidades subjetivas para estados da natureza. Supondo-se a ausência de probabilidades, muitas informações relevantes são ignoradas. Além disso, como LUCE e RAIFFA (1957) mostram, nenhum dos critérios da teoria dos jogos tem uma base axiomática adequada na teoria da decisão. Em vez de iniciar pelo agricultor e perguntar como poderemos traçar suas preferências de modo a orientar a escolha, a PTJ tende mais a refletir uma abordagem no sentido de acrescentar novos dados à programação linear e então argumentar que os agricultores deveriam organizar suas preferências de acordo com o que ela preconiza.

Programação Monte Carlo Risco-Eficiente (PMCRE) ⁽⁸⁾

As cinco abordagens à escolha do melhor "portfólio" de tecnologias até agora discutidas foram todas baseadas no uso da programação matemática. Para a PLP, PRFP (com z_c , k e p dados) e PTJ, que implicam uma função utilidade linear em retorno líquido total, a programação linear dá a escolha ótima de modo imediato. Com a PQR e o MOTAD, que implicam utilidade não linear, a programação logarítmica gera um conjunto eficiente de "portfólios" dos quais a escolha ótima pode ser determinada intuitivamente, ou se a função utilidade for conhecida, algebricamente. Por outro lado, PMCRE não se baseia em um algoritmo de programação matemática e não faz pressuposições sobre os argumentos específicos da função utilidade esperada. De modo como foi desenvolvida por ANDERSON (1975), PMCRE (i) usa um procedimento Monte Carlo a fim de gerar uma amostra de "portfólios" viáveis, os quais (ii) são então selecionados em conjuntos eficientes relativos a pressuposições sobre a forma da função utilidade do agricultor. A primeira destas etapas envolve programação Monte Carlo (CARLSSON et al., 1969; DONALDSON e WEBSTER, 1968; THOMSON, 1967); a segunda envolve uma avaliação da eficiência estocástica através das regras de domínio estocástico (ANDERSON, 1974; HADAR e RUSSEL, 1969; HARDAKER e TANAGO, 1973).

Na programação Monte Carlo, combinações de tecnologias são (a)

⁽⁸⁾ No original "Risk-Efficient Monte Carlo Programming (REMP)" (N.T.).

selecionadas pela amostragem pseudo-aleatória (Monte Carlo) e (b) expandidas a seus limites em termos de requisitos de recursos de modo (c) a atingir uma amostragem aleatória de combinações viáveis, isto é, um conjunto de \underline{x} com $x_j \geq 0$ e $\sum a_{ij} x_j \leq b_i$. Uma vez dada a distribuição probabilística marginal $f(r_j)$ de retornos líquidos por unidade de cada tecnologia e, considerando as dependências estatísticas entre estas distribuições, a distribuição probabilística do retorno líquido total (baseada na distribuição conjunta $f(r_1, r_2, \dots, r_n)$) e o vetor \underline{x} é estimada para cada amostragem \underline{x} . O conjunto de distribuições de retorno líquido total é então classificado em vários conjuntos estocasticamente eficientes com base em critérios de domínio estocástico (aplicados abaixo).

Empiricamente, não é possível, em geral estabelecer-se com exatidão a distribuição multivariada requerida $f(r_1, r_2, \dots, r_n)$. Faz-se necessária uma aproximação. Reconhecendo que as distribuições marginais e conjuntas de renda líquida agrícola são geralmente assimétricas, ANDERSON (1975) sugere que a família Beta de distribuições seja usada para aproximação. Ele propõe que a distribuição marginal de cada r_j seja especificada obtendo-se seus extremos mais altos e mais baixos, média e variância, e que as interdependências sejam obtidas em termos de simples correlações entre pares r_j . Os procedimentos práticos para tais deduções foram apresentados por ANDERSON et al. (1975). Dados os parâmetros acima mencionados, uma representação Beta determinada de forma única da distribuição total de renda líquida para cada combinação \underline{x} pode ser calculada.

Os critérios de domínio estocástico usados para classificar as distribuições probabilísticas de retorno líquido total (e assim suas combinações correlatas de tecnologias) em conjuntos estocasticamente eficientes podem ser explicadas da seguinte maneira: suponhamos que há duas combinações viáveis de tecnologias denotadas por \underline{x}_f e \underline{x}_g , respectivamente, e que o retorno líquido total resultante de cada combinação é uma variável (aleatória) y com limite (a,b) e respectivas funções de densidade de probabilidade $f(y)$ e $g(y)$. Podemos definir as funções cumulativas

$$(23) \quad F_1(R) = \int_a^R f(y) dy, \quad G_1(R) = \int_a^R g(y) dy$$

$$(24) \quad F_2(R) = \int_a^R F_1(y) dy, \quad G_2(R) = \int_a^R G_1(y) dy$$

$$(25) \quad F_3(R) = \int_a^R F_2(y) dy, \quad G_3(R) = \int_a^R G_2(y) dy.$$

Se $F_1(R) \leq G_1(R)$ para todo R em (a, b) com $F_1(R) < G_1(R)$ para pelo menos um valor de R , diz-se que $f(y)$ domina $g(y)$ por um domínio estocástico de primeiro grau (DEP). O domínio estocástico de segundo grau (DES) e o domínio estocástico de terceiro grau (DET) de $f(y)$ sobre $g(y)$ que são de finidos de forma análoga em termos de $F_2(R) \leq G_2(R)$ e $F_3(R) < G_3(R)$ respectivamente. O domínio estocástico de primeiro grau de $f(y)$ sobre $g(y)$ implica que um agricultor para quem $dU/dy > 0$ (isto é, prefere-se mais y a menos y) preferirá a combinação tecnológica x_f a x_g e, em relação a x_g , x_f pode ser descrito como tendo eficiência estocástica de primeiro grau (EEP). DES de $f(y)$ sobre $g(y)$ implica que um agricultor para quem $dU/dy > 0$ e $d^2U/dy^2 < 0$ (isto é, ele é avesso ao risco) preferirá x_f a x_g , e x_f pode ser descrito como tendo uma eficiência estocástica de segundo grau (EES). Do mesmo modo, DET de $f(y)$ sobre $g(y)$ implica que um agricultor para quem $dU/dy > 0$, $d^2U/dy^2 < 0$ e $d^3U/dy^3 > 0$ (isto é, cada vez menos avesso ao risco), preferirá x_f a x_g e x_f possui eficiência estocástica de terceiro grau (EET). Provas destas relações e seus análogos discretos são apresentados por ANDERSON (1974).

Usando os critérios acima, em seqüência, as combinações de tecnologias resultantes da programação Monte Carlo podem primeiramente ser classificadas para EEP. As combinações de tecnologia sujeita a DEP podem deixar de ser consideradas, uma vez que para qualquer agricultor com $dU/dy > 0$ haverá, no conjunto EEP, um membro que seja mais preferido a outro. O conjunto EEP pode ser classificado para EES. Aqueles que exibem EES conterão a escolha preferida (entre as combinações de amostras) para agricultores que são avessos ao risco. Por fim, o conjunto EES pode ser analisado através de DET para encontrar qualquer combinação que apresente EET, e assim constitui o conjunto eficiente para os agricultores que são cada vez mais avessos ao risco.

Tal classificação que tem como pré-requisitos a adequação de distribuições probabilísticas Beta e a produção Monte Carlo de combinações de amostras, é uma tarefa difícil melhor executada por computador. Um conjunto PMCRE apropriado é apresentado por ANDERSON et al (1975).

Se comparada às outras abordagens, a avaliação a nível de estabelecimento da escolha de tecnologia da exploração agrícola de risco, a PMCRE apresenta-se como sendo a mais atraente. Leva em conta as informações probabilísticas subjetivas com base em uma distribuição completa e não requer nenhuma pressuposição de que o risco seja regularmente distribuído. O

que é mais importante, ao contrário das abordagens de programação matemática, o PMCRE não implica uma função objetiva totalmente especificada; simplesmente requer pressuposições gerais sobre as formas das funções utilidade agrícola. Estas pressuposições de que mais seja preferido a menos, de aversão ao risco, e de aversão decrescente ao risco (para DEP, DES e DET, respectivamente) não são inaceitáveis para a maioria dos agricultores. A PMCRE então nos oferece uma abordagem à avaliação de tecnologia, a qual não depende tanto do conhecimento das preferências individuais do agricultor, como acontece com as outras abordagens. É, entretanto, extremamente dependente das pressuposições probabilísticas feitas. Se as probabilidades usadas não forem de encontro às convicções do agricultor, a PMCRE não oferecerá uma orientação satisfatória quanto à escolha da tecnologia. Também, sendo baseada em somente uma amostra de combinações tecnológicas viáveis, a PMCRE não pode garantir uma relação completa de todas as combinações eficientes. Este, entretanto, não é um problema sério. Dada uma amostragem aleatória suficiente (orientada por um critério tal que exija pelo menos 50 combinações EEP), pode-se fazer uma avaliação adequada. Por outro lado, conquanto os procedimentos de programação matemática assegurem uma avaliação de todas as alternativas possíveis relativas a alguma função objetiva específica, é muito pouco provável que a escolha "ótima" obtida recaia no conjunto eficiente de risco. Com relação aos outros procedimentos de exploração agrícola intensiva, a PMCRE tem então implicações muito maiores para pesquisa e extensão. Ambas estas atividades serão melhor sucedidas à medida em que gerem e divulguem alternativas estocasticamente eficientes para a prática da agricultura agora existente. Por sua vez, isto implica uma apreciação muito maior de risco (especialmente em termos de extremos mais baixos de distribuições probabilísticas de renda líquida) do que tem sido caracteristicamente mostrado em atividades de pesquisa e extensão.

Individualidade do Agricultor

A escolha da tecnologia a ser feita por um agricultor é uma decisão pessoal. Dentro das restrições impostas pelas suas alternativas disponíveis, quadro institucional e alternativas conhecidas, a escolha dependerá das preferências e probabilidades pessoais do agricultor. Todos estes fatores variam de agricultor para agricultor e, para um agricultor em particular, com o passar do tempo. Que esperança de sucesso poderemos ter então quando fazemos uma tentativa de avaliação tomando-se por base a população de agricultores e não apenas um? É evidente não ser possível traçar diretrizes preci

sas para cada agricultor. Entretanto, também é evidente que informações que são valiosas para um agricultor podem ser geradas pela avaliação de uma tecnologia orientada no sentido da população de agricultores ou agricultor médio. O grau e a rapidez com que um agricultor reage a tais informações é uma decisão sua, e serão grandemente influenciados pelo crédito que ele confira às informações.

Obviamente, quanto mais as informações divulgadas orientem o agricultor no seu problema decisório - especialmente no que concerne a sua percepção subjetiva de riscos relativa a novas tecnologias - mais dignas de crédito elas serão.

LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, J.R., "Sparse Data, Estimational Reliability and Risk-Efficient Decisions", Amer. J. Agric. Econ., 56(3):564-72, 1974.
2. ANDERSON, J.R., "Risk Efficiency in the Interpretation of Agricultural Production Research", Rev. Mktng. Agric. Econ. 42(3):131-84, 1974.
3. ANDERSON, J.R., "Programming for Efficient Planning against Non- Normal Risk", Aust. J. Agric. Econ., (no prelo, 1975).
4. ANDERSON, J.R., DILLON, J.L. & HARDAKER, J.B., "Decision Analysis in Agricultural Management" (não publicado, 1975).
5. BOUSSARD, J.M., "A Model of the Behaviour of Farmers and Application to Agricultural Policies", European Econ. Rev., 2(4):436-61, 1971.
6. BOUSSARD, J.M. & PETIT, M., "Representation of Farmer's Behaviour under Uncertainty with a Focus-Loss Constraint", J. Farm Econ., 49(4): 869-80, 1967.
7. CARLSSON, M., HOVMARK, B. & LINDGREN, I., "A Monte Carlo Method Study of Farm Planning Problems", Rev. Mktng. Agric. Econ., 37(2):80-103, 1969.

8. CHEN, J.T. & BAKER, C.B., "Marginal Risk Constraint Linear Program for Activity Analysis", *Amer. J. Agric. Econ.*, 56(3):662-7, 1974.
9. DILLON, J.L. & HEADY, E.O., "Innovation as a Decision Problem under Uncertainty", *Aust. J. Agric. Econ.*, 2(1):23-32, 1959.
10. DILLON, J.L., "An Expository Review of Bernoullian Decision Theory", *Rev. Mktng. Agric. Econ.*, 39(1):3-80, 1971.
11. DONALDSON, G.F. & WEBSTER, J.P.G., "An Operating Procedure for Simulation Farm Planning - Monte Carlo Method", Wye College, Dept. of Agric. Econ., 1968.
12. HADAR, J. & RUSSELL, W.R., "Rules for Ordering Uncertain Prospects", *Amer. Econ. Rev.*, 59(1):25-34, 1969.
13. HARDAKER, J.B. & TANAGO, A.G., "Assessment of the Output of a Stochastic Decision Model", *Aust. J. Agric. Econ.*, 17(3):170-8, 1973.
14. HAZELL, P.B.R., "Game Theory - An Extension of Its Application to Farm Planning under Uncertainty", *J. Agric. Econ.*, 21(2):239-52, 1970.
15. HAZELL, P.B.R., "A linear Alternative to Quadratic and Semivariance Programming for Farm Planning Under Uncertainty", *Amer. J. Agric. Econ.*, 53(1):53-62, 1971.
16. HAZELL, P.B.R. & HOW, R.B., "Obtaining Acceptable Farm Plans Under Uncertainty", *Papers and Reports Fourteenth International Conference of Agricultural Economists*, Oxford, Institute of Agrarian Affairs, 1971, p. 338-47.
17. HEIBERT, L.D., "Risk, Learning, and the Adoption of Fertilizer Responsive Seed Varieties", *Amer. J. Agric. Econ.*, 56(4):764-8, 1974.
18. ICRISAT, "International Workshop on Farming Systems", At ICRISAT, out.-dez., 1974, p. 4.
19. KANAGUCHI, T. & MARUYAMA, Y., "Generalized Constrained Games in Farm Planning", *Amer. J. Agric. Econ.*, 54(4):591-602, 1972.

20. KENNEDY, J.O.S. & FRANCISCO, E.M., "On the Formulation of Risk Constraints for Linear Programming", *J. Agric. Econ.*, 25(2):129-44, 1974.
21. LIN, W., DEAN, G.W. & MOORE, C.V., "An Empirical Test of Utility vs. Profit Maximization in Agricultural Production", *Amer. J. Agric. Econ.*, 56(3):497-508, 1974.
22. LOW, A.R.C., "Decision Taking under Uncertainty: A Linear Programming Model of Peasant Farmer Behaviour", *J. Agric. Econ.*, 25(3):311-22, 1974.
23. LUCE, R.D. & RAIFFA, H., "Games and Decisions, New York, Wiley, 1957.
24. McFARQUHAR, A.M.N., "Rational Decision Making and Risk in Farm Planning- Application of Quadratic Programming in British Arable Farming", *J. Agric. Econ.*, 14(4):552-63, 1961.
25. McINERNEY, J.P., "Maximin Programming - An Approach to Farm Planning under Uncertainty", *J. Agric. Econ.*, 18(2):279-89, 1967.
26. McINERNEY, J.P., "Linear Programming and Game Theory Models - Some Extensions", *J. Agric. Econ.*, 20(2):269-78, 1969.
27. RAIFFA, H., "Decisions Analysis, Reading, Addison-Wesley, 1968.
28. SCHLUTER, M.G.G. & MOUNT T.D., "Management Objectives of the Peasant Farmer: An Analysis of Risk Aversion in the Choice of Cropping Pattern, Surat District, India", *Econ. Development and Cultural Change* (no prelo, 1975).
29. TADROS, M.E. & CASLER, G.E., "A Game Theoretical Model for Farm Planning under Uncertainty", *Amer. J. Agric. Econ.*, 51(5):1164-7, 1969.
30. THOMSON, S.C., "A user's Manual for Monte Carlo Programming", Univ. of Reading, Dept. of Agric. Study n^o 9, 1970.
31. THOMSON, S.C. & HAZELL, P.B.R., "Reliability of Using the Mean Absolute Deviation to derive Efficient E, V Plans", *Amer. J. Agric. Econ.*, 54(3):503-6, 1972.

32. WAGNER, H.M., "Principles of Operations Research"; Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1969
33. WINKLER, R.L., "Introduction to Bayesian Inference and Decision", New York, Holt, Rinehart e Winston, 1972.