

Modelo dinâmico de oferta em situação de incerteza*

Claudio Eduardo Araujo**

Sumário: 1. Introdução; 2. O de modelo de otimização prudente; 3. Determinação do objetivo do produtor brasileiro; 4. Análise econométrica em série temporal com corte transversal; 5. Conclusão.

Este artigo analisa os efeitos da instabilidade dos preços recebidos pelos produtores sobre a oferta agrícola utilizando um modelo dinâmico de seguro. O modelo de otimização prudente é desenvolvido levando em conta características da política de preços mínimos. O produtor maximiza um lucro esperado que depende de um preço equivalente certo, da produção média e dos custos de produção, sob restrições de disponibilidade de fatores e de seguro. Distinguem-se dois tipos de bens, transacionados e não-transacionados, e quatro formas de expectativas dos preços. O modelo é testado econometricamente, no caso do Brasil, em série temporal com corte transversal. Três produtos são analisados: algodão, arroz e milho.

This paper analyzes the consequences of producer price instability on agricultural supply through a "safety dynamic model". The model of cautious optimizing takes into account some of the agricultural pricing policy specificities. The producer maximizes an expected profit which depends on certainty equivalent price, the average production and the production costs subject to factors availability and a safety constraint. Two types of goods, tradables and non-tradables, and four models of price expectations are distinguished. The model is tested econometrically on Brazilian panel data. Three products are analyzed: cotton, rice and corn.

1. Introdução

Durante muitos anos, importantes pesquisas tentaram avaliar as causas e conseqüências do risco na agricultura. Esses estudos ocasionaram importantes análises sobre o comportamento do produtor com relação às suas expectativas de preços, às fontes do risco, à aversão ao risco e às políticas de estabilização dos preços. Paralelamente, organismos internacionais (Banco Mundial, FMI) e governos de vários países promoveram um debate sobre a necessidade de estabilizar ou não os preços agrícolas. Entretanto, este debate teórico e político está longe de ser concluído (Newbery & Stiglitz, 1981; Lipton, 1987; Finkelshatain & Chalfant, 1991; Fafchamps, 1992). É importante, então, analisar o comportamento do produtor numa situação de risco em que os preços recebidos são instáveis.

A instabilidade dos preços e a instabilidade da produção, que podem em alguns casos se compensar, acarretam uma forte instabilidade das rendas agrícolas. Interessa pois saber de que maneira os produtores incorporam esse risco na sua tomada de decisão e quais os efeitos

* Este artigo baseia-se na tese defendida pelo autor na Université d'Auvergne (França), no Cerdí (Centro de Estudo e Pesquisa sobre o Desenvolvimento Internacional). O autor agradece os comentários de C. Araujo-Bonjean, J. P. Azam, J. M. Boussard, J. L. Carvalho, J. N. Greenfield, P. Guillaumont, J. P. Laffargue, J. Y. Lesueur, M. R. Lopes e E. Sadoulet, que ajudaram na realização deste trabalho. As opiniões são, todavia, de inteira responsabilidade do autor.

** Doutor em economia pela Université d'Auvergne (Cerdí).

na oferta agrícola. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as consequências da instabilidade dos preços sobre a produção agrícola através de uma análise da oferta em situação de incerteza. A análise é aplicada ao Brasil para três produtos: algodão, arroz e milho no período de 1973-90.

Um modelo dinâmico de oferta em situação de risco é desenvolvido para analisar o comportamento do produtor. O modelo de otimização prudente testado para o caso brasileiro foi desenvolvido a partir dos trabalhos de Day e Singh (1975) e Day (1979). Esse modelo apresenta três vantagens principais com relação aos precedentes. A primeira é a facilidade de aplicação através de um modelo econométrico. A segunda é sua adaptação ao contexto brasileiro. Ele permite incorporar o complexo processo de decisão dos produtores em situação de risco, levando em conta a disponibilidade dos fatores de produção e o papel dos instrumentos da política de estabilização dos preços na tomada de decisão. Por fim, o modelo de otimização prudente permite uma avaliação dinâmica da tomada de decisão do produtor. A cada tomada de decisão, determina-se a “prudência” através de um coeficiente que mede sua aversão subjetiva com relação ao risco.

A análise dos efeitos da instabilidade dos preços através do modelo dinâmico de oferta é desenvolvida em três seções. Na seção 2 é desenvolvido o modelo de otimização prudente, supondo que a função objetivo do produtor depende de um preço equivalente certo e é limitada por uma restrição de seguro. A função de oferta e o preço equivalente certo são deduzidos na seção 3. Finalmente, na seção 4 são apresentados os resultados econométricos através de um modelo de séries temporais com corte transversal.

2. O modelo de otimização prudente

O modelo de otimização prudente tem por objetivo aproximar os modelos baseados em experiências (*behaviour*) e os modelos desenvolvidos a partir da hipótese de utilidade esperada, a fim de elaborar um método que possa ser adaptado a situações reais. Desse modo, as hipóteses teóricas do comportamento do produtor são formuladas levando em conta aspectos psicológicos que podem influenciar as decisões no contexto da agricultura brasileira.

O modelo de otimização prudente é baseado no trabalho de Richard Day (1979), no qual as decisões do produtor levam em conta novas condições e informações às quais ele tem acesso. Algumas hipóteses foram todavia modificadas. A primeira mudança relaciona-se à expectativa dos preços.¹ A segunda consiste em modificar a restrição de seguro de maneira a levar em conta as características da política de preços agrícolas, cujos dois principais instrumentos são os AGF (aquisição do governo federal) e os EGF (empréstimos do governo federal). Estes instrumentos permitem ao produtor escolher entre vender seu produto durante a colheita a preço de mercado ou ao governo a um preço mínimo, estocar ou pedir créditos à comercialização para vender na entressafra. Enfim, ao contrário do modelo de Day, que utiliza um modelo de programação linear, o modelo desenvolvido é estimado economicamente.

Três conceitos resumem o modelo de otimização prudente: seguro, perigo e experiência. O seguro é a preferência por um evento que o produtor toma como certo. Ele determina então uma zona de seguro. O perigo, ou a distância do perigo, determina sua aversão ao

¹ Day considera expectativas “ingênuas” do tipo teia de aranha, ao passo que nós supomos, para as estimativas econométricas, diferentes tipos de expectativas dos preços.

risco. Ele não é causado necessariamente por eventos de natureza estocástica, mas também por falta de informações ou desconhecimento do sistema econômico. O último termo, experiência, descreve a dinâmica do modelo supondo que o produtor ajusta suas decisões segundo o conhecimento adquirido.

O produtor define uma zona de resposta flexível (ZRF) compreendendo “preferências certas” e determinada pela prudência. A zona de resposta flexível abrange a zona de seguro e escolhas próximas ao seguro. No interior da ZRF a resposta do agente é flexível às oportunidades econômicas, ou seja, um ponto da zona é escolhido de acordo com o critério de maximização da utilidade do produtor. A ZRF pode se ajustar de um período a outro proporcionalmente ao coeficiente de flexibilidade, que representa uma percentagem máxima de mudança da zona.

O modelo de otimização prudente é decomposto em três fases. Na primeira, o produtor determina uma função objetivo ignorando o critério de prudência. Na segunda fase, o produtor determina a zona de resposta flexível para o período corrente. E, finalmente, ele determina uma segunda função objetivo levando em conta sua prudência.

Função objetivo

A função objetivo define as escolhas do produtor com relação a uma atividade, por exemplo, o lucro obtido com a produção Q . O ponto ótimo de sua escolha é dado pela maximização dessa função. Supondo, em princípio, que o produtor ignora o critério de seguro, ele procura então maximizar uma função objetivo Π , definida por um lucro esperado:

$$\begin{aligned} \text{Max } \Pi &= \left[E\left(\tilde{\pi}\right) \right] \\ \text{Max } E\left\{ \tilde{P}^i \tilde{Q}^i - \left(P_S^i X_S^i + P_K^i X_K^i \right) \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

onde $E(\pi)$: lucro esperado; \tilde{P} : preço aleatório do produto; \tilde{Q} : produção aleatória; P_S : preço do fator de produção; X_S, P_K : preço do fator de produção; X_K . P_S e P_K são considerados não-aleatórios; i : cultura principal; \sim : variável aleatória.

Supondo que todos os agricultores estão em presença de um mesmo risco, a produção global dependerá de um risco θ e da produção global média (\bar{Q}), que é a soma das produções médias individuais:

$$\bar{Q} = \bar{Q} * \bar{\theta}$$

A função de produção média é definida por dois fatores de produção, a terra X_S e o capital X_K , um índice climático Φ e um progresso técnico neutro (T):

$$\bar{Q} = q(X_S, X_K) e^{(vT)} \Phi \quad (2)$$

onde v : taxa de progresso técnico “global” que afeta a produção; e Φ : índice climático calculado pelo método de Thornthwaite: $\Phi = (\text{pluviometria} / \text{evapotranspiração})$.

Considerando que em situação de incerteza o preço médio do produto é diferente do custo marginal (Sandmo, 1971), a condição de equilíbrio é dada pela igualdade do custo marginal a um preço equivalente certo. O preço equivalente certo é o preço que geraria exatamente a mesma resposta da oferta que o preço aleatório, se ele existisse no mercado e se não houvesse risco (Newbery & Stiglitz, 1981). Esse preço é definido mais adiante. A função objetivo (1) pode ser especificada para uma única cultura como:

$$\text{Max } E(\tilde{\pi}) = (\bar{Q}^i * \hat{P}^i) - (P_S^i X_S^i + P_K^i X_K^i) \quad (3)$$

onde \hat{P} : preço equivalente certo.

Para definir o nível de produção ótimo o produtor maximiza essa função objetivo sob duas restrições: a disponibilidade de terra e a de capital. A restrição da disponibilidade de terra presume que o produtor reparte a superfície total (S) para cada cultura:

$$X_S^i + X_S^j \leq S \quad \text{para } i \neq j \text{ (} i \text{ é a cultura principal).} \quad (4)$$

O segundo limite do produtor é uma restrição de liquidez cuja soma das aquisições dos fatores de capital deve ser inferior ao montante de capital disponível (K). A restrição de liquidez depende das vendas antecipadas do produto ao governo,² do montante de crédito utilizado na aquisição de fatores de produção e do estoque de capital inicial (S_K^0), deduzidos das despesas pagas no setor agrícola (C^G : taxas, impostos, reembolso de créditos passados). Tem-se então:

$$P_K^i X_K^i + P_K^j X_K^j \leq K \quad \text{para } i \neq j \quad (5)$$

$$K = S_K^0 + Y^G + B - C^G \quad (6)$$

onde $Y^G = \alpha P^g q(X_S^i, X_K^i) e^{(vT)}$

α : proporção da produção vendida ao governo; P^g : preço mínimo;

$B = B(S, r_m, r_b)$

B : montante de crédito disponível, função da superfície total S (garantia do produtor), da taxa de juros do mercado (r_m) e da taxa de juros do setor rural (r_b).

A solução do problema (3) sob as restrições (4), (5) e (6) resulta na produção ótima inicial Q_0^* . Todavia, este resultado ignora a restrição de seguro na qual o produtor se resguarda de eventuais riscos. Numa segunda fase de otimização o produtor determina uma zona de resposta flexível.

² A venda da produção ao governo é feita através do programa AGF, no qual os preços são conhecidos no período do plantio. O produtor estabelece um montante de venda ótimo, mas sem levar em conta as influências climáticas que ocorrem nos períodos de amadurecimento e florescimento da cultura.

Zona de resposta flexível – ZRF

A zona de resposta flexível comporta uma zona de seguro e uma distância do perigo que são descritas a seguir.

Zona de seguro

No momento da tomada de decisão, início do plantio, o produtor define uma região na qual ele acredita que os resultados são certos e que ele não se expõe a nenhum risco. Essa região determina a zona de seguro do produtor, onde os resultados podem ser únicos ou múltiplos. A zona de seguro chama-se “seguro focal” quando o resultado é único.

Suponhamos que o agricultor define uma zona de seguro focal Z , de acordo com seu consumo mínimo necessário às suas necessidades (saúde, educação, nutrição etc.). O mínimo necessário é adquirido por um lucro mínimo que ele espera obter vendendo sua produção. A zona de seguro pode ser definida por uma renda mínima tirada da cultura principal somada à renda tirada de uma cultura secundária. No caso do Brasil, o produtor pode definir o lucro mínimo baseado na política de preços agrícolas determinando um nível de produção médio que deve ser vendido ao preço mínimo.³ A zona de seguro é dada por:

$$Z = P^s q(X_S^i, X_K^i) e^{(vT)} \Phi + P^j Q^j \quad \text{para } i \neq j \quad (7)$$

onde P^s : preço mínimo; P^j : preço da cultura secundária; e Q^j : produção da cultura secundária: $Q^j = J(X_S^j, X_K^j)$.

Prudência vinculada ao risco

A zona de resposta flexível (ZRF) engloba a zona de seguro (7) e sua dimensão varia em função da prudência do produtor, que é medida pelo coeficiente de prudência. Este coeficiente mede a distância entre a zona de seguro e o limite máximo da ZRF; quanto menor (maior) a distância mais o produtor é prudente (imprudente). Essa diferença é também chamada *perigo métrico* ou *distância com relação ao perigo*. A prudência é definida a partir de propriedades matemáticas de espaço métrico: propriedade de desigualdade triangular da distância e da definição de *bola*.

Chama-se *bola fechada*, de centro Z e raio γ_0 ($\gamma_0 > 0$), de um espaço métrico E , o conjunto $F(Z, \gamma_0)$ tal que:

$$\begin{aligned} F(Z, \gamma_0) &= \{ \Pi \in E \ ; \ \text{Dist}(\Pi, Z) \leq \gamma_0 \} \\ \text{Dist}(\Pi, Z) &= |\Pi - Z| \leq \gamma_0 \end{aligned} \quad (8)$$

³ Não é evidente que os preços do mercado sejam sempre superiores ao preço mínimo. Nos anos 80, houve uma queda do preço do mercado abaixo do preço mínimo devido principalmente às imperfeições na administração da política de preços agrícolas (ver Rezende, 1985).

onde γ_0 : coeficiente de prudência; Π : função objetivo definida na expressão (1); e Dist: distância.

O coeficiente de prudência γ_0 varia entre zero e infinito. Se γ_0 tende a zero, ou seja, se a diferença entre Π e Z diminui, o produtor é mais prudente. Se γ_0 tende ao infinito, ou seja, se a diferença entre Π e Z aumenta, o agricultor ignora a restrição do seguro.

Utilizando as definições da zona de seguro e da distância do perigo, pode-se definir a zona de resposta flexível que representa a restrição de seguro.

Restrição da função objetivo em situação de incerteza

A expressão (8) exprime a restrição de seguro da função objetivo do produtor. Define o intervalo ao qual deve pertencer a solução do problema de maximização da utilidade respeitando-se o princípio de seguro do produtor. A zona de seguro tem um aspecto dinâmico, modificando-se a cada tomada de decisão. O produtor ajusta seu coeficiente de prudência por um parâmetro flexível, de maneira que as soluções que satisfazem a restrição de seguro pertençam também ao domínio de possibilidades de produção.

O parâmetro de flexibilidade representa uma percentagem máxima de modificação da zona de seguro. A combinação do parâmetro de flexibilidade e do coeficiente de prudência γ_0 forma um processo de perturbação estocástica, ou perturbação pseudo-estocástica, alterando assim a forma da curva de oferta em função do tempo.

A zona de resposta flexível (ZRF) pode ser definida pela distância em valor absoluto entre (Π, Z) ponderada pelo parâmetro flexível μ . A ZRF é então definida por:

$$ZRF = \text{Dist}(\Pi, Z) = \frac{|\Pi - Z|}{Z} \leq \mu \gamma_0 \quad (9)$$

onde $\mu \gamma_0 = \gamma$; μ : parâmetro flexível ($\mu = \mu_0/Z$); γ : coeficiente de prudência flexível.

A restrição de seguro pode ser escrita da forma seguinte:

$$Z - \gamma Z \leq \Pi \leq Z + \gamma Z \quad (10)$$

A solução ótima para o produtor prudente que maximiza seu lucro deve satisfazer a restrição acima. No ótimo o lucro do agricultor deve ser tal que seu objetivo seja limitado por uma parcela γ . Considerando $\Pi - Z \geq 0$, ou seja, que o lucro esperado pelo agricultor é ao menos igual à renda de seguro (se não a produção seria abandonada), a restrição (10) se reduz à expressão abaixo:

$$\Pi \leq (1 + \gamma) Z \quad (11)$$

O comportamento do produtor é formalizado através de uma função objetivo que leva em conta as restrições técnicas, financeiras e de seguro.

3. Determinação do objetivo do produtor brasileiro

As condições de equilíbrio no ótimo e a função de oferta podem ser determinadas desenvolvendo-se o modelo de otimização prudente exposto acima. O problema do produtor em situação de risco é maximizar a função de utilidade Π sob as restrições de disponibilidade em terra, de liquidez e de seguro, o que nos permite assim deduzir a equação de oferta. Esta equação de oferta dependerá de um preço equivalente certo, que é um importante elemento na definição do objetivo do produtor — ver expressão (3). As expectativas quanto ao preço equivalente certo são entretanto diferentes, de acordo com as características de comércio do produto.

Definição da função de oferta

A função de oferta é determinada resolvendo-se o problema de otimização prudente com relação às variáveis de decisão X_S, X_K , que determinam um nível de produção ótimo e o montante da produção que deve ser vendida ao Estado. O problema de otimização prudente é dado por:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{X_S^i, X_K^j, \alpha} \Pi &= E(\tilde{\pi}) \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} X_S^i + X_S^j \leq S \\ P_K^i X_K^i + P_K^j X_K^j \leq K \\ K = S_K^0 + Y^G + B - C^G \\ E(\tilde{\pi}) \leq (1+\gamma)Z \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{onde, } \begin{cases} E(\tilde{\pi}) = \hat{P}^i \bar{Q}^i - P_S^i X_S^i - P_K^i X_K^i \\ Z = P^{g^i} \bar{Q}^i + P^j Q^j \\ Y^G = \alpha P^{g^i} q(X_S^i, X_K^i) e^{(\nu T)} \\ B = B(S, r_m, r_b) \end{cases}$$

O Lagrange associado ao problema (12) é dado por:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = (1-\Lambda)E(\tilde{\pi}) + (1+\gamma)\Lambda Z + \lambda_1 (S - X_S^i - X_S^j) + \lambda_2 (K - P_K^i X_K^i - P_K^j X_K^j) \\ + \lambda_3 \{S_K^0 + Y^G + B - C^G - K\} \end{aligned} \quad (13)$$

onde Λ, λ_1 e λ_2 , são multiplicadores de Kuhn-Tucker; e λ_3 é o multiplicador de Lagrange.

Por definição, o multiplicador de Lagrange é um número real associado ao ponto ótimo Q^* . Este multiplicador mede a “variação marginal” da função objetivo com relação à restrição de seguro, ou seja, mede a intensidade da restrição ou a utilidade marginal do seguro.

Associando essa definição ao problema de decisão de um agricultor brasileiro, o multiplicador Λ pode ter uma outra interpretação interessante.

Para o produtor brasileiro, o seguro depende da parte da colheita que é vendida ao Estado. Supondo que o produtor vende a proporção α da sua produção ao governo através do programa AGF, seu lucro é composto do produto de vendas ao mercado $(1 - \alpha)(PQ)$ e do produto da venda ao Estado $(\alpha P^s Q)$. Se o produtor ignorar o risco, ele nada vende ao Estado, $\alpha = 0$, a restrição de seguro não tem efeito. O coeficiente α , que representa a parte da produção vendida ao Estado, tem assim a mesma função Λ que em (13) e por conseguinte pode-se alterar Λ por α na expressão de Lagrange. As condições de primeira ordem são dadas por:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X_s^i} = \hat{P} q'_{X_s^i} e^{(vT)} \Phi - P_s^i + (1 + \gamma) P^j J_{X_s^i} - (1 + \gamma - G) \Phi B'_{X_s^i} - \lambda_1 = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X_K^i} = \hat{P} q'_{X_K^i} e^{(vT)} \Phi - (1 + \lambda_2) P_K^i = 0 \quad (15)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \alpha} = \left[(\gamma \Phi + \Phi + \lambda_3) P^{s'} - \hat{P} \Phi \right] q(X_s^i, X_K^i) e^{(vT)} = 0 \quad (16)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_3} = S_K^0 + B + Y^G - C^G - K = 0 \quad (17)$$

Com as seguintes relações de exclusão:

$$\lambda_1 (S - X_s^i - X_s^j) = 0 \quad \text{e} \quad \lambda_2 (K - P_K^i X_K^i - P_K^j X_K^j) = 0$$

$q'_{X_K^i}$: produtividade marginal da terra $q'_{X_K^j}$: produtividade marginal do capital;

$\lambda_1 = \frac{\partial \Pi}{\partial S} = \Pi'_S$: utilidade marginal da terra; $\lambda_2 = \lambda_3 = \frac{\partial \Pi}{\partial K} = \Pi'_K$: utilidade marginal do capital.

Conforme a condição (16), o multiplicador de Lagrange λ_3 é igual a $\lambda_3 = [G - (1 + \gamma)] \Phi$, onde G é uma relação entre o preço equivalente certo e o preço mínimo: $G = \left(\frac{\hat{P}^i}{P^{s'}} \right)$.

Diferenciando as condições de primeira ordem (14, 15, 16 e 17) e a função de produção definida na expressão (2), pode-se deduzir o coeficiente de prudência e a função de oferta com os respectivos sinais das variáveis dependentes.⁴ Tem-se a seguinte função de oferta em situação de risco:

⁴ A resolução técnica da função de oferta, com a definição das variáveis explicativas e seus respectivos parâmetros, se encontra em Araujo (1993).

$$Q = f\left(\hat{P}_?, P_S, P_K, P^j, G, \Phi, T\right) \quad (18)$$

que pode ser aproximada, em taxa de crescimento, pela seguinte forma:

$$\dot{Q} = \rho_0 + \rho_1 \dot{\hat{P}} + \rho_2 \dot{P}_S + \rho_3 \dot{P}_K + \rho_4 \dot{P}^j + \rho_5 \dot{G} + \rho_6 \dot{\Phi} + \rho_7 \dot{T} + \varepsilon$$

onde Q : oferta agrícola; \hat{P} : preço equivalente certo; P_S : preço da terra; P_K : preço do capital (salário agrícola); P^j : preço do produto secundário (concorrente); G : variável de informação política sobre os preços (ver definição acima); Φ : índice climático; T : progresso técnico; ρ : parâmetros; e ε : variável estocástica.

O coeficiente de prudência é dado por:

$$\gamma = G\left(\frac{\rho_1}{\rho_5}\right) \left[\frac{1}{\rho_1} (\rho_5 - \rho_6) + \left(\frac{\rho_1}{1 + \rho_1} \right) \right] - 1$$

A definição do preço equivalente certo depende das expectativas dos produtores e das restrições de comércio do bem: transacionado ou não-transacionado. Essas hipóteses são apresentadas a seguir.

Expectativas do preço equivalente certo

Vimos que o lucro do produtor é definido por um preço equivalente certo (expressão 3), no qual o agricultor baseia sua tomada de decisão; interessa então saber como o agricultor determina esse preço. O preço depende das condições de mercado (oferta e demanda) e pode algumas vezes ser endógeno ao modelo. Se os agentes econômicos não conhecem perfeitamente a estrutura de mercado, as expectativas modificam o comportamento desses agentes.

O preço equivalente certo é diferenciado de duas maneiras, segundo hipóteses de restrição sobre o comércio do produto: bens não-transacionados e bens transacionados. Em cada hipótese supõe-se quatro formas de expectativas com relação ao preço esperado.

Bens não-transacionados

Num sistema de equilíbrio parcial, o preço de equilíbrio do mercado para bens não-transacionados pode ser definido simplesmente pela igualdade da oferta e da demanda. O preço é aleatório se a oferta, a demanda ou ambos forem instáveis. Este preço pode ser definido a partir da especificação das funções de produção e de demanda variáveis.

A função de produção aleatória foi especificada na seção 2 por uma função de produção global média multiplicada por um coeficiente de risco (θ): $\tilde{Q} = \bar{Q} * \tilde{\theta}$. A função de demanda pode ser definida por uma equação da forma linear com um risco aditivo. A estrutura do mercado é dada por:

$$\begin{cases} \tilde{D} = d_0 - d_1(\tilde{P}) + \tilde{\phi}_0 \\ \tilde{Q} = \bar{Q}\tilde{\theta} \\ \tilde{D} = \tilde{Q} \end{cases} \quad (19)$$

onde D : demanda; d_0 : constante; d_1 : parâmetro; ϕ_0 : risco de demanda.

Resolvendo esse sistema, tem-se o preço aleatório de equilíbrio de mercado seguinte:⁵

$$\tilde{P} = \bar{P} - \beta(\tilde{\theta} - \bar{\theta}) + \tilde{\phi} \quad (20)$$

onde $\beta = (1/d_1)\bar{Q}$; \bar{P} : preço médio; $E(\tilde{\theta}) = 1$; $E(\tilde{\phi}) = 0$; $E(\tilde{\theta}\tilde{\phi}) = 0$.

Substituindo o preço dado em (20) na expressão (1), que representa o lucro líquido esperado do produtor, deduz-se o preço equivalente certo:

$$\begin{aligned} E(\tilde{\pi}) &= E(\tilde{Q} * \tilde{P}) = E(\bar{Q} * \tilde{\theta} * \tilde{P}) \\ &= \bar{Q}(\bar{P} + \beta\sigma_{\theta}^2) = \bar{Q} * \hat{P} \end{aligned} \quad (21)$$

onde σ_{θ}^2 : variância do risco de oferta.

A variância de θ pode ser definida a partir da equação (20),⁶ por conseguinte o preço equivalente certo torna-se igual a:

$$\hat{P} = \bar{P} - \xi\sigma_p^2 \quad (22)$$

onde $\xi = (1/\beta^2)$; σ_p^2 : variância dos preços, mede a instabilidade dos preços.

Bens transacionados

O preço de equilíbrio do mercado pode ser diferente da expressão (20) para bens transacionados. Deve-se incorporar na estrutura do mercado equações de oferta de exportação e/ou de demanda de importação. Assim, no caso de um bem importado, a estrutura do mercado é representada pelo seguinte sistema:

⁵ Ver Newbery & Stiglitz (1981, p. 66, expressão 5.14). A equação (20) é uma forma geral da definição do preço aleatório, independentemente da forma das equações de produção e de demanda na expressão (19). Neste exemplo específico, onde a equação de demanda é linear, o preço médio é igual a: $(\bar{P} = (d_0/d_1) - (1/d_1)\bar{D})$.

⁶ $\text{Var}(\tilde{P}) = \beta^2\sigma_{\theta}^2 + \sigma_{\phi}^2$ como $\sigma_{\phi}^2 = 0 \Rightarrow \sigma_{\theta}^2 = \xi\sigma_p^2$, onde $\xi = (1/\beta^2)$.

$$\begin{cases} \bar{D} = d_0 - d_1(\bar{P}) + \bar{\phi} \\ \bar{Q} = \bar{Q}\bar{\theta} \\ \bar{M} = m_0 - m_1\bar{P}_M + \bar{\psi} \\ \bar{D} = \bar{Q} + \bar{M} \end{cases} \quad (23)$$

$P_M = \left(\frac{P}{P_w} \right)$, onde P é o preço doméstico e P_w é o preço internacional; \bar{M} : demanda de importação aleatória; $\bar{\psi}$: fator de risco; m_0 : constante; m_1 : parâmetro.

Desenvolvendo o sistema (23), tem-se o preço aleatório de equilíbrio de mercado igual a:

$$\bar{P} = c + \bar{P} + \beta(\bar{\theta} - \bar{\theta}) - \rho(\bar{P}_M - \bar{P}_M) + \bar{\tau} \quad (24)$$

onde $\rho(\bar{P}_M - \bar{P}_M)\bar{\theta} = 0$, $(\theta\tau) = 0$; c : constante; $\rho = (m_1/d_1)$; $\tau = (\phi - \psi)$.

Substituindo, como anteriormente, o preço de equilíbrio de mercado (24) no lucro esperado pelo produtor, tem-se o preço equivalente certo igual a:

$$\begin{aligned} E(\bar{\pi}) &= E(\bar{Q} * \bar{P}) = \bar{Q} E[\bar{\theta} \bar{P}] \\ &= \bar{Q} [C_o + \bar{P} + \beta \sigma_{\theta}^2] = \bar{Q} * \hat{P} \end{aligned} \quad (25)$$

Calculando a variância do preço aleatório dado em (24), o preço equivalente certo, no caso de bens transacionados, é deduzido por:

$$\hat{P} = C_o + \bar{P} - \xi \sigma_p^2 - \eta \sigma_{P_M}^2 \quad (26)$$

onde $\eta = \frac{\rho^2}{\beta}$; $\sigma_{P_M}^2$: variância de P_M (coeficiente de proteção nominal, ver definição acima) mede efeitos exógenos à produção, tais como variação de impostos e subvenções (intervenção do Estado no comércio), e incertezas do mercado mundial; ξ deduzido como anteriormente.

Vê-se que, para os produtos transacionados, o preço equivalente certo (26) difere do preço equivalente certo (22) para bens não-transacionados. Todavia, nos dois casos esse preço depende de um preço esperado (médio: \bar{P}), que pode ser interpretado de diferentes maneiras pelo produtor de acordo com a forma de suas expectativas.

Expectativas dos preços

Na definição do preço equivalente certo, um importante problema do produtor é definir o preço esperado (\bar{P}). Na hipótese de comportamento racional de Muth (1961), as expectativas dependem da estrutura da economia. Se os agentes conhecem a estrutura do sistema

econômico, uma maneira racional de formarem suas expectativas é basear-se nas previsões do sistema. O preço antecipado é descrito por:

$$\bar{P} = P_t^* = E_{t-1}(P_t)$$

onde E_{t-1} é a esperança condicional ao tempo $t - 1$. A expectativa do preço para o período t é igual à previsão do sistema, dadas as informações disponíveis no tempo $t - 1$.

Se os agentes desconhecem a estrutura do mercado, o comportamento do produtor deve ser especificado por um processo de antecipação. Quatro hipóteses de comportamento do produtor com relação à expectativa dos preços são testadas. Na primeira, a expectativa dos preços é determinada por um preço médio, conforme as definições (22) e (26). Este preço médio é calculado por uma média móvel dos preços recebidos pelos produtores. Na segunda hipótese, o preço antecipado é determinado pelo método de Box e Jenkins (1970), utilizando um processo Arima.⁷ Nas duas últimas hipóteses o preço é determinado por expectativas "ingênuas": adaptadas e extrapolativas. As hipóteses com relação ao comportamento do produtor são resumidas no quadro a seguir.

Definição da expectativa do preço

$P_t^* = \bar{P}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{t-i}$	Preço médio
$\Gamma(L)P_t^* = \Theta(L)\varepsilon_t$	Processo Arima
$P_t^* = \varphi \sum_{n=0}^{\infty} (1-\varphi)^n P_{t-n}$	Expectativas adaptadas
$P_t^* = P_{t-1} + \varphi(P_{t-1} - P_{t-2})$	Expectativas extrapolativas

L : operador de defasagens; Γ e Θ polinômios; ε : variável estocástica; φ : velocidade de ajustamento.

A equação de oferta pode ser definida por taxa de crescimento para os bens não-transacionados:

$$\dot{Q} = a_0 + a_1 \dot{P}^* + a_2 \dot{P}_S + a_3 \dot{P}_K + a_4 \dot{P}_J + a_5 \dot{G} + a_6 \dot{\Phi} + a_7 \dot{T} + a_8 \dot{V} + \varepsilon_1 \quad (27)$$

E para bens transacionados:

$$\dot{Q} = b_0 + b_1 \dot{P}^* + b_2 \dot{P}_S + b_3 \dot{P}_K + b_4 \dot{P}_J + b_5 \dot{G} + b_6 \dot{\Phi} + b_7 \dot{T} + b_8 \dot{V} + b_9 \dot{U} + \varepsilon_2 \quad (28)$$

⁷ O método de Box e Jenkins é um método alternativo facilmente aplicável, que utiliza as propriedades de expectativas racionais de Muth. As variáveis exógenas são representadas por um modelo Arima (processo auto-regressivo integrando média móvel). Não é necessário conhecer todas as variáveis exógenas nem a estrutura dos erros.

onde P^* : preço antecipado calculado de acordo com as hipóteses citadas; V : variância do preço calculada por uma variância móvel defasada de três anos; U : variância do coeficiente de proteção nominal calculada por uma variância móvel defasada de três anos; ε : variável estocástica; γ : taxa de crescimento; a_i e b_i : parâmetros, onde

$$\begin{aligned} (a_2, a_3, a_4, b_2, b_3 \text{ e } b_4) &< 0, \\ (a_5, a_7, b_5 \text{ e } b_7) &> 0 \text{ e} \\ (a_1, a_6, a_8, b_1, b_6, b_8 \text{ e } b_9) &\begin{cases} < \\ > \end{cases} 0. \end{aligned}$$

Essas equações de oferta são testadas econometricamente na forma logarítmica, considerando as diferentes formas de expectativas dos preços.

4. Análise econométrica em série temporal com corte transversal

As equações de oferta (27) e (28) são estimadas econometricamente para três produtos agrícolas: algodão, arroz e milho. As equações são estimadas através de um modelo em série temporal com corte transversal (*pooling*), que permite analisar as diferenças entre as regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil.⁸ Dois tipos de modelos em série temporal com corte transversal foram testados: MVD (modelo a variáveis *dummy*) e SUR (seemingly unrelated regression).⁹ O período de estudo corresponde a 1973/74 — 1989/90.

Em primeiro lugar apresentam-se os resultados econométricos utilizando diferentes hipóteses de expectativas dos preços. Em seguida analisa-se o comportamento do produtor com relação à instabilidade dos preços e ao coeficiente de prudência.

Resultados econométricos para o caso de algodão, arroz e milho

São analisados três produtos agrícolas que habitualmente fazem parte do comércio internacional de produtos primários no Brasil: algodão, arroz e milho. Estes três produtos apresentam características diferentes de comércio. O comportamento do produtor com relação aos preços e à instabilidade dos preços é testado nas duas hipóteses de bens transacionados e não-transacionados. Os resultados são apresentados na tabela 1.

O primeiro produto, algodão, é uma importante cultura de exportação. Para estudar a oferta de algodão, escolheram-se cinco estados da região Centro-Sul e cinco da região Nordeste. No Centro-Sul temos Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul e Goiás;

⁸ As equações econométricas são submetidas a testes de autocorrelação (LM-teste), de heteroscedasticidade (teste de White), de constância dos coeficientes (teste de Chow) e de efeitos fixos; e cada variável submeteu-se a um teste de raiz unitária de Dickey-Fuller. As seleções das melhores hipóteses do tipo de comércio do bem e de expectativas dos preços são feitas através do J-teste de Davidson e Mac Kinnon (Godfrey, 1983).

⁹ O método de estimação SUR é um sistema de equações sem relações aparentes, no qual todos os coeficientes variam para cada estado, mas existe para cada estado um efeito específico constante. As equações devem ser estimadas pelos mínimos quadrados generalizados, porém o modelo pode ser estimado pelos mínimos quadrados ordinários se forem consideradas certas hipóteses sobre a variável estocástica, como normalidade, homoscedasticidade, não-autocorrelação e independência das variáveis explicativas.

Tabela 1
Estimativas econométricas da oferta de produtos agrícolas

Produtos	Algodão			Arroz			Milho		
	Amostra	BR**	CS*	NE**	BR**	CS**	NE**	BR*	CS**
Preço antecipado P^*	0,41* (2,29)***	-0,16** (-1,33)*	2,29* (4,91)***	0,31* (1,93)**	0,77* (4,66)***	-0,76** (-2,35)***	-0,24* (-1,74)**	-0,27** (-2,56)***	-1,22** (-2,52)***
P_{t-2}						0,49 (1,59)*			
Índice climático Φ	0,28 (2,57)***	0,43 (2,77)***	0,29 ^p (2,02)***	0,19 (1,94)**	-0,72 ^e (-1,26)*	-1,47 ^e (-2,77)***	0,78 (7,12)***	0,38 (3,97)***	0,85 (4,68)***
Preço da terra P_S	-0,24 (-1,48)*	0,21 (1,66)**	-1,38 (-6,77)***	0,15 (1,29)*		0,36 (1,74)**	0,21 (1,73)**	0,36 (4,05)***	
Salário agrícola P_K	-0,81 (-2,77)***	-0,94 (-3,81)***			-0,42 (-1,33)*	-0,98 (-1,59)*	-0,74 (-2,90)***	-0,33 (-1,67)**	-0,50 (-1,45)*
Preço do milho p_i				-0,66 (-3,10)***	-0,96 (-4,60)***	-0,79 (-1,96)**			
Progresso técnico T		0,35 (1,72)**		0,65 (6,16)***	0,98 (6,21)***	0,66 (4,14)***	0,79 (3,00)***	0,37 (1,55)*	
Inf. pol. / preço G	0,89 (5,39)***	0,45 (2,95)***	0,78 (3,79)***	0,76 (4,03)***	0,86 (4,87)***	0,84 (2,29)***		0,40 (4,53)***	0,43 (1,78)**
Variação Brasil V							-0,05 (-2,79)		
Var. Centro-Sul VCS	0,04 (1,56)*	0,05 (2,59)***							
Var. Minas Gerais VMG					0,05 (1,39)*				
Var. São Paulo VSP					0,05 (1,43)*				
Var. Paraná VPR								-0,04 (-1,88)**	
Var. Santa Catarina VSC								-0,07 (-2,32)***	
Var. Mato Grosso VMT				0,11 (2,04)***	0,09 (2,34)***				
Var. Goiás VGO								0,05 (1,38)*	
Var. Nordeste VNE	-0,10 (-1,69)**								
Var. Maranhão VMA				0,09 (1,59)*		0,14 (2,18)***			
Var. Piauí VPI				-0,09 (-1,43)*		-0,15 (-1,91)**			
Var. Ceará VCE			-0,14 (-1,60)*						-0,18 (-1,68)**
Var. Bahia VBA									-0,09 (1,37)*
Var. CPN safra U^r	-0,08 (-2,39)***			-0,05 (-2,35)***	-0,03 (-1,61)*				
Var. CPN entressafra U^s			0,13 (2,22)***	0,08 (2,96)***	0,05 (2,02)***				
Produção defasada Q_{t-1}	0,53 (6,06)***			0,34 (4,45)***	0,44 (5,44)***		-0,23 (-1,89)**		
Constante	14,11 (5,02)***	22,40 (8,78)***	12,52 (4,11)***	7,00 (3,83)***	10,27 (2,67)***	30,18 (6,87)***	24,04 (9,30)***	19,28 (7,42)***	23,34 (9,19)***
R^2	0,87	0,95	0,74	0,94	0,91	0,93	0,95	0,78	0,62
R^2	0,85	0,95	0,70	0,93	0,89	0,91	0,94	0,75	0,55
F	50,34	133,91	18,53	98,24	46,30	47,68	157,64	22,30	9,17

BR: Brasil; CS: Centro-Sul; NE: Nordeste; p: pluviometria, e: evapotranspiração.

Entre parênteses consta o t de Student. Significativo a: *** 5%, ** 10%, * 15%, *20%.

Método de estimação: * MVD (modelo a variáveis dummy), ** SUR (seemingly unrelated regression).

Preço antecipado: * preço médio, ** preço Arima, * expectativa adaptada, ** expectativa extrapolativa.

e no Nordeste, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia. O gráfico 1 mostra a evolução da produção de algodão em cada estado selecionado no período 1973/74 — 1989/90. Vê-se que os estados de São Paulo e do Paraná são os mais importantes produtores de algodão no Brasil. Na região Nordeste, os principais produtores são os estados do Ceará e da Bahia. Conforme as estimativas econométricas, o algodão é um bem transacionado no Brasil e no Nordeste, e não-transacionado na região Centro-Sul.

O arroz, segundo produto estudado, é um importante produto de consumo doméstico. Para estudar a oferta de arroz foram selecionados seis estados da região Centro-Sul e quatro da região Nordeste. No Centro-Sul destacamos Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás; e no Nordeste, os estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Bahia. O gráfico 2 mostra a evolução da produção de arroz em cada estado selecionado. O principal produtor de arroz no Brasil é o estado do Rio Grande do Sul. Os estados do Maranhão no Nordeste e do Mato Grosso e Goiás no Centro-Sul são igualmente grandes produtores de arroz. Segundo as regressões econométricas, o arroz é um bem transacionado no Brasil e no Centro-Sul, e não-transacionado no Nordeste.

A última cultura desta análise, o milho, é um produto de consumo doméstico e de exportação. Para estudar a oferta de milho foram escolhidos seis estados da região Centro-Sul (Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Goiás) e quatro da região Nordeste (Maranhão, Ceará, Pernambuco e Bahia). O gráfico 3 mostra a evolução da produção de milho. Os estados do Centro-Sul são os principais produtores de milho. Na região Nordeste a produção de milho é praticamente idêntica nos quatro estados estudados. O milho é considerado um bem não-transacionado, de acordo com as estimativas econométricas.

Gráfico 1
Produção agrícola de algodão

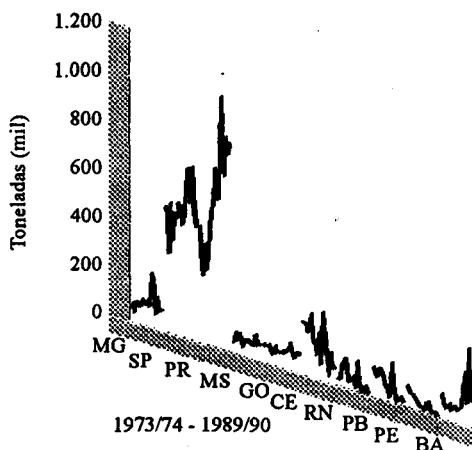


Gráfico 2
Produção agrícola de arroz

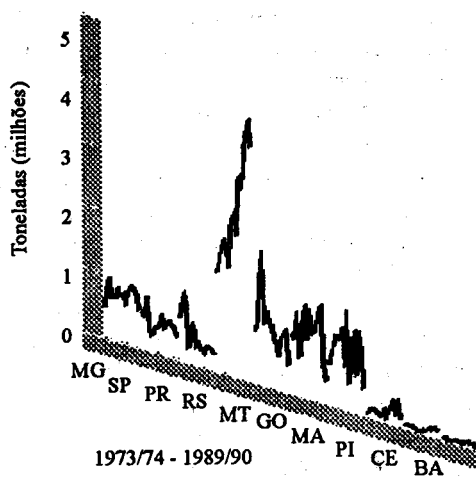
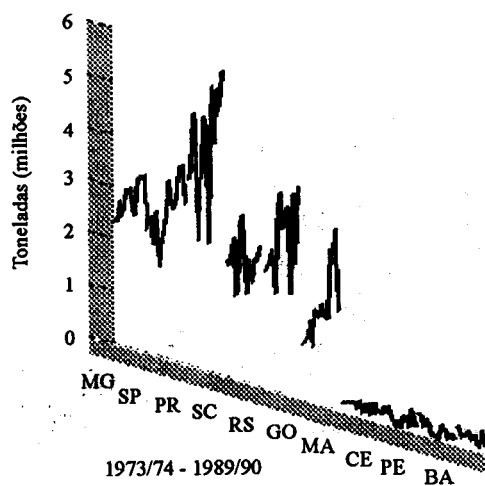


Gráfico 3
Produção agrícola de milho



Os resultados são conforme as hipóteses formuladas nas expressões (27) e (28), com exceção da elasticidade da oferta com relação ao preço da terra (tabela 2). A elasticidade positiva do preço da terra pode ser explicada por uma característica encontrada no setor agrícola em países em via de desenvolvimento. Pesquisas recentes¹⁰ mostram que o aumento do tamanho da fazenda é associado a uma produtividade decrescente da terra e por conseguinte a uma baixa produtividade total. As grandes propriedades agrícolas em países da América Latina (como Brasil e Colômbia) e da Ásia (como Índia, Filipinas, Paquistão e Malásia) não têm rendimentos mais elevados que as pequenas propriedades, e o aumento do tamanho da fazenda não aumenta a produtividade. O efeito entre o tamanho da propriedade e a produção é negativo por unidade de terra, assim como entre o tamanho da propriedade e os recursos utilizados. A elasticidade da oferta com relação ao preço da terra é, em consequência, positiva. Além disso, no caso do Brasil, as novas terras incorporadas ao processo de produção são de qualidade inferior ou estão longe dos centros urbanos (Brandão, 1988), o que explica uma produtividade decrescente quando a superfície das terras aumenta.

O índice climático utilizado (relação entre pluviometria e evapotranspiração) é uma variável explicativa importante. No caso do arroz, a evapotranspiração é mais importante que a pluviometria no Centro-Sul, onde grande parte da produção é irrigada e os efeitos da pluviometria são menores. Contrariamente ao caso do algodão no Nordeste, onde a pluviometria é mais importante que a evapotranspiração, pois a cultura de algodão perene prevalece à cultura anual e os efeitos da seca são menos importantes.

Vê-se também que o nível de progresso técnico na região Nordeste tem pouco impacto na produção. No caso do arroz, esse impacto é um pouco mais significativo, porém inferior ao da política de preços mínimos e ao da elasticidade da oferta com relação ao progresso técnico na região Centro-Sul. A resposta dos produtores de algodão, arroz e milho com relação à instabilidade dos preços é analisada a seguir.

Resposta dos produtores com relação à incerteza

Instabilidade dos preços

Os efeitos da instabilidade dos preços sobre a oferta agrícola são diferentes nas regiões Nordeste e Centro-Sul. A elasticidade da oferta com relação ao risco de preços é negativa no Nordeste e positiva no Centro-Sul. Este resultado é sem dúvida consequência de um efeito de riqueza.¹¹ As diferenças de renda entre o Norte e o Sul do Brasil são bastante importantes. Os resultados apresentados na tabela 3 mostram que os agricultores nordestinos são mais avessos à instabilidade dos preços.

Com efeito, a região Nordeste é marcada por um baixo nível de vida das populações rurais, uma exploração inadequada dos fatores de produção e de terras agrícolas, uma forte migração de zonas rurais em direção a centros urbanos (relatório da Sudene/Banco Mundial, ver Moreira Filho et alii, 1984). Além disso, o fator climático é mais marcante que no Sul,

¹⁰ Ver Stevens & Jabara (1988).

¹¹ Ver Friedman & Savage (1948). Os estudos empíricos de Moscardi & De Janvry (1977) no México, Dillon & Scandizzo (1978) no Brasil e de Binswanger (1980) na Índia mostram também as correlações existentes entre a aversão ao risco e as diferentes características sócio-econômicas.

pois a região conheceu grandes períodos de seca. A infra-estrutura do setor agrícola no Nordeste se desenvolveu muito pouco.

Por outro lado, no Centro-Sul a agricultura foi favorecida pelo processo intensivo de urbanização nos anos 70, associado à abertura da economia ao exterior e à implantação de indústrias agroalimentares, de insumos, de máquinas e equipamentos agrícolas. Essas mudanças foram fortemente impulsionadas por políticas de subvenção de insumos químicos e de máquinas agrícolas (relatório do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo, 1991).

Tabela 2
Elasticidade da oferta agrícola

Produto	Preço antecipado	Preço da terra: venda	Salário agrícola	Preço do milho	Índice climático	Progresso técnico	Var. CPN safra	Var. CPN entressafra	Características de comércio	Amostra
Algodão	1,83	-0,24	-0,81 ^p	-	0,28	-	-0,08	-	Transacionado	Brasil
	0,29	0,21	-0,94 ^g	-	0,43	0,35	-	-	Não-transacionado	Centro-Sul
	3,07	-1,38	-	-	0,29 ^{pl}	-	-	0,13	Transacionado	Nordeste
Arroz	1,40	0,15	-	-0,66	0,19	0,65	-0,05	0,08	Transacionado	Brasil
	2,07	-	-0,42 ^p	-0,96	0,72 ^{ev}	0,98	-0,03	0,05	Transacionado	Centro-Sul
	-0,41	0,36	-0,98 ^p	-0,79	1,47 ^{ev}	0,66	-	-	Não-transacionado	Nordeste
Milho	-0,47	0,21	-0,74 ^g	-	0,78	0,79	-	-	Não-transacionado	Brasil
	0,13	0,36	-0,33 ^g	-	0,38	0,37	-	-	Não-transacionado	Centro-Sul
	-0,79	-	-0,50 ^g	-	0,85	-	-	-	Não-transacionado	Nordeste

A elasticidade do preço antecipado é dada por: $\frac{\partial Q}{\partial p^*} = (a_1 + a_2)$, modelo (27) ou $\frac{\partial Q}{\partial p^*} = (b_1 + b_2)$, modelo (28), deduzida do coeficiente de expectativa ϕ no caso de expectativas adaptadas e extrapolativas.
p: trabalhador permanente; g: administrador agrícola; pl: pluviometria, ev: evapotranspiração.

No caso do algodão, a elasticidade da oferta com relação à instabilidade dos preços é positiva para os cinco estados da região Centro-Sul. Para os estados do Nordeste, é negativa, com exceção do estado da Bahia (0,14). Entretanto o *t* de Student é pouco significativo nos estados de São Paulo, Paraná (principais produtores, gráfico 1), Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia.

A elasticidade-instabilidade dos preços no caso do arroz é negativa para os estados do Piauí (-0,15), da Bahia (-0,07) e do Rio Grande do Sul (-0,01), e positiva para os outros estados. Comparando as regiões, nota-se que em média a instabilidade dos preços não é significativa no Nordeste. No Centro-Sul a elasticidade da oferta com relação à instabilidade dos preços é positiva (0,05).

Tabela 3
Medida do efeito da instabilidade dos preços sobre a oferta agrícola e da prudência dos produtores

Produtos	Parâmetros	MG	SP	PR	SC	RS	MT	MS	GO	CS	MA	PI	CE	RN	PB	PE	BA	NE
Algodão	Elasticidade	0,07	0,04	0,02	-	-	-	0,12	0,04	0,05	-	-	-0,14	-0,01	-0,07	-0,07	0,14	-0,06
	Instabilidade preços																	
	Coef. 1973-82	3,23	3,51	3,12	-	-	-	3,06	3,41	3,27	-	-	6,12	5,87	6,13	5,49	4,93	5,71
	prudência 1982-90	3,34	3,70	3,29	-	-	-	3,15	3,22	3,34	-	-	6,40	6,23	6,99	5,86	6,39	6,37
	médio 1973-90	3,28	3,60	3,20	-	-	-	3,10	3,32	3,30	-	-	6,26	6,04	6,54	5,66	5,61	6,02
Arroz	Elasticidade	0,05	0,05	0,02	-	-0,01	0,09	-	0,01	0,05	0,14	-0,15	0,06	-	-	-	-0,07	0,002
	Instabilidade preços																	
	Coef. 1973-82	4,27	4,46	4,14	-	3,63	3,68	-	4,02	4,03	2,25	2,52	2,66	-	-	-	2,66	2,52
	prudência 1982-90	4,13	4,28	3,87	-	3,84	3,48	-	3,83	3,90	2,30	2,42	2,57	-	-	-	2,55	2,46
	médio 1973-90	4,21	4,37	4,02	-	3,73	3,58	-	3,93	3,97	2,27	2,47	2,62	-	-	-	2,61	2,49
Milho	Elasticidade	-0,003	0,002	-0,04	-0,07	-0,005	-	-	0,05	-0,01	0,04	-	-0,18	-	-	0,05	-0,09	-0,04
	Instabilidade preços																	
	Coef. 1973-82	3,23	3,03	2,74	2,90	1,52	-	-	2,93	2,73	3,46	-	3,90	-	-	3,88	3,77	3,75
	prudência 1982-90	3,10	3,05	2,67	2,78	2,87	-	-	2,73	2,87	3,28	-	3,93	-	-	3,74	3,80	3,69
	médio 1973-90	3,17	3,04	2,70	2,85	2,95	-	-	2,84	2,93	3,37	-	3,91	-	-	3,82	3,79	3,72

Fonte: Araujo (1993). Cálculos baseados nas estimações econométricas.

No caso do milho, a elasticidade-instabilidade dos preços é negativa: -0,01 no Centro-Sul e -0,04 no Nordeste. Esta elasticidade é positiva nos estados de São Paulo (0,002), Goiás (0,05), Maranhão (0,04) e Pernambuco (0,05).

Coeficiente de proteção nominal — CPN

A resposta do produtor com relação às variações de impostos e subvenções (variância do coeficiente de proteção nominal — CPN) é diferente entre os períodos de safra e entressafra (tabela 2). No período da safra, a elasticidade-instabilidade do CPN é negativa, e na entressafra é positiva.

Este resultado foi também constatado em estudos realizados pela Companhia de Financiamento da Produção (CFP),¹² que mostram que durante a safra as importações foram subsidiadas e as exportações taxadas, implicando assim uma entrada maciça de produtos para o mercado interno e uma diminuição dos preços aos produtores. Por outro lado, durante a entressafra as importações foram taxadas e as exportações subsidiadas, aumentando desse modo a escassez da produção no mercado interno. Essa política foi incoerente com a política de preços mínimos e criou uma forte instabilidade intra-anual dos preços recebidos pelos produtores.

Coeficiente de prudência

Para calcular o coeficiente de prudência, γ , foram deduzidas as seguintes expressões:¹³

$$\gamma = G\left(\frac{a_1}{a_5}\right)\left[\frac{1}{a_1}(a_5 - a_6) + \frac{a_1}{(1 + a_1)}\right] - 1 \quad \text{para bens não-transacionados e}$$

$$\gamma = G\left(\frac{b_1}{b_5}\right)\left[\frac{1}{b_1}(b_5 - b_6) + \frac{b_1}{(1 + b_1)}\right] - 1 \quad \text{para bens transacionados.}$$

O coeficiente de prudência médio do período de estudo (1973-90) é apresentado na tabela 3, salientando-se dois subperíodos: 1973-82 e 1982-90.

De uma maneira geral, os agricultores do Centro-Sul apresentam um coeficiente de prudência inferior ao da região Nordeste. Isto significa que os agricultores do Centro-Sul foram mais prudentes que os produtores do Nordeste.

De fato, um baixo coeficiente de prudência significa que os produtores recorrem à política de preços mínimos (eles são prudentes). Por conseguinte, compreende-se por que a instabilidade dos preços do mercado não é uma variável significativa na equação da oferta, podendo mesmo ser um fator de crescimento da oferta agrícola (t de Student na tabela 1).

Os produtores do Centro-Sul que têm maior acesso aos instrumentos de política agrícola, AGF e EGF, podem se proteger do risco dos preços mais facilmente que os produtores

¹² A CFP, órgão responsável pela política de preços mínimos, extinguiu-se no início dos anos 90 e se fundiu à Cibrazem e à Cobal, tornando-se um único órgão, a Conab. Um resumo dos estudos referentes a esse tema (política comercial de produtos agrícolas nos anos 70 e 80) pode ser encontrado em Lopes (1988).

¹³ Ver função de oferta, expressão (18), na seção 3.

res do Nordeste. Eles provavelmente asseguram uma grande parte de sua renda mínima recorrendo aos AGF, ficando assim expostos a maiores riscos do mercado livre. Por outro lado, os produtores do Nordeste, que aparentemente têm menos acesso à política, estão expostos a maiores riscos que os produtores do Centro-Sul, embora a aversão com relação ao risco seja mais importante.

Quanto aos produtos, nota-se que os agricultores de arroz e milho são mais prudentes, em média, que os produtores de algodão. Os produtores de algodão e milho foram menos prudentes no período 1982-90, em comparação com o período 1973-82.

5. Conclusão

O comportamento do produtor com relação à instabilidade dos preços foi analisado neste trabalho através de um modelo dinâmico de seguro. Este modelo é facilmente aplicável e sua principal contribuição é estudar de maneira dinâmica a tomada de decisão do produtor em situação de incerteza, adaptando-se a situações reais. No modelo de otimização prudente, definimos um coeficiente de prudência que se modifica a cada tomada de decisão e que depende de informações sobre os instrumentos de política de preços agrícolas (AGF e EGF). Estes instrumentos permitem ao agricultor uma facilidade do escoamento da produção e garantem um preço de venda.

O modelo é estimado em série temporal com corte transversal, o que permite diferenciar o comportamento de agricultores do Centro-Sul e do Nordeste. Dois resultados principais relativos às reações dos produtores com relação à incerteza dos preços surgem desta análise. O primeiro resultado concerne à resposta do produtor à instabilidade dos preços, e o segundo, à prudência do produtor.

De maneira geral, os produtores nordestinos respondem negativamente à instabilidade dos preços, enquanto no Centro-Sul a elasticidade-instabilidade dos preços é positiva. Essa diferença de comportamento é sem dúvida ligada a um efeito de riqueza, a especificações sócio-econômicas e a níveis de equipamentos do setor agrícola diferentes para as duas regiões. Assim, os agricultores do Nordeste parecem ser mais avessos à instabilidade dos preços que os agricultores centro-sulistas.

O segundo resultado, referente à prudência do produtor, mostra que o coeficiente de prudência é também diferente nas regiões Nordeste e Centro-Sul. Vê-se que os agricultores do Centro-Sul tiveram um comportamento mais prudente que os produtores da região Nordeste, mostrando assim que o impacto da política de preços mínimos é menos eficaz nesta última região. A facilidade de acesso e o melhor conhecimento da política de preços mínimos na região Centro-Sul produziram uma diminuição da instabilidade dos preços recebidos pelos produtores e permitiram a eles, uma vez que suas rendas mínimas estavam asseguradas, se exporem a maiores riscos de preços, ocasionando assim uma resposta positiva da oferta com relação à instabilidade de preços. Já no Nordeste os agricultores se expõem a maiores riscos de preços para poderem assegurar uma renda mínima, devido principalmente ao desconhecimento da política de preços agrícolas.

Esta análise mostra a importância de formulações de políticas setoriais de estabilização dos preços. De um lado há fortes reações dos produtores com relação aos preços e, de outro, uma grande diversidade de comportamento dos agricultores com relação à instabilidade dos preços. Este comportamento é também diferente de acordo com o produto, pois as características de comércio também influenciam o comportamento dos produtores.

Referências bibliográficas

- Antle J. Incorporating risk in production analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, 65 (5): 1.099-106, Dec. 1983.
- Araujo, C. E. Les effets de l'instabilité des prix sur la production agricole: application au Brésil. Université d'Auvergne, Clermont, Jui. 1993. (Tese de Doutorado, TN 93.08.)
- Binswanger, H. Attitudes toward risk: experimental measurement in rural India. *American Journal of Agricultural Economics*, 62 (3): 395-407, Aug. 1980.
- Bonjean, C. Instabilité des marchés agricoles et stratégies paysannes au Niger. *Economie Rurale* (210): 17-22, jui.-août 1992.
- Box, G. & Jenkins, G. *Time series analysis forecasting and control*, San Francisco, Holden-Day, 1970.
- Brandão, A. S. (org.). *Os principais problemas da agricultura brasileira: análise e sugestões*. Rio de Janeiro, Ipeal Inpes, 1988.
- Day, R. Cautious suboptimizing. In: Roumasset, J.; Boussard, J. M. & Singh, I. (eds.). Op. cit., 1979. chap. 7.
- & Singh, I. A dynamic model of regional agricultural development. *International Regional Science Review*, 1 (1): 27-48, 1975.
- Dillon, J. & Scandizzo, P. Risk attitudes of subsistence farmers in Northeast Brazil: a sampling approach. *American Journal of Agricultural Economics*, Aug. 1978. p. 425-35.
- Fafchamps, M. Cash crop production, food price volatility, and rural market integration in the Third World. *American Journal of Agricultural Economics*, 74: 90-9, 1992.
- Finkelshstein, I. & Chalfant, J. Marketed surplus under risk: do peasants agree with Sandmo? *American Journal of Agricultural Economics*, 73 (3): 557-67, 1991.
- Friedman, M. & Savage, L. The utility analysis of choices involving risk. *The Journal of Political Economy*, 56 (4): 279-304, Aug. 1948.
- Godfrey, L. G. Testing non-nested models after estimation by instrumental variables or least squares. *Econometrica*, 51: 355-65, 1983.
- Hsiao, C. *Analysis of panel data*. Cambridge, Cambridge University Press, 1986.
- Instituto de Economia Agrícola (IEA). Economia agrícola paulista: características e potencialidades. São Paulo, jan. 1991. v. 21.
- Lipton, M. Limits of price policy for agriculture: which way for the World Bank? *Development Policy Review*, 5: 197-215, 1987.
- Lopes, M. R. Comercialização interna e externa da produção agrícola: principais problemas e sugestões. In: Brandão, A. S. (org.). Op. cit., cap. 10.
- Moreira Filho, J. C.; Coelho, J.; Baltar da Rocha, A. & Aguiar, G. *Aspectos gerais da agropecuária do Nordeste*. Recife, Sudene, Projeto Nordeste, 1984. v. 3.
- Moscardi, E. & De Janvry, A. Attitudes toward risk among peasants: an econometric approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 59: 710-16, Nov. 1977.
- Muth, J. Rational expectations and the theory of price movements. Optimal properties of exponentially weighted forecasts. In: Lucas, Jr., R. & Sargent, T. *Rational expectations and econometric practice*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1981.

Newbery, D. & Stiglitz, J. *The theory of commodity price stabilization: a study in the economics of risk*. Oxford, Clarendon Press, 1981.

Rezende, G. Problemas da política de preços mínimos no Brasil. *Conjuntura Econômica*, 39 (10): 95-8, out. 1985.

Roumasset, J.; Boussard, J. M. & Singh, I. (eds.). *Risk, uncertainty and agricultural development*. Laguna, Philippines, Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture (Searca); New York, Agricultural Development Council (ADC), 1979.

Sandmo, A. On the theory of the competitive firm under price uncertainty. *American Economic Review*, 61: 65-73, Mar. 1971.

Stevens, R. & Jabara, C. *Agricultural development principles: economic theory and empirical evidence*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1988.

Anexo

Varáveis utilizadas nas estimativas econométricas

Variáveis	Fonte
Q : produção agrícola (kg);	IBGE
P : preços recebidos pelos produtores. A expectativa dos preços é calculada de três formas diferentes: média móvel defasada de três anos, processo Arima e preço defasado de um ou dois períodos;	FGV
R : preço de venda da terra (cruzeiros por hectares);	FGV
W : salário agrícola de um administrador ou trabalhador permanente;	FGV
G : fator de informação sobre a política de preços mínimos — relação entre o preço equivalente certo (calculado de acordo com as expressões 22 ou 26) e os preços mínimos;	Conab (preços mínimos)
Y : progresso técnico — média móvel defasada de três anos do rendimento agrícola (kg/hectares);	IBGE
Φ : índice climático — método de Thorthwaite: (pluviometria / evapotranspiração) (mm);	Inemet
V : variância dos preços — variância móvel defasada de três anos;	calculada pelo autor
U : variância do CPN — variância móvel defasada de três anos	calculada pelo autor