AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

A REGRA ÓTIMA DE ARMAZENAMENTO DE ARROZ NO BRASIL ATRAVÉS DE UM MODELO DINÂMICO DE EXPECTATIVAS RACIONAIS

CASSIANO BRAGAGNOLO; VANIA DI ADDARIO GUIMARÃES;

UFPR

CURITIBA - PR - BRASIL

analistatecnico@ocepar.org.br

APRESENTAÇÃO COM PRESENÇA DE DEBATEDOR

COMERCIALIZAÇÃO, MERCADOS E PREÇOS AGRÍCOLAS

Cassiano Bragagnolo – Engenheiro Agrônomo, analista técnico econômico da Ocepar e mestrando em Economia Aplicada pela ESALQ/USP.
Rua Mateus Leme, 575. Centro Cívico, Curitiba – PR. CEP 80.530-010. analistatecnico@ocepar.org.br

Vania Di Addario Guimarães - Professora Adjunto do Departamento de Economia Rural e Extensão da Universidade Federal do Paraná, Doutora em Economia Aplicada pela ESALQ/USP.
Rua dos Funcionários, 1540. Bairro Juvevê, Curitiba – PR. CEP 80.035-050. addariov@agrarias.ufpr.br

Grupo de pesquisa: Comercialização, mercados e preços
Forma de apresentação: Apresentação com presidente da sessão e presença de debatedor.

A REGRA ÓTIMA DE ARMAZENAMENTO DE ARROZ NO BRASIL ATRAVÉS DE UM MODELO DINÂMICO DE EXPECTATIVAS RACIONAIS

Grupo de Pesquisa: Comercialização, Mercados e Preços Agrícolas

RESUMO

Este trabalho pretende aplicar um modelo econômico dinâmico de expectativas racionais para armazenamento de arroz no Brasil com o intuito de modelar a decisão de estocagem. Estas quantidades de estoque maximizam os efeitos de bem-estar oriundos da introdução da estocagem como uma atividade econômica competitiva em um mercado com oferta estocástica, onde todos os indivíduos são maximizadores de lucro com expectativas racionais. Os impactos dependem, principalmente, da informação disponível ao produtor antes do armazenamento ser introduzido, da elasticidade da oferta de área, da especificação da curva de demanda, dos custos de estocagem, da taxa de juros considerada e do custo de estocagem. Estas funções e valores foram utilizados para a estimação de um modelo dinâmico de expectativas racionais, através de programação dinâmica estocástica, aproximando uma função de preço esperado e área plantada em função do estoque inicial, fazendo uso de polinômio de quarto grau no estoque, onde se encontrou uma disponibilidade crítica, a partir da qual, ocorrerá armazenamento como uma atividade econômica. Em seguida procedeu-se a estimação de simulações de longo-prazo com o intuito de avaliar os impactos de altos e baixos estoques iniciais no mercado. Os resultados demonstraram que estes impactos podem ser percebidos por cerca de 3 ou 4 safras.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo aplicar um modelo econômico de expectativas racionais para armazenamento de arroz no Brasil, em uma economia fechada sem intervenção governamental com o intuito de avaliar a decisão de estocagem.

A hipótese básica é a de que é possível representar o mercado de arroz no Brasil através de um modelo dinâmico de expectativas racionais sem intervenção do governo e com uma economia fechada. Outra hipótese é a de que existe neutralidade em relação ao risco, ou seja, os agentes econômicos envolvidos no processo econômico são neutros com relação ao risco inerente à atividade de armazenamento. O modelo proposto consiste em uma analise anual, uma vez que o interesse se concentra na quantidade de produto estocado na safra t e que é carregado até a safra t+1.

O comportamento dos preços de produtos agrícolas ao longo do tempo e sua relação com a atividade de armazenamento têm sido objeto de estudo de vários autores. Segundo Barros (2005) o grau de complexidade dessas análises tem variado. Bressler e King (1970) apresentam uma análise bastante simples, considerando apenas dois períodos de tempo. A pressuposição básica necessária é a de que existe perfeito conhecimento sobre as condições de oferta e demanda, tanto presentes quanto futuras. Helmberger e Weaver (1977) substituem essa pressuposição pela de expectativas racionais. Neste caso pressupõe-se que os agentes de mercado façam suas previsões com base em valores esperados de equilíbrio. Uma série de trabalhos utilizando a abordagem de expectativas racionais no

problema de armazenamento tem sido desenvolvidos. Podem-se citar como exemplos Wright e Willians (1984) e Lowry, Glauber, Miranda e Helmberger (1987). Modelos desta natureza foram desenvolvidos especificamente para o caso brasileiro por Guimarães (2001) para a cultura do milho. O presente trabalho foi baseado em Wright e Willians (1991) e principalmente na proposta desenvolvida por Guimarães (2001).

Este trabalho está organizado da seguinte forma: Na parte 1 será apresentado o modelo teórico, na parte 2 serão apresentados os dados e o modelo econométrico, na parte 3 serão apresentados os resultados e discussão e na parte 4 a conclusão.

2. MODELO TEÓRICO

O Problema de otimização intertemporal de armazenamento basicamente consiste em estabelecer a quantidade a ser armazenada em determinado ano para consumo nos anos seguintes. Trata-se de um problema de programação dinâmica, cuja solução admite que existe um ano no futuro na qual não ocorrerá armazenamento. Neste ano em particular, o consumo será igual à disponibilidade do produto.

Para estimar o modelo parte-se de uma função de bem-estar. Considerando a incerteza inerente a abordagem de eventos futuros, utiliza-se o valor esperado da função de bem-estar. Sendo maximizada esta função, pode-se obter uma regra para a política de formação de estoques em circunstâncias específicas.

A função de bem-estar pode ser associada à demanda inversa pelo produto e a função de bem-estar com o excedente do consumidor. O excedente do consumidor é medido através da integração da função de demanda inversa com relação á quantidade consumida, ou seja, é definida pela área á esquerda da curva de demanda. Sabe-se que a medida da função de bem estar através do excedente do consumidor não é um consenso na literatura econômica.

2.1. Um modelo para economia competitiva fechada

Cada produtor decide individualmente a quanta área está disposto a destinar ao plantio de determinado produto através da maximização do lucro esperado. Esta relação pode ser apresentada da seguinte forma

$$E\Pi_t^i = \left(1/_{1+r}\right)E_t\left(P_{t+1}\right)\times E_t\left(y_{t+1}\right)\times A_t^i - C_t\left(A_t^i\right) \quad (01)$$

em que A_t^i é a área a ser plantada pelo produtor t, $E_t\left(P_{t+1}\right)$ é a expectativa do preço em t para o período seguinte t+1, $E_t\left(y_{t+1}\right)$ é a expectativa á respeito da produtividade no ano t+1, C_t é o custo de produção em função da área plantada $\left(1/_{1+r}\right)$ é a taxa de desconto em que r é a taxa de juros.

A condição de primeira ordem para maximização do lucro do produtor em relação à área plantada será

$$\frac{\partial E\Pi_t^i}{\partial A_t^i} = \left(1/_{1+r}\right)E_t\left(P_{t+1}\right)\times E_t\left(y_{t+1}\right) - \frac{\partial C_t\left(A_t^i\right)}{\partial A_t^i} = 0 \quad (02)$$

em que $\frac{\partial C_t\left(A_t^i\right)}{\partial A_t^i}$ é o custo marginal por hectare e $\left(1/1+r\right)E_t\left(P_{t+1}\right)\times E_t\left(y_{t+1}\right)$ é a receita marginal por hectare.

Sob hipótese de competição perfeita o custo marginal por hectare é igual à receita marginal por hectare. A área a ser plantada atende a condição de equilíbrio dada por (04) e é uma função do preço esperado

$$A_t = A\left[E_t\left(P_{t+1}\right)\right]$$

$$\frac{\partial A_t}{\partial E_t\left(P_{t+1}\right)} > 0 \quad (03)$$

A área cresce em função do preço esperado porque o custo marginal por hectare é crescente. A produção esperada no ano t (x_t) é produto da área plantada no período anterior (A_{t-1}) e da produtividade esperada em t (y_t).

$$x_t = A_{t-1} \times y_t \quad (04)$$

Em que x_t é a produção no período t.

A quantidade consumida no período t (Q_t) pode ser representada pela seguinte relação

$$Q_t = I_t - S_t \quad (05)$$

em que S_t é a quantidade estocada do período t para o período t+1 e I_t é a quantidade disponível para consumo no período t

A disponibilidade do produto para consumo no período t pode ser descrito pela relação a seguir.

$$I_t = x_t + S_{t-1} \quad (06)$$

Este volume de produto disponível poderá ser utilizado para consumo ou ser armazenado. Rearranjando a equação (05) tem-se a relação a seguir:

$$I_t = S_t + Q_t \quad (07)$$

Uma forma de encontrar a solução para o problema é considerar que existirá arbitragem intertemporal de preços no mercado através da atividade de armazenamento até que

$$\left(1/(1+r)\right)E_t P_{t+1} = P_t + k \quad (08)$$

em que k é o custo marginal de estocagem

Identificando-se W'_t com a função de demanda inversa de mercado, como mencionado anteriormente, e considerando que os consumidores possuem funções de demanda idênticas, a demanda inversa de consumo pode ser descrita por:

$$P_t(Q_t, \upsilon_t) = \alpha + \beta Q_t + \upsilon_t, \; P > 0 \quad (09)$$

em que β é o coeficiente angular do preço em função da quantidade com $\beta < 0$, α é a constante do preço em função da quantidade e υ_t é o erro associado à demanda inversa.

Admitindo-se que as funções de oferta e demanda de área são as mesmas para todos os anos, temos que a regra intertemporal de arbitragem pode ser representada por:

$$\begin{aligned} &(1/(1+r))E_t P_{t+1} \geq P_t + k \qquad S_t \geq 0 \\ &(1/(1+r))E_t P_{t+1} < P_t + k \qquad S_t = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

É importante observar que o preço esperado (baseado em expectativa racional) para o período t+1 é uma função do estoque formado no período t e do estoque a ser formado no período seguinte t+1.

$$EP_{t+1} = f(S_t + x_{t+1} - S_{t+1}) \quad (11)$$

O que se procura é encontrar o valor do estoque no período t que soluciona a expressão apresentada a seguir:

$$(1/(1+r))E_t P_{t+1}(S_t + A_t \times y_{t+1} - S_{t+1}) - P_t(S_{t-1} + A_{t-1} \times y_t - S_t) - k = 0 \quad (12)$$

No período t a produtividade, o custo de armazenamento, a área e os valores de estoque inicial são conhecidos. A produtividade em t+1 e o estoque a ser formado em t e t+1 não são conhecidos. A área a ser plantada no período t depende das decisões de estocagem no momento presente (t) e das decisões de estocagem futuras.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos utilizados para solução exigem que as funções de demanda, oferta de área, o custo unitário de armazenamento, taxas anual de juros e a distribuição de probabilidades das variáveis aleatórias (produtividade e choques de demanda) sejam conhecidos.

Mantendo-se constantes estes parâmetros para todos anos o problema se torna estacionário e, portanto, é possível encontrar a regra de armazenamento ótimo para o equilíbrio, ou seja, em algum momento ocorrerá convergência. Outra condição necessária, para que ocorra a otimização é que a função objetivo seja separável.

Segundo Guimarães (2001) a condição suficiente é que a função objetivo seja estritamente côncava em S_t e I_t e que ambos sejam conjuntos convexos fechados não nulos, ou seja, a função inversa de demanda para consumo deve ser continua para todo e qualquer I_t, bem como estritamente decrescente, a função da oferta de área deve ser crescente e contínua e a função do preço esperado deve ser decrescente em relação ao estoque e área plantada.

3.1. Dados para estimação do Modelo

Além dos dados básicos são considerados como dados as condições que são relevantes para a estimação dos modelos e que devem ser estimadas a priori. Estas condições são: (1) a taxa de juros, (2) o custo de armazenamento, (3) as condições de demanda do produto (função de demanda e choques de demanda) e (4) as condições de produção agrícola (no caso oferta de área e choques de produtividade).

3.1.1. Função de oferta de área

A função oferta de área foi estimada por mínimos quadrados ordinários tendo como variável dependente o custo de produção (CP_t) por unidade de área (hectare) através do programa estatístico R. O período analisado foi o compreendido pelas safras entre 1985/86 à 2000/01. As safras de 2001/02 até 2004/05 não foram consideradas devido à falta de dados para o preço dos insumos.

Os dados de área plantada foram obtidos junto a Conab. O custo de produção de arroz médio nacional por hectare foi calculado com base em estudos elaborados pela Embrapa (Melo-Filho & Richetti, 2000, 2001 e 2002 e Dossa, 2002) e pela FNP (Agrianual, 2005). Foram considerados 7 tipos de tecnologia de arroz de terras altas e 4 para arroz irrigado baseados em estudos da Embrapa de 2001 ponderando-se pela área plantada com cada tipo de tecnologia ao longo dos anos em análise. Os valores dos preços dos insumos foram obtidos junto ao Departamento de Economia Rural da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (Seab/Deral), admitindo-se que estes sejam representativos da produção nacional. Admite-se neste procedimento que o custo marginal é igual ao custo variável médio de produção, ou seja, não há economia de escala.

Embora os custos de produção de arroz sejam bastante heterogêneos ao longo do nosso território, este procedimento foi considerado como representativo para a evolução dos custos de produção de arroz no Brasil, tendo em vista a falta de estudos mais detalhados sobre o assunto. Todos os valores foram deflacionados para dezembro de 2004. O ajuste da equação não foi considerado totalmente satisfatório. Não foram encontradas muitas referências a este tipo de estimativa na literatura. Não havendo metodologia alternativa para a equação de oferta de área, os resultados obtidos foram utilizados. Os resultados das variáveis e os testes t são apresentados a seguir:

$$A_t(CP_t) = \underset{(0{,}509232)}{523{,}59537} + \underset{(3{,}575292)}{1{,}59761}\,CP_t + \varepsilon_t$$

3.1.2. Função de demanda inversa

A função de demanda inversa para consumo foi estimada por mínimos quadrados ordinários, através do programa estatístico R, tendo como variáveis dependentes o consumo (Q_t) e a renda (R_t). O período analisado foi de 20 anos compreendidos entre as safras de 1984/85 até 2003/04.

A renda utilizada para o cálculo foi a renda média anual divulgada pelo IPEA e baseada na Pesquisa Anual por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE completando-se para os anos não disponíveis com a média entre o ano anterior e posterior. O consumo anual foi baseado na série de consumo aparente divulgada pela Conab. A série de preço de arroz utilizada foi baseada na série de preços mensais pagos ao produtor da Fundação Getúlio Vargas/Agroanalysis, tomando-se a média anual simples destes preços de janeiro a dezembro e deflacionado-os através do IGP-DI para dezembro de 2004.

Os resultados das variáveis e os testes t são apresentados a seguir:

$$P_t(Q_t, R_t, \upsilon_t) = \underset{(5,05757)}{2,893976} - \underset{(-4,96168)}{0,000247Q_t} + \underset{(1,69869)}{0,000136R_t} + z_t$$

3.1.3. Choques de oferta

A análise de distribuição de freqüências da produtividade do arroz no país foi feita para o período das safras entre 1980/01 até 2004/05, considerando uma produtividade média de 3,1726 toneladas/ha em um desvio padrão de 0,2777 toneladas/ha. Descontando-se das séries a tendência de ganho de produtividade anual e testando-se o tipo de distribuição (normal, triangular ou uniforme) encontrou-se que os dados melhor se ajustam a distribuição normal.

A partir da média e do desvio padrão, aproximou-se uma distribuição de probabilidade para 12 valores, o que equivale à utilização da Quadratura de Gauss (Miranda & Fackler, 2001).

3.1.4. Choques de demanda

Para calcular os choques de demanda computaram-se os resíduos obtidos a partir da regressão da demanda para consumo, com distribuição normal, média zero e desvio padrão de 467,6978 mil toneladas. Note que os valores dos choques de demanda foram computados a partir dos resíduos da estimação da função de demanda ordinária e não da demanda inversa.

Com os valores citados em mãos construiu-se uma distribuição de probabilidade para 7 valores, o que equivale à utilização da Quadratura de Gauss (Miranda & Fackler, 2001).

3.1.5. Demais parâmetros do modelo

O custo de armazenamento foi calculado com base nas tabelas de preços divulgadas pela Conab com um valor de R$6,69/tonelada . A taxa de juros utilizada foi de 12% ao ano.

3.2. Estimação do modelo

3.2.1. Função do preço esperado

A função do preço esperado somente pode ser encontrada através de aproximações sucessivas, o que torna necessário o desenvolvimento de algoritmos. Existem inúmeros métodos para aproximação de funções não lineares. O modelo básico para desenvolvimento do algoritmo é apresentado em Gustafson (1958). Neste estudo adota-se o procedimento proposto por Wright & Willians (1991) e por Guimarães (2001) que consiste em uma aproximação sucessiva do preço esperado em função de um polinômio de quarta ordem no estoque. Segundo Wright & Willians (1991), na última iteração o polinômio deve estar aproximado até a sexta casa decimal. A forma de cálculo dos algoritmos utilizados para o modelo são apresentados no anexo 1. Estes cálculos foram feitos através de Planilha Eletrônica.

3.2.2. Médias de longo Prazo

O último passo consiste em simular o comportamento das variáveis endógenas ao longo do tempo. Estas médias de longo prazo podem ser obtidas através de simulações de Monte Carlo (Wright & Willians, 1991). Os valores das variáveis estocásticas (produtividade e choques de demanda) foram simulados através da função rnorm do programa estatístico R, utilizando-se 2.500 valores com distribuição normal e com as médias e os desvios padrões citados anteriormente. Estes valores foram utilizados para obter as médias de longo prazo das variáveis endógenas. Estas médias de longo prazo foram obtidas através de simulações para um período de 10 anos. Começando no ano zero na qual o estoque é zero para o primeiro caso e 3.000 para o outro. Segundo Wright & Willians (1991) e Guimarães (2001) as simulações devem partir de um ano com disponibilidade abaixo ou acima da média, para que possa se verificar como o sistema absorve estes impactos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores dos parâmetros utilizados para a estimação do modelo. A geração dos números aleatórios, a distribuição de freqüência das variáveis e os cálculos e testes para obtenção da função de demanda e oferta de área foram feitos a partir do programa estatístico R. Todos os demais cálculos e procedimentos numéricos foram realizados através de planilha eletrônica.

Tendo estimado a demanda de arroz para consumo, a oferta de área, os choques de demanda, a produtividade aleatória, o custo de armazenamento físico, a taxa de juros foi possível estimar o modelo representativo do mercado de arroz no Brasil sem intervenção do governo e para uma economia fechada. O algoritmo utilizado foi basicamente o mesmo descrito por Guimarães (2001).

O algoritmo começa com a escolha de um vetor de estoques iniciais (S_t). Foram escolhidos 19 valores entre zero e 4,5 milhões de toneladas crescendo a um montante de 250 mil toneladas.

Tabela1. Dados e parâmetros do modelo

Parâmetros	Valores
Função oferta de área	
Termo constante	523,595370
Coeficiente da receita esperada	1,597615
Demanda Inversa	
Termo constante	2,893976
Coeficiente da renda anual	0,000136
Coeficiente do preço	-0,000247
Renda Mensal considerada (R$/mês)	360,000000
Choques de oferta	
Produtividade média (Toneladas/ha)	3,172575
Desvio Padrão da Produtividade (Toneladas/ha)	0,277718
Choques de demanda	
Média dos choques de demanda	0,000000
Desvio padrão dos choques de demanda(em 1000 toneladas)	467,697799
Taxa anual de juros (%)	12%
Custo unitário anual de armazenamento (R$/kg)	0,006690

4.1. A política ótima de estoques e as funções de preço esperado e área plantada

O modelo gerou uma política ótima de estoques para cada valor de disponibilidade. A disponibilidade total, para as 2.500 simulações, variou de uma quantidade mínima de 8.955,33 mil toneladas até uma quantidade máxima de 11.833,47 mil toneladas. Estes valores foram gerados a partir da combinação dos valores simulados para a produtividade e choques de demanda e dos valores calculados para estoque final do período anterior que definem a área plantada do período seguinte e o preço esperado.

Começa a ocorrer formação de estoques a partir de uma disponibilidade crítica de 11.833,47 mil toneladas. Para valores menores que este não ocorrerá estocagem uma vez que os preços de mercado mais o custo não viabilizam a atividade de armazenamento, ou seja, não haverá lucro na atividade.

O estoque a ser formado para a menor disponibilidade simulada (8.955,33 mil toneladas), claramente, é zero, uma vez que este é menor que o valor crítico (11.833,47 mil toneladas). Para a maior disponibilidade simulada (15.950,96mil toneladas) o estoque a ser formado será de 3.696,95 mil toneladas. A plotagem dos valores das 2.500 simulações pode ser observado na figura 1.

A partir dos valores simulados pode-se definir uma "regra" de estoque ótimo para qualquer disponibilidade de arroz, estoque este sujeito aos pressupostos e parâmetros do modelo. Estes valores podem ser observados na figura 2.

A plotagem dos valores e os parâmetros dos polinômios de quarto grau utilizados como aproximação para o preço esperado e da área em função do estoque são apresentados nas figuras 3 e 4.

Na figura 5 são apresentadas as aproximações sucessivas do polinômio de quarto grau do preço esperado em função de estoque. A aproximação utilizada foi a décima segunda. A diferença entre as aproximações a partir do quarto polinômio tornam-se menores o que demonstra a convergência do modelo. De fato a diferença entre a sexta e a décima segunda aproximação é bastante pequena.

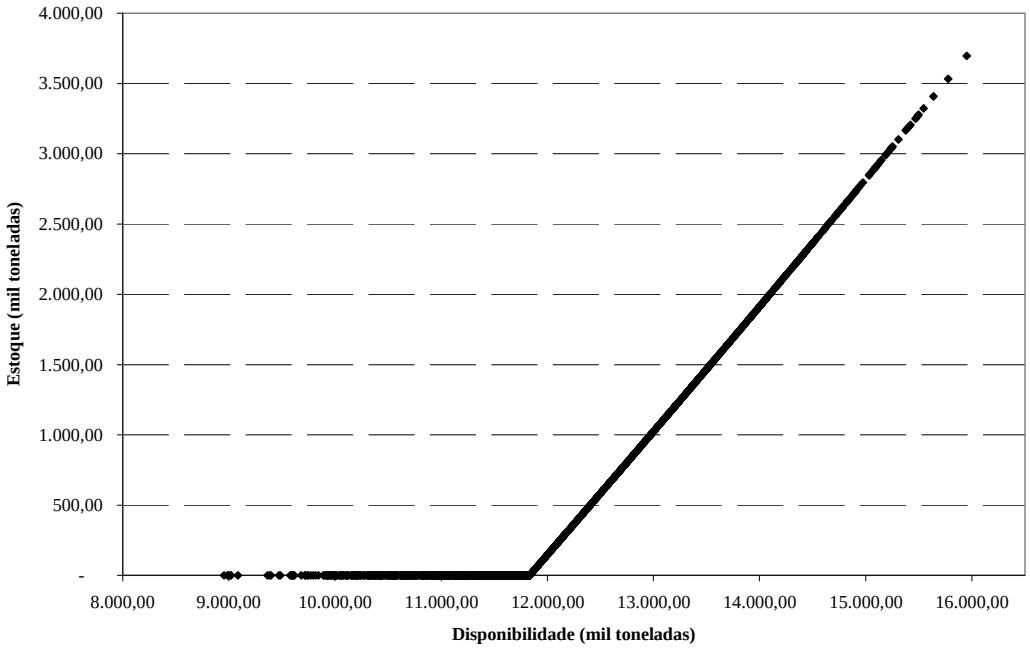

Figura 1 – Disponibilidade inicial e estoque final de arroz para 2.500 valores simulados.

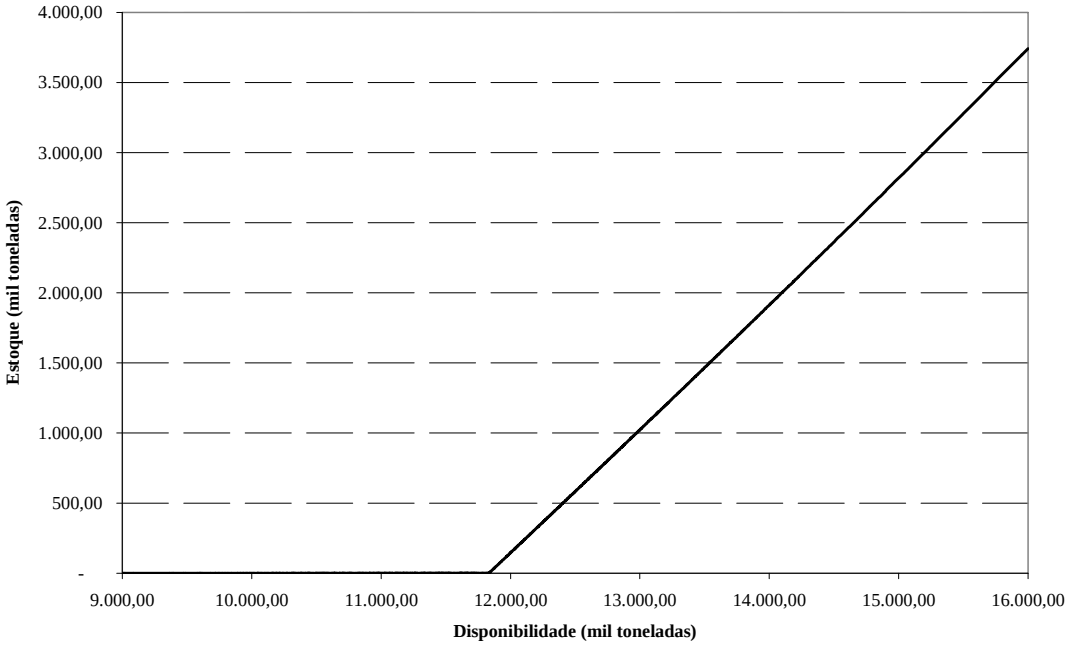

Figura 2 – Disponibilidade inicial e estoque final de arroz, "regra ótima"

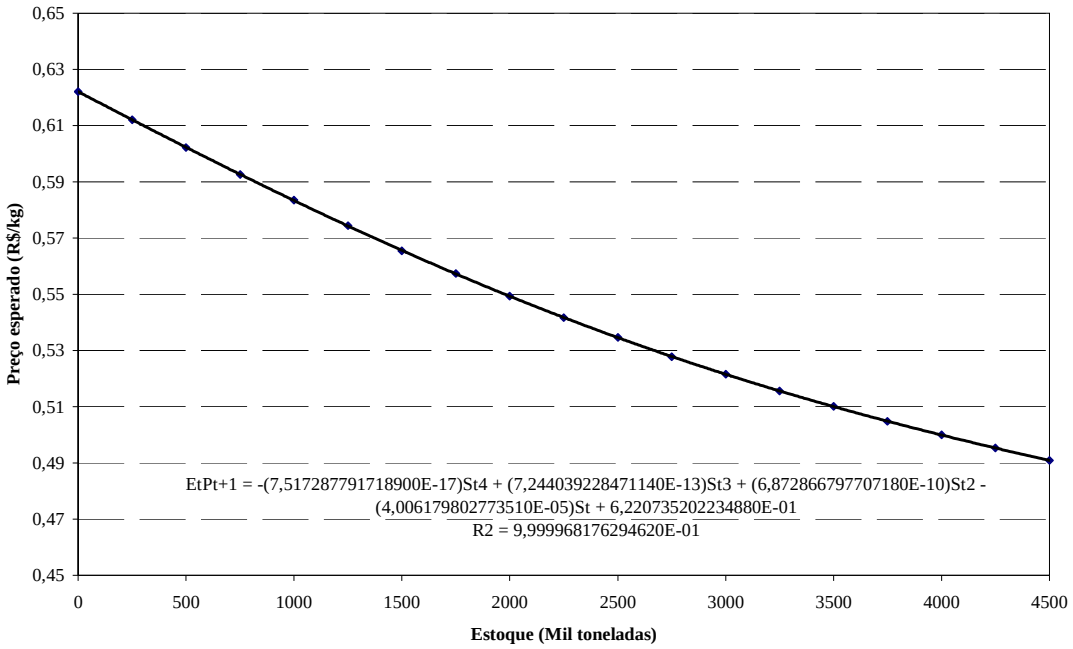

Figura 3 – Preço esperado em função do estoque

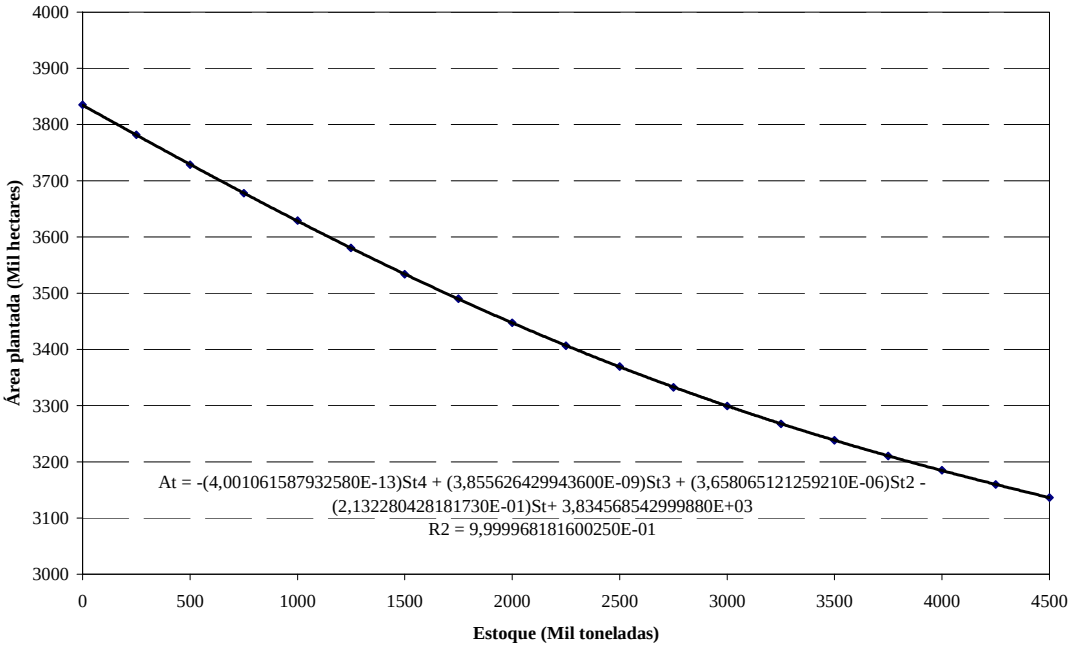

Figura 4 – Área Plantada em função do estoque

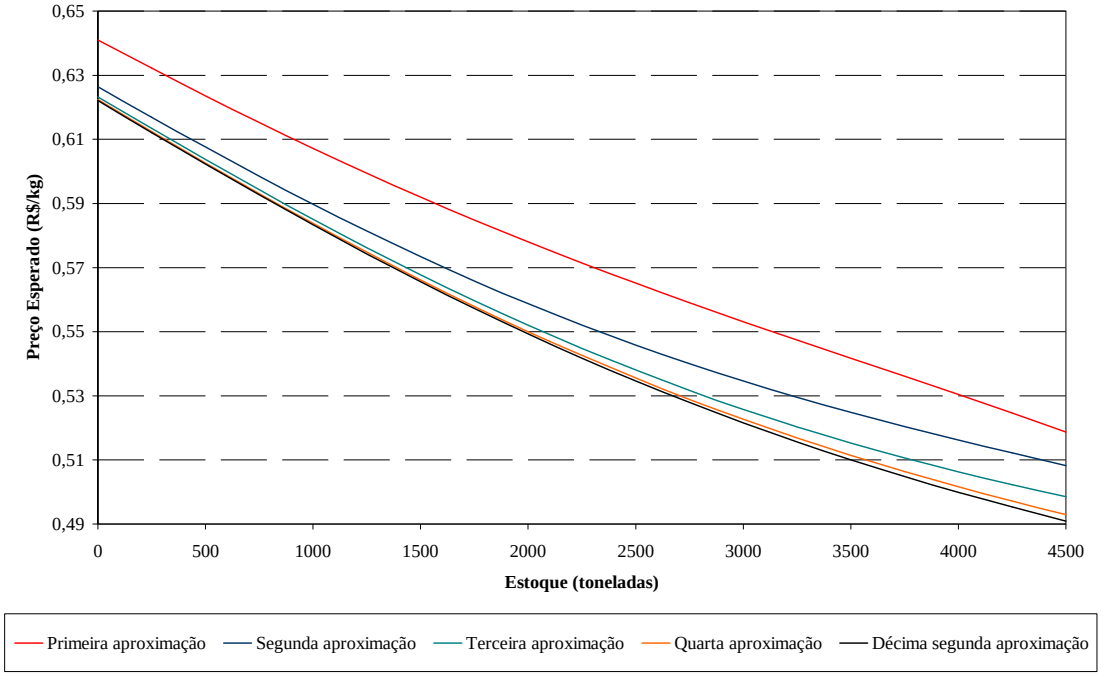

Figura 5 – Aproximações do Polinômio de quarto grau do preço esperado em função do estoque.

4.2. Médias de Longo Prazo

As médias de longo prazo foram obtidas através de simulações para um período de 10 anos com estoques iniciais de 0 e 4.000 mil toneladas. Cada seqüência foi simulada 2.500 vezes, portanto a média apresentada é a média destes 2.500 valores. Este tipo de análise permite verificar de que maneira acontece a absorção ao longo dos anos de um estoque inicial baixo e um alto.

As tabelas 2 e 3 apresentam as médias de longo prazo para os dois estoques iniciais. Verifique que as variáveis apresentam o comportamento esperado. Considerou-se como 100% o maior preço encontrado, que foi o primeiro ano do estoque zero. Altos preços estão ligados a baixos consumos e a área plantada aumenta a medida que tem-se estoques mais baixos.

Tabela 2. Médias de longo prazo das variáveis endógenas com estoque inicial zero.

ano	Estoque Inicial (mil ton.)	Produção (mil ton.)	Disponibilidade[1] (mil ton.)	Consumo (mil ton.)	Estoque Final (mil ton.)	Preço (%)	Área (hectares)
1	0	12142,3	12159,7701	11590,9	568,8843	100,00%	3834,57
2	568,8843	11794,6	12365,9682	11683,1	682,8745	96,34%	3720,66
3	682,8745	11756,5	12427,9472	11700,3	727,6244	95,66%	3698,54
4	727,6244	11717,9	12447,14	11715	732,169	95,08%	3689,53
5	732,169	11714,5	12439,2308	11706,6	732,6381	95,41%	3688,87
6	732,6381	11712	12437,1763	11713,8	723,4206	95,13%	3688,96
7	723,4206	11721,6	12424,97	11704,1	720,8252	95,51%	3691,01
8	720,8252	11722,9	12456,4404	11706,2	750,2867	95,43%	3691,36
9	750,2867	11685,2	12426,3403	11711,1	715,2604	95,23%	3685,64
10	715,2604	11734,1	12446,4521	11719,1	727,3549	94,92%	3691,83

1 Inclui os choques de demanda

Tabela 3. Médias de longo prazo das variáveis endógenas com estoque inicial de 4.000 mil toneladas.

ano	*Estoque Inicial (mil ton.)*	*Produção (mil ton.)*	*Disponibilidade[1] (mil ton.)*	*Consumo (mil ton.)*	*Estoque Final (mil ton.)*	*Preço (%)*	*Área (hectares)*
1	4000	10083,9	14101,3622	12086,1	2015,2763	80,36%	3184,52
2	2015,2763	10961,3	12979,1287	11880,8	1098,3643	88,51%	3457,89
3	1098,3643	11506,8	12593,7561	11758,6	835,1249	93,35%	3619,97
4	835,1249	11652,6	12489,3545	11729,9	759,4317	94,49%	3669,01
5	759,4317	11698	12450,0154	11710,6	739,3833	95,25%	3683,66
6	739,3833	11707,9	12439,7952	11714,7	725,0482	95,09%	3687,66
7	725,0482	11720,6	12425,6188	11704,4	721,2251	95,50%	3690,7
8	721,2251	11722,7	12456,5952	11706,2	750,391	95,43%	3691,28
9	750,391	11685,1	12426,3826	11711,1	715,2862	95,23%	3685,62
10	715,2862	11734,1	12446,462	11719,1	727,3612	94,92%	3691,82

1 Inclui os choques de demanda

Os valores das variáveis endógenas para os diferentes estoques convergem para valores próximos, já a partir do quinto ano. O valor para o ano final nas duas estimações é extremamente próximo e pode-se verificar que é aproximadamente igual.

O baixo estoque considerado na tabela 2 é compensado por um aumento da área plantada. No segundo período o estoque continua um pouco abaixo da média dos períodos subseqüentes. No terceiro período o estoque final já atinge um valor bastante próximo ao dos períodos posteriores.

O alto estoque inicial da tabela 3 é compensado por uma redução da área plantada até o ponto em que a disponibilidade alcança patamares normais. No primeiro ano da simulação a área plantada é baixa. O estoque inicial de 4.000 mil toneladas é reduzido para quase a metade já na primeira safra. Na quarta safra o valor do estoque já atinge valor próximo ao dos anos subseqüentes.

As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram a convergência das média de longo prazo para a disponibilidade, consumo, estoque final e preço. Foram considerados como 100%, para cada parâmetro, o primeiro valor encontrado para estoque inicial zero. Percebe-se claramente que os estoques iniciais fora da média são absorvidos de maneira bastante significativa para o quinto ano.

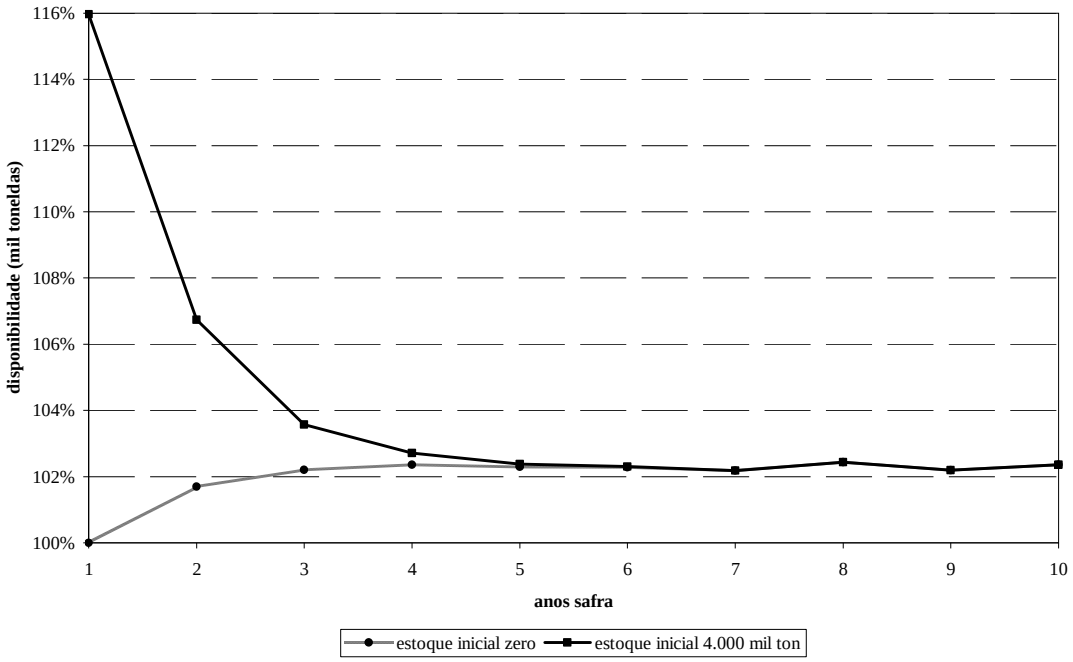

Figura 6 – Índice de disponibilidade ao longo de 10 anos para estoque inicial zero e 4.000 mil toneladas

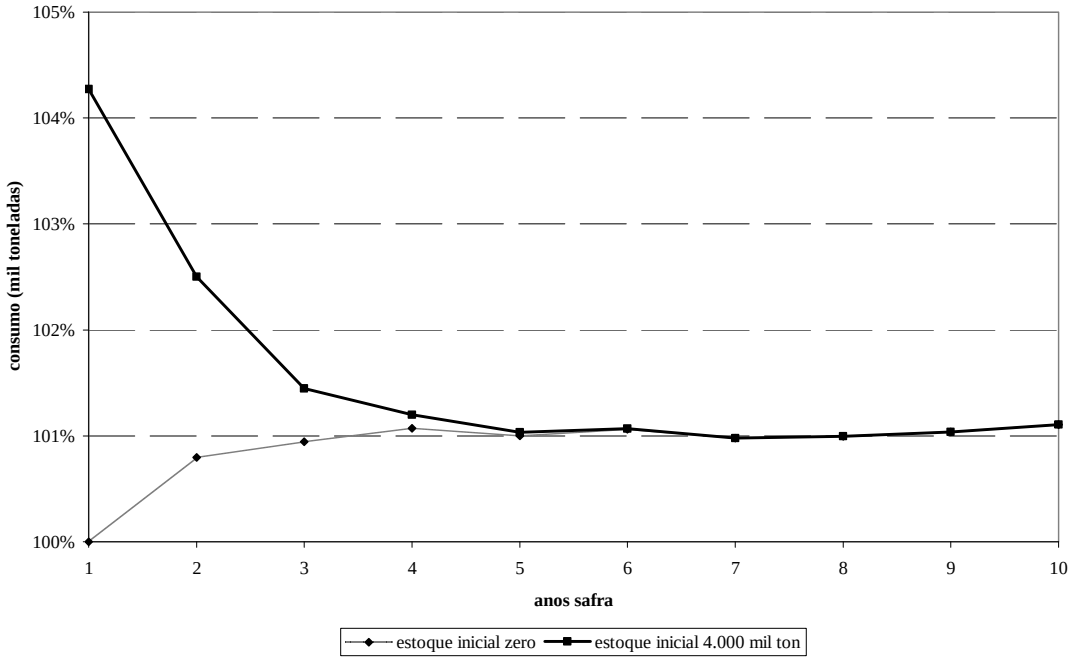

Figura 7 – Índice de consumo ao longo de 10 anos para estoque inicial zero e 4.000 mil toneladas

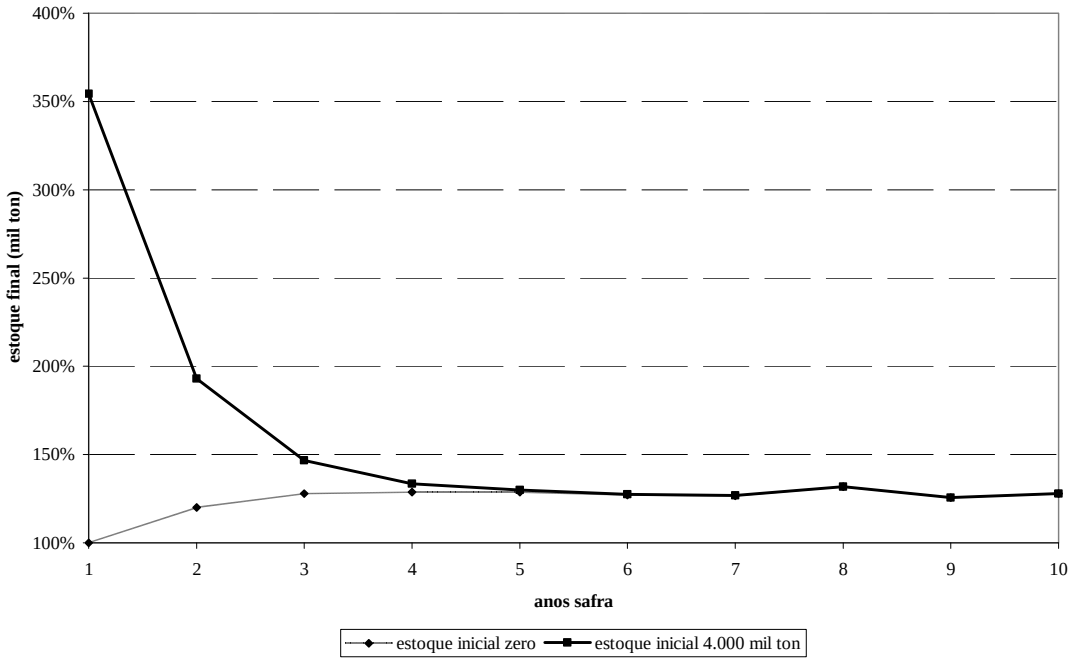

Figura 8 – Índice de estoque final ao longo de 10 anos para estoque inicial zero e 4.000 mil toneladas

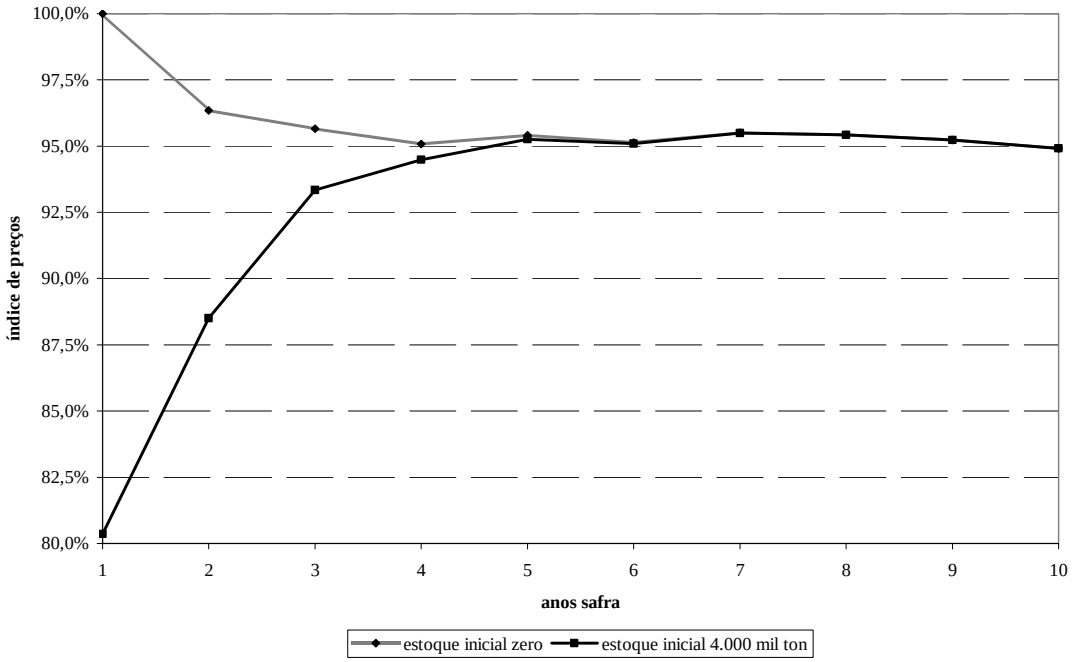

Figura 9 – Índice de preços ao longo de 10 anos para estoque inicial zero e 4.000 mil toneladas

4. CONCLUSÃO

Este estudo teve como propósito analisar o armazenamento de arroz no Brasil em condições competitivas, de mercado fechado, sem intervenções do governo e com expectativas racionais.

O caráter dinâmico do modelo do armazenamento é uma característica importante que não tem recebido a devida importância. O problema dinâmico estocástico, não possui uma solução algébrica, o que torna necessária a utilização de métodos numéricos. Como a função do preço esperado não é conhecida tornou-se necessária a utilização de outros métodos numéricos para tornar possível a solução. Apesar de ter uma formulação aparentemente simples, a resolução do modelo necessita técnicas sofisticadas de cálculo.

Foram necessárias doze aproximações da função do preço esperado, embora a diferença encontrada entre as aproximações realizadas tenha sido pequena, já a partir da quarta aproximação.

Os resultados demonstram que na presença da atividade de estocagem existe uma menor dispersão do consumo ao longo do tempo, o que torna a variação dos preços menores, ou seja, os preços para os anos com baixa produção são menores e os preços para os anos com alta produção são maiores na presença de formação de estoques.

O valor crítico da disponibilidade para que ocorra formação de estoques, encontrado para este modelo, foi de 11.833,47 mil toneladas, para qualquer disponibilidade abaixo deste não ocorrerá formação de estoques e a para qualquer disponibilidade acima deste valor haverá formação de estoques.

Safras com baixa ou alta produtividade dão origem a baixos e altos estoques respectivamente. Nas simulações de longo prazo pôde-se observar que estes estoques muito fora da média são absorvidos em cerca de 3 ou 4 períodos.

Os resultados ainda demonstram a consistência do modelo e permitem a visualização de inúmeras aplicações para modelos desta natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGRIANUAL, 2005, "**O Anuário da Agricultura brasileira**" São Paulo, 2005500p.

BARROS, G.S.A.C., "**Economia da comercialização agrícola**", http://cepea.esalq.usp.br Piracicaba (01mai. 2005)

BRESSLER, R.G.; R.A. KING,. "**Market, Prices and Interregional Trade".** John Wiley & Sons, Inc., New York ,1970.

GUIMARÃES, V.A. "**Análise de armazenamento de milho no Brasil com um método dinâmico de expectativas racionais"**, Tese de Doutorado, Piracicaba, 2001.

GUSTAFSON, R.L. "**Carryover levels for grains: a method for determining amounts that are optimal under specified conditions"**. Washington: USDA, 1958 92p. (Technical Bulletin, 1178)

HELMBERGER, P.G.; WEAVER, G. "**Welfare implications of commodity storage under uncertainty"**. American Journal of Agricultural Economics, vol. 54, n.4 p. 63-96, 1977.

LOWRY, M., GLAUBER, J., MIRANDA, M.J., HELMBERGER, P.G. "**Pricing Storage of Field Crops: A Quarterly Model Applied to Soybeans".** American Journal of Agricultural Economics vol.69 p.740-749, 1987.

MELO-FILHO, G.A.; LEMES, M.M.R. "**Estimativa do custo de produção de arroz de sequeiro, safra 2000/2001, em Mato Grosso**" comunicado técnico n.20 , Embrapa, setembro , 2000.

MELO-FILHO, G.A.; RICHETTI, A. "**Estimativa do custo de produção de arroz de sequeiro, safra 2001/2002, em Mato Grosso**" comunicado técnico n.41 , Embrapa, Dezembro, 2001.

MELO-FILHO, G.A.; RICHETTI, A. "**Estimativa do custo de produção de arroz de sequeiro, safra 2002/2003, em Mato Grosso**" comunicado técnico n.59 , Embrapa, Outubro, 2002.

MIRANDA, M.J.; FACKLER, P.L. "**Applied computacional economics and finance"**. http://www4.ncsu.edu/~pfackler/compecon/conpecom.pdf (12mai. 2001).

WRIGHT, B.D.; WILLIAMS, J.C. "**The Economic Role of Commodity Storage**". Economic Journal vol.92 p.596-614, 1982.

WRIGHT, B.D.; WILLIAMS, J.C. "**Storage and Commodity Markets"**. New York: Cambridge University Press, 1991. 502p.

Anexo 1 – Derivação dos algoritmos numéricos encontrados entre o estoque de equilíbrio, produção planejada e disponibilidade corrente.

O objetivo deste algoritmo numérico é encontrar, para qualquer disponibilidade (I_t), níveis de Estoque (S_t) e área plantada (A_t) que resultam das ações de maximização de lucro do processo de estocagem e dos produtores que possuem expectativas racionais sobre o preço no período t+1.

A relação de equilíbrio entre estoques e disponibilidade está implícita na condição de arbitragem:

$$P_{t+1}(I_{t+1} - S_{t+1}) - k - (1/(1+r))E_{t+1}P_{t+2}(S_{t+1}) \qquad S_{t+1} > 0 \quad \text{(a.1)}$$

Antes de determinar a função do preço esperado é importante lembrar que é necessário

1. Determinar os parâmetros das funções de oferta de área e inversa da demanda para consumo.

2. Determinar o valor do custo (*k*) unitário de armazenamento.

3. Determinar o valor para a taxa de juros (*r*) considerada.

4. Construir uma distribuição baseada em pontos de uma distribuição de probabilidade contínua (no caso uma normal) de j (j = 1,...,m) valores para a produtividade y^j, com média μ e variância associados as suas respectivas probabilidades (ϖ_j) de acordo com a Quadratura de Gauss (Miranda & Fackler, 2001).

5. Construir uma distribuição baseada em pontos de uma distribuição de probabilidade contínua (no caso uma normal) de k valores para os choques de demanda z^k, com média zero e variância ϕ^2 e associados as suas respectivas probabilidades (υ_k) de acordo com a Quadratura de Gauss (Miranda & Fackler, 2001).

Não é possível derivar a regra de armazenamento sem antes derivar numericamente a função $E_t P_{t+2}(S_{t+1})$, relacionando o estoque corrente com o preço esperado no próximo ano e resolver a condição de arbitragem com o objetivo de obter o estoque associado a cada disponibilidade. De posse de 1, 2, 3, 4 e 5 os passos necessários para encontrar $E_{t+1} P_{t+2}(S_{t+1})$ podem ser descritos como segue.

Passo 1. Escolher um polinômio ψ^0 como a primeira aproximação do preço esperado em função do estoque.

Passo 2. Escolher n valores para o estoque (S_t^i), igualmente espaçados.

Passo 3. Escolher n valores para a área plantada (A_t^i), associados a cada valor de estoque (S_t^i).

Passo 4. Multiplicar A_t^i por cada valor y_{t+1}^j gerando uma matriz de produção x_{t+1}^{ij}. Somar x_{t+1}^{ij} a cada S_t^i, obtendo valores de disponibilidade S_{t+1}^{ij}. Para cada S_{t+1}^{ij} somar o choque de demanda z^k, desta forma gerando a matriz de disponibilidade total I_{t+1}^{ijk}.

Passo 5. Para cada I_{t+1}^{ijk} resolver numericamente a função implícita

$$\begin{aligned} &P_{t+1}^{ijk}(I_{t+1}^{ijk} - S_{t+1}^{ijk}) + k - (1/(1+r))\psi(S_{t+1}^{ijk}) = 0 \qquad S_{t+1}^{ijk} > 0 \\ &P_{t+1}^{ijk}(I_{t+1}^{ijk} - S_{t+1}^{ijk}) + k - (1/(1+r))\psi(S_{t+1}^{ijk}) < 0 \qquad S_{t+1}^{ijk} = 0 \end{aligned} \qquad \text{(a.2)}$$

A solução consiste em encontrar as raízes de interesse para os valores S_{t+1}^{ijk} e I_t^{ijk} que resolvem as equações acima. Esta raiz é obtida através de aproximações sucessivas. Este método é conhecido como método de Newton e pode ser definido para o problema como se segue

$$(S_{t+1}^{ijk})_{n+1} = (S_{t+1}^{ijk})_n - \frac{P_{t+1}^{ijk}(I_{t+1}^{ijk} - S_{t+1}^{ijk}) + k - (1/(1+r))\psi(S_{t+1}^{ijk})}{\dfrac{\partial P_{t+1}^{IJK}\left[I_{t+1}^{ijk} - (S_{t+1}^{ijk})_n\right]}{\partial (S_{t+1}^{ijk})_n} + \dfrac{\partial k}{\partial (S_{t+1}^{ijk})_n} - \dfrac{\partial (1/(1+r))\psi\left[(S_{t+1}^{ijk})_n\right]}{\partial (S_{t+1}^{ijk})_n}} \qquad \text{(a.3)}$$

em que $(S_{t+1}^{ijk})_{n+1}$ é a aproximação final do valor de estoque final e $(S_{t+1}^{ijk})_n$ é a aproximação inicial do valor de estoque final.

Faz-se n substituições para o estoque final (S_{t+1}^{ijk}) e quando $(S_{t+1}^{ijk})_{n+1} - (S_{t+1}^{ijk})_n \le \varepsilon$, em que ε[1] é um número suficientemente pequeno, temos uma aproximação satisfatória da raiz da equação.

[1] Neste trabalho adotou-se um valor para ε =0,00001

Passo 6. O estoque de equilíbrio obtido determina, simultaneamente todas as variáveis endógenas inclusive o preço para cada situação. Com base nestes preços é possível calcular agora o preço esperado para cada respectiva área inicial.

$$E_t\left(P_{t+1}^i(S_t^i)\right) = \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{K} P_{t+1}^{ijk}\left(I_{t+1}^{ijk} - S_{t+1}^{ijk}\right)(\varpi_j)(\upsilon_k) \quad \text{(a.4)}$$

Passo 7. Calcular a receita por hectare pelos produtores:

$$ER^i = \sum_{j=1}^{m} y_{t+1}^j E\left(P_{t+1}^i(S_t^i)\right) \quad \text{(a.4)}$$

Verificar se a área inicial é consistente com a receita esperada**.** Se $A_t(ER^i) - A_t^i > \varepsilon$ em que ε é um número pequeno, deve-se refazer os passos 8 a 11. Quando $A_t(ER^i) - A_t^i \leq \varepsilon$**,** então A_t^i é a área de equilíbrio.

Passo 8. Uma vez obtidas as áreas de equilíbrio ajusta-se um novo polinômio do quarto grau ψ^1 de P_{t+1} em função de S_t^i. Substitui-se ψ^0 por ψ^1 e recalcula-se os passos 8 a 11. O processo deve ser repetido n vezes até que $\psi^n - \psi^{n-1} \leq \varepsilon$**,** em que ε é um número suficientemente pequeno.

Passo 9. Uma vez obtido o polinômio de P_{t+1} em função de S_t^i, ajusta-se um polinômio do quarto grau (ϕ)do vetor A_t^i em função do vetor S_t^i. Não sendo satisfatório o ajustamento do polinômio da área em função do estoque, diminui-se o espaçamento dos valores de estoque inicial até que $\phi^i - \phi^{i-1} \leq \varepsilon$. Feito isto então ϕ^i é o polinômio final.