

# IMPACTOS DA LIQUIDAÇÃO FINANCEIRA SOBRA A EFICIÊNCIA DE HEDGING NOS CONTRATOS FUTUROS DE BOI GORDO

*Luiz Gonzaga de Castro Junior\**

*Pedro Valentim Marques\*\**

## RESUMO

A liquidação financeira é um mecanismo que elimina praticamente todos os problemas inerentes à liquidação dos contratos futuros através da entrega física, conduzindo a um aumento da sua utilização por parte dos agentes do mercado. Frente ao poder dessa especificação, o principal problema que surge é a desconfiança dos participantes com relação ao indicador que representa o mercado físico. Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de verificação dos impactos de diferentes formas de construção dos indicadores sobre os contratos futuros da *commodity* boi gordo comercializados na BM&F. A partir dos resultados obtidos, pode-se constatar que todas as especificações apresentaram alto grau de eficiência de hedging e que as especificações ponderadas pela probabilidade de localização mais barata apresentaram as menores variâncias.

**Palavras-Chave:** liquidação financeira, contratos futuros, indicador

## 1. Introdução

Tradicionalmente, os contratos que não são previamente encerrados nos mercados futuros são liquidados através da entrega ou recebimento do produto físico. Compensar um contrato significa,

---

\* Professor Adjunto do Departamento de Administração e Economia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) - MG.

\*\* Professor do Departamento de Economia, Administração e Sociologia - ESALQ/ USP

compradores e vendedores invertem suas posições no mercado futuro antes do vencimento do contrato. Por exemplo, se um hedger fez um contrato de venda (compra), ele simplesmente adquire um contrato de compra (venda), para o mesmo vencimento, zerando sua posição e saindo do mercado. A entrega da *commodity* comercializada é feita pelo vendedor para o comprador, em troca do pagamento do valor determinado pelo preço de ajuste a futuro do comprador para o vendedor. Este processo é visto como de fundamental importância na promoção da convergência dos preços físico e futuro que, por sua vez, aumenta a transferência de risco e a função de descoberta de preço dos mercados futuros. A não-ocorrência da convergência de preços durante o período de entrega proporcionará uma oportunidade de ganhos com a arbitragem, isto é, se o preço futuro fosse maior do que o preço à vista, arbitradores comprariam a *commodity* no mercado físico e a venderiam a futuro onde receberiam um preço mais alto. Por outro lado, se o preço a futuro fosse menor que o à vista, os arbitradores comprariam o contrato futuro e venderiam a *commodity* no mercado físico, recebendo a *commodity* no contrato futuro de compra e repassando-a aos compradores no mercado físico.

Os custos associados com a entrega física e a conveniência da compensação têm induzido várias propostas para substituir a entrega física pela liquidação financeira em certos tipos de contratos. A liquidação financeira é uma alternativa à entrega física para cumprir as obrigações contratuais quando do vencimento de um contrato futuro. Tipicamente, o valor da última liquidação é baseado em algum indicador físico, determinado por uma fórmula relacionada aos preços do mercado físico, independente do mercado futuro. Na prática, quando um contrato é liquidado financeiramente, e sendo todos os valores determinados no mercado diariamente, o total pago entre compradores e vendedores no término é a diferença entre o valor do indicador do mercado físico no último ou média dos últimos dias de negociação e o preço de ajuste do contrato no dia anterior.

A função econômica de um mercado futuro é eficientemente desempenhada somente quando existe um alto nível de competição entre os participantes. Deste modo, a prevenção de distorções como *squeezes*<sup>1</sup> ou *corners*<sup>2</sup> tem sido uma área de grande interesse para as instituições de futuros. A liquidação financeira elimina, completamente, os *squeezes* e os *corners*, além de reduzir os custos de transação incorridos na entrega física. Contudo, o principal problema com a liquidação financeira para as *commodities* agrícolas refere-se à desconfiança com relação ao indicador que representa o mercado físico, criando uma incapacidade de previsibilidade da base para muitos produtores locais. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar o sistema de liquidação dos contratos de boi gordo comercializados na BM&F. Para isto, a eficiência de hedging obtida através do Indicador do Boi Gordo (IBG), utilizado atualmente na liquidação dos contratos, é comparada às alcançadas pelas especificações alternativas que serão obtidas.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Modelo de preços futuros com opção de localização

A opção de entrega representa um importante papel na avaliação dos contratos futuros quando o contrato permite tal flexibilidade. A partir das colocações feitas por Margrabe (1978), Johnson (1987) e Boyle (1989), nota-se que o preço futuro de um contrato, que permite a entrega de vários bens de um conjunto de  $n$  bens, é igual ao valor de uma opção de compra<sup>3</sup> sobre o menor valor dos  $n$  bens, com um preço de exercício zero. O modelo formal para preços futuros com uma opção de localização

---

<sup>1</sup> A situação de *squeeze* caracteriza-se como uma situação onde o agente short (vendedor) em mercados futuros não consegue inverter sua posição ou adquirir a *commodity* para entregar, exceto por um preço substancialmente maior do que o valor relativo desse contrato ou dessa *commodity*, no mercado (Downes & Goodman, 1993; Bessada, 1995).

<sup>2</sup> De acordo com Hull (1991), *corner* é um tipo de irregularidade no qual o número de contratos em aberto pode exceder à quantidade de mercadoria disponível para a entrega. Assim, os detentores de posições vendidas percebem que encontrarão dificuldade para entregar e ficam desesperados para zerar suas posições. O resultado é uma grande alta nos preços futuro e à vista.

<sup>3</sup> A opção de compra (Call) europeia proporciona a seu titular o direito de comprar um ativo na data de vencimento do contrato por certo preço.

assume: (1) a existência de um mercado perfeito (sem atrito); (2) um conhecimento constante da taxa de juros  $r$ , uma vez que os preços futuros são iguais aos preços correspondentes no futuro; (3) no vencimento do contrato, o vendedor entregará a *commodity* na localização mais barata; (4) não existe custo de transação; e, (5) os preços na localização de entrega aceitável são normalmente distribuídos.

A notação convencionada, é a seguinte:

$t$  : tempo corrente;

$T$  : tempo para a expiração do contrato;

$L_i$  : localização  $i$  em que a entrega pode ser feita;

$P_{it}$  : preço corrente na localização de entrega  $L_i$ ,  
em \$/@ para  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$K$  : preço de exercício da Call e Put<sup>4</sup> Européia em \$/@;

$F_t(P_1, P_2, \dots, P_n; T) = F_t$  : preço futuro no tempo  $t$  de um contrato, permitindo aos vendedores entregarem em alguma das localizações  $L_i$ 's;

$EC_t(P_1, P_2, \dots, P_n; K; T) = EC_t(K)$  : preço de uma opção de compra (Call) européia no tempo  $t$  sobre o menor preço dos  $n$  preços nas localizações de entrega incluídas no conjunto aceitável, com um preço de exercício  $K$  e data de expiração  $(t + T)$ . Na expiração, o valor da Call é  $\text{Max} \{[\text{Min}((P_1, P_2, \dots, P_n) - K), 0]\}$ ; e

$EP_t(P_1, P_2, \dots, P_n; K; t+T) = EP_t(K)$  : preço de uma opção de venda (Put) européia no tempo  $t$  sobre o menor preço dos  $n$  preços na localização de entrega incluída no conjunto aceitável, com um preço de exercício  $K$  e data de expiração  $(t + T)$ . Na expiração, o valor da Put é  $\text{Max} \{[K - \text{Min}(P_1, P_2, \dots, P_n)], 0\}$ .

A compra de um contrato futuro que possua como forma de liquidação a entrega física em uma única localização pode ser reproduzida a partir da compra de uma Call ou da venda de uma Put européia. Assumindo um risco neutro, o preço futuro é só o preço spot esperado no futuro. Essa estrutura de um único ponto de entrega precisa, contudo, ser generalizada quando o conjunto de possíveis localizações de entrega

<sup>4</sup> A opção de Venda (Put) européia dá a seu titular o direito de vender um ativo na data de vencimento por determinado preço.

inclui mais de um mercado. No caso de  $n$  possíveis localizações de entrega, o valor  $f$  de um contrato futuro é igual à compra de uma Call sobre o menor preço de  $n$  bens mais a venda de uma Put sobre o menor preço de  $n$  bens, assim expresso:

$$f = EC_t(P_1, P_2, \dots, P_n; K; t + T) - EP_t(P_1, P_2, \dots, P_n; K; t + T) \quad (1)$$

Margrabe (1978), Stulz (1982) e Johnson (1987) estenderam a relação de paridade entre Put - Call, como sendo uma opção sobre o menor valor de  $n$  bens, dando a seguinte expressão alternativa para a equação (1):

$$f = EC_t(P_1, P_2, \dots, P_n; 0; t + T) - Ke^{-rT} \quad (2)$$

Mas quando o contrato futuro é iniciado, o valor do contrato futuro é igual a zero. Portanto, o preço futuro é igual ao valor do preço de exercício que faz o valor do contrato futuro igual a zero:

$$f = 0 \Rightarrow K = F_t(P_1, P_2, \dots, P_n; t + T) \quad (3)$$

A partir da combinação das equações (2) e (3), obtém-se uma expressão para os preços futuros, quando uma opção de localização de entrega é incluída na especificação do contrato, tornando-a mais fácil de ser trabalhada:

$$F_t(P_1, P_2, \dots, P_n; t + T) = e^{rT} EC_t(P_1, P_2, \dots, P_n; t + T) \quad (4)$$

Se o valor de  $EC_t(K = 0)$  puder ser encontrado, então, o valor do preço futuro o seguirá diretamente. Johnson (1987) e vários outros derivaram uma expressão geral para  $EC_t(P_1, P_2, \dots, P_n; K; t + T)$ , que equivale ao valor de uma opção de compra sobre o mínimo de  $n$  bens. O preço de exercício tendendo a zero produz a seguinte expressão para  $EC_t(K = 0)$ :

$$\begin{aligned}
 EC_t (K=0) = & P_1 N_n (d_{12} (P_1, P_2, \sigma_{12}^2), \dots, d_{1n} (P_1, P_n, \sigma_{1n}^2), -\rho_{112}, -\rho_{113}, \dots, \rho_{123}, \dots) \\
 & + P_2 N_n (d_{21} (P_2, P_1, \sigma_{21}^2), \dots, d_{2n} (P_2, P_n, \sigma_{2n}^2), -\rho_{221}, -\rho_{223}, \dots, \rho_{213}, \dots) \\
 & + P_n N_n (d_{n1} (P_n, P_1, \sigma_{n1}^2), \dots, d_{nn-1} (P_n, P_{n-1}, \sigma_{n-1n}^2), -\rho_{nn1}, -\rho_{nn2}, \dots, \rho_{n12}, \dots)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

onde:

$$d_{ij} = \frac{\ln \frac{P_j}{P_i} - 1/2 \sigma_{ij}^2 T}{\sigma_{ij} \sqrt{T}}$$

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_i - \rho_{ij} \sigma_j}{\sigma_{ij}} \quad \text{para } i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, n.$$

$$\rho_{ijk} = \frac{\sigma_i^2 - \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j - \rho_{ik} \sigma_i \sigma_k + \rho_{jk} \sigma_j \sigma_k}{\sigma_{ij} \sigma_{ik}} \quad \text{para } i \neq j \neq k; i, j, k = 1, 2, \dots, n.$$

$$\sigma_i^2 = \text{Var}(\Delta \ln P_i)$$

$$\rho_{ij} = \text{Corr}(\Delta \ln P_i, \Delta \ln P_j)$$

$$\sigma_{ij}^2 = \text{Var}(\Delta \ln \frac{P_i}{P_j}) = \sigma_i^2 - 2\rho_{ij} \sigma_i \sigma_j + \sigma_j^2$$

e  $N_n (\cdot)$  é a distribuição normal cumulativa n-dimensional com os argumentos definidos acima. O valor da opção é, de fato, uma média ponderada dos preços nas localizações dentro do conjunto de entregas possíveis. Esses pesos podem ser interpretados como a probabilidade sem risco de que uma localização particular será a mais barata, dado não somente o nível de preços, mas também o grau de correlação entre eles. Esses preços carregam toda a informação necessária para avaliar a probabilidade de uma localização particular ser a mais barata, na existência de um padrão de correlação entre todas as localizações de entrega  $L_t$ . Isso mostra intuitivamente o uso de uma distribuição conjunta para os preços no conjunto de localizações entregáveis. A determinação das

probabilidades referentes a cada localização é possível a partir da utilização de um artifício matemático denominado “aproximação de Cholesky”. De acordo com Rencher (1995), este método consiste em fragmentar a matriz de correlação dos preços anteriormente determinada e utilizá-la na correção dos dados originais.

No caso de quatro localizações de entregas possíveis, como é o caso deste estudo, o valor estimado do preço futuro é:

$$F_t = e^{rT} \sum_{i=1}^4 P_{it} N_4(d_{ij}; d_{ik}; d_{iz}; \rho_i) \quad i \neq j \neq k \neq z; \quad i, j, k, z = 1, 2, 3, 4 \quad (6)$$

$$N_4(d_{IJ}; d_{ik}; d_{iz}; \rho_i) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(r, s, x, y) dr ds dx dy$$

Os argumentos da distribuição cumulativa com quatro variáveis são definidos com a opção de preço, na equação (5). Esse método pode ser extrapolado para contratos baseados na liquidação financeira. Por exemplo, supondo um contrato com múltiplas localizações utilizadas na construção do indicador, o  $F_t$  pode ser interpretado como o preço comum para a liquidação (PCL) dos contratos ponderados pela probabilidade de que o preço de cada região será o mais barato. Isso ocorre devido ao fato de esse preço ser determinado na semana de vencimento do contrato, representando assim um indicador físico, para o qual o preço futuro irá convergir. Como mostra a equação (6), a estimação do PCL envolve o cálculo da integral com quatro dimensões para a distribuição normal cumulativa multivariada. A distribuição normal tetra variável expressa uma situação em que os preços nas diferentes localizações de entrega são conjuntamente determinados. Para que uma dada localização, por exemplo, o mercado #1, seja a mais barata sobre a faixa total de preços tomados por  $P_1$ , é preciso que  $P_1$  seja menor que  $P_2$  (determinado acima do limite de integração  $d_{12}$ ), menor que  $P_3$  (determinado acima do limite de integração  $d_{13}$ ) e menor que  $P_4$  (determinado acima do limite de integração  $d_{14}$ ), simultaneamente. Assim, o uso da metodologia, que simula preços comuns para a liquidação de contratos, relacionado à probabilidade

de que cada localização será a mais barata está associado à sugestão feita por alguns autores de que o preço futuro de um contrato, com entrega física em múltiplas localizações, é representado pelo valor da *commodity* entregável da localização mais barata. Dentre os autores que fizeram tal referência incluem-se Jones (1982), Garbade & Silber (1983), Kahl et al. (1989), Rich & Leuthold (1993), Chaherli & Hauser (1995), entre outros. As considerações feitas por esses autores podem ser expandidas, inferindo-se que, de forma similar ao que acontece sob a especificação de entrega física, quando se trabalha com liquidação financeira, o preço futuro também irá acompanhar mais proximamente a região participante da construção do indicador que tem o preço mais baixo.

Quase todos os contratos futuros existentes previnem-se contra preços desiguais baseados em diferenças espaciais, contendo termos de entrega especificados (prêmios e descontos constantes). Contudo, quando as diferenças dos preços comerciais estão sujeitas às mudanças estruturais, o ajustamento constante pode não refletir as intenções existentes quando os termos foram descritos. Uma alternativa para prêmios/descontos constantes é permitir a variação da especificação de desconto sobre o tempo, como é feito no contrato de algodão negociado na New York Cotton Exchange. A troca pode ser feita com ajustamentos regulares, dependendo do comportamento das diferenças do preço à vista antes da expiração de cada contrato. Para avaliar o ajustamento no desconto,  $P_{it}$  na equação (1) é substituído por  $P''_{it}$ , definido como:

$$P''_{it} = P_{it} + \delta_{it} ; \delta_{it} = \frac{1}{t^*} \sum_{j=1}^{t^*} (P_{k,t-j} - P_{i,t-j}) \quad i = 1, 2, \dots, I. \quad (7)$$

onde:  $\delta_{it}$  é o ajustamento da média móvel;  $P_{K,t-j}$  é o último preço na localização estipulada  $L_K \in \Phi_I$ ;  $P_{i,t-j}$  é o último preço na localização não-estipulada  $L_K \in \Phi_I$ ;  $[t^* - t]$  é a medida do horizonte da média móvel; e,  $\Phi_I$  é o conjunto de localizações de entrega  $L_I$ .

De forma similar ao que ocorre com a entrega física, esse procedimento, no caso da liquidação financeira, visa diminuir as diferenças



entre os preços das regiões que compõem o preço comum de liquidação (PCL).

## 2.2 Construção de um indicador

Vários esquemas de pesos têm sido usados e sugeridos quando são designados termos para liquidar contratos financeiramente. A abordagem utilizada neste trabalho reflete a informação derivada da simulação de preços comuns de liquidação, através do uso das probabilidades de entrega mais barata (probabilidades-EMB). Alguns dos fundamentos do mercado são refletidos não somente através dos preços nas localizações de entrega, mas também através da probabilidade da localização tornar-se a mais barata no término do contrato. Como sugerido por Hauser et al. (1992), as médias das probabilidades-EMB, para um determinado período de tempo, podem ser usadas como peso no indicador de preço. Esse tipo de indicador tem uma das características desejáveis que um indicador com pesos constantes não necessariamente teria, ou seja, a habilidade para refletir a informação relevante tirada do dinamismo existente nos mercados spot. Para ilustrar tal esquema de ponderação, considera-se o conjunto de localizações entregáveis, contendo quatro mercados: mercado #1, mercado #2, mercado #3 e mercado #4. A equação (1) pode ser rescrita como:

$$F_t = e^{rT} [P_{1t} W_{1t} + P_{2t} W_{2t} + P_{3t} W_{3t} + P_{4t} W_{4t}]; \quad (8)$$

onde:  $W_{it} = N_4(d_{ij}, \rho_i)$  ;  $i = 1, 2, 3, 4$ .

sendo que cada preço é ponderado pela probabilidade de que a *commodity* na respectiva localização será a mais barata.  $N_4(\cdot)$  é a distribuição normal acumulada com quatro variáveis cujos argumentos  $d_{ij}$  (vetor de limite superior) e  $\rho_i$  (matriz de correlação) são definidos na equação (5). Calculam-se as médias das probabilidades determinadas na equação (5), por um determinado período, para dar uma probabilidade-EMB média para cada respectivo preço. A partir daí, define-se o IEMB (Indicador

ponderado pela probabilidade mais barata) como um indicador do preço físico:

$$I_t^{EMB} = e^{rT} [P_{1t} \widehat{W}_1 + P_{2t} \widehat{W}_2 + P_{3t} \widehat{W}_3 + P_{4t} \widehat{W}_4] \quad (9)$$

sendo:  $\widehat{W}_i = \frac{1}{\tau} \sum_{k=0}^{\tau} W_{ik}$

onde  $[0, \tau]$  é o intervalo de tempo sobre o qual as médias das probabilidades-EMB são tiradas. Esse indicador difere dos indicadores que têm sido usados no passado em liquidação financeira no sentido de que usa informações vindas de um sistema de entrega física simulado, mas que serve como um preço de liquidação na expiração do contrato. Daqui por diante, esse tipo de indicador será conhecido como indicador-EMB (IEMB) ponderado para refletir a junção entre as probabilidades-EMB e os pesos usados no indicador ao longo do tempo.

### 2.3 Avaliação da performance de hedging

A eficiência de hedging é medida, de acordo com Ederington (1979), como a redução percentual na variância de retornos alcançados por uma posição com hedge em oposição a uma sem hedge. Essa medida de eficiência assume uma estratégia para minimizar a variância de preço. A medida típica de eficiência é usada para analisar a eficiência de decisões de hedging tomadas por indivíduos para cada especificação de liquidação discutida nas seções anteriores. Fazendo  $\pi$  ser o lucro ou a perda de um hedge,  $h$  ser a fração da posição à vista com hedge e  $h^*$  a proporção de hedge para minimização de risco, a medida de eficiência de hedging (HE) é definida como a diferença entre a variância da posição sem hedge,  $Var(\pi_{h=0})$ , e a variância da posição assegurada,  $Var(\pi_{h^*})$ , dividida pela variância da posição sem hedge:

$$HE = \frac{Var \pi_{h=0} - Var \pi_{h^*}}{Var \pi_{h=0}} = R^2 \quad (10)$$

onde:  $R^2$  é o coeficiente de determinação da regressão dos Mínimos Quadrados Ordinários nos preços à vista sobre os preços dos contratos futuros expirando no tempo  $T$ :

$$P_{it} = \alpha_{ij} + \beta_{ij} F_{jt} + \varepsilon_{ijt} \quad (11)$$

sendo:  $F$  o preço futuro definido no mercado e, também, o preço comum de liquidação baseado em um dos processos definidos anteriormente; e  $P_i$  o preço à vista na localização  $L_i$ . O mesmo procedimento é usado para avaliar os indicadores de liquidação financeira, substituindo o  $F$  pelo indicador de liquidação financeira.

## 2.4 Testando modelos *nonnested*<sup>5</sup> das especificações de liquidação

Uma das principais funções da econometria é testar a validade dos modelos desenvolvidos pela teoria econômica. Contudo, Davidson & MacKinnon (1981) e Godfrey & Pesaran (1983) afirmam que muitas técnicas para testar hipóteses simplesmente permitem testar restrições sobre um modelo mais geral. Uma das exceções a essa generalização é uma técnica sugerida por Pesaran & Deaton (1978), baseada no trabalho de Cox (1962) e Pesaran (1974). Essa técnica é referenciada como Cox-Pesaran-Deaton, ou teste CPD, e permite testar a autenticidade de modelos não-lineares e de regressões multivariadas quando existe uma hipótese alternativa *nonnested*.

A natureza dos processos de liquidação, bem como as determinações de diferenciais e pontos de entrega, determinam ao relacionamento de eficiência de hedge diferentes especificações de preço de liquidação. Uma vez que esse relacionamento não pode ser obtido pela imposição de restrições paramétricas, esse representa modelos

<sup>5</sup> Dois modelos são ditos *nested* quando um é caso especial do outro, obtido pelas restrições de parâmetros. Assim, por exemplo, a função de produção de Cobb-Douglas é *nested* à função de produção de elasticidade de substituição constante (CES). Por outro lado, se um modelo não pode ser expresso como um caso especial do outro, pela restrição de parâmetros, esses são considerados modelos *nonnested* (Doran, 1993).

*nonnested*. Para avaliar as diferenças estatísticas nas regressões de eficiência de hedging, a abordagem de teste de hipótese é empregada. Essa abordagem confia na predição da performance do modelo baseado no processo de geração de dados (PGD) de preços à vista. A capacidade para prever a performance do modelo sobre a base do PGD da variável dependente é um conceito-chave para testar modelos *nonnested* e Cox (1962) foi o primeiro autor a usar tal abordagem.

Supondo que a hipótese nula:

$$H_0: C_i = \beta_0 + \alpha_0 F_0 + \mu_0; \mu_0 \sim N(0, \sigma_0^2 I) \quad (12)$$

é a verdadeira PGD para  $C_i$  (preço à vista na localização  $L_i$ ) onde  $F_0$  é o vetor preço de liquidação baseado na especificação  $S_0$ . Outra especificação  $S_1$  com preço de liquidação  $F_1$  é acreditada para a geração do verdadeiro PGD e é prognosticada na base de  $H_0$ :

$$H_1: C_i = \beta_1 + \alpha_1 F_1 + \mu_1; \mu_1 \sim N(0, \sigma_1^2 I) \quad (13)$$

Esses dois modelos podem ser combinados dentro de um simples modelo:

$$C_i = \beta + (1 - \delta) \alpha_0 F_0 + \delta \alpha_1 F_1 + \mu \quad (14)$$

Se  $\delta = 0$ ,  $H_0$  é confirmada, enquanto  $\delta = 1$  implica na confirmação de  $H_1$ . Dessa forma,  $H_0$  poderia ser testada, a princípio, testando  $\delta = 0$ . Contudo, desde que os coeficientes de inclinação em  $H_0$  e  $H_1$  não podem ser estimados diretamente de (10), Davidson & Mackinnon (1981) sugeriram a utilização do valor proposto em  $C_i$ , baseado no modelo dado por  $H_1$  em (9), em (10) e, então, testar se  $\delta$  é igual a zero. Quando  $H_0$  é verdadeiro, eles mostram que o estimador de  $\delta$  dividido pelo erro padrão convencionalmente estimado é assintoticamente distribuído com um padrão normal  $N(0, 1)$ .

## **2.5 Dados utilizados**

Os mercados físicos considerados, no estudo dos contratos futuros de boi gordo, serão: Três Lagoas/Araçatuba (Araçatuba - AR) - SP, Presidente Prudente (PP) - SP, Bauru/Marília (Bauru - BA) - SP, São José do Rio Preto/Barretos/Votuporanga (São José do Rio Preto - SJ) - SP, componentes do conjunto das regiões que participam da construção do indicador; e, Triângulo Mineiro (TM) - MG, Campo Grande (CG) - MS, Paranavaí/Maringá/Londrina (Maringá -NP) - PR, Goiânia (GO) - GO e Dourados (DO) - MS, que não fazem parte do indicador. Os preços para essas regiões serão obtidos junto ao CEPEA pela construção do indicador utilizado na liquidação financeira do contrato de boi gordo na BM&F e abrangem preços diários no período de abril de 1994 a março de 1998.

## **3. Resultados e discussão**

### **3.1 Eficiência de hedging medida entre os preços físicos de cada região e as formas de liquidação dos contratos**

Como especificação de um indicador, baseado no preço de um único local, tomou-se o preço da região de Araçatuba. O preço comum para a liquidação dos contratos com múltiplas localizações (PCL) e o indicador (IEMB) considera os preços de quatro regiões do Estado de São Paulo: Araçatuba, Presidente Prudente, Bauru e São José do Rio Preto, sendo que no caso do preço comum de liquidação e do indicador que utilizam prêmios/descontos (PCLPD e IEMBPD, respectivamente), a região tomada como base foi a de Araçatuba.

Pela Tabela 1 pode-se observar os níveis de eficiência de hedging individuais para as localizações que participam ou não da construção do indicador. Os resultados evidenciam que os tipos de especificações analisadas produzem aproximadamente o mesmo grau de eficiência para todas as regiões. Em relação às eficiências obtidas entre as especificações e o preço futuro (PF), as únicas diferenciações ficaram por conta do

preço comum de liquidação (PCL) e do indicador-EMB (IEMB) que foram superiores às demais, em torno de 1 a 2%.

Os resultados apresentados na Tabela 1 podem ser interpretados, por exemplo, como a variação no preço da região de Campo Grande (CG) sendo explicado, em 94,71% dos casos, pela variação do indicador boi gordo (IBG). A região que não participa do indicador que é melhor explicada pelas especificações de liquidação é a do Triângulo Mineiro (TM) e a que apresentou o pior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi a região de Dourados (DO).

A eficiência de hedging para o boi gordo medida entre as localizações individuais e o preço futuro (PF), na Tabela 1, foi baixa quando comparada às especificações de liquidação. A razão, possivelmente, está relacionada ao fato de o boi gordo ser uma *commodity* não-estocável. Tal consideração baseia-se na sugestão teórica de Leuthold et al. (1989) de que para *commodities* não-estocáveis, a decisão de variar a produção é a principal influência na relação de preços para esses produtos. Uma vez que essas mercadorias não se baseiam em proporções fixas de estoques, como no caso dos grãos, os mercados futuros constituem-se principalmente por uma antecipação dos preços. A base<sup>6</sup> para animais vivos (boi gordo) é conduzida, portanto, pela oferta e demanda e pela expectativa por parte dos *traders* de que essas funções variem ao longo do tempo. Desse modo, o conjunto de preços à vista e a futuro não é formalmente relacionado para o período que precede o vencimento do contrato, além da não-existência de um limite teórico máximo ou mínimo para o tamanho da base.

---

<sup>6</sup> A base é definida como sendo a diferença entre os preços físicos e futuros.

Tabela 1 – Eficiência de hedging sobre especificações alternativas de liquidação - semana de vencimento

	AR	IBG	PCL	IEMB	PCLPD	IEMBPD	PF
AR	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,55
PP	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,57
BA	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,56
SJ	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,51
CG	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,51
GO	0,95	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,52
TM	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,58
NP	0,94	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,63
DO	0,92	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,59
PF	0,55	0,54	0,56	0,56	0,55	0,55	-

Fonte: Dados da pesquisa.

IBG, PCL, IEMB, PCLPD, IEMBPD e PF referem-se a indicador do boi gordo, preço comum de liquidação, indicador ponderado pela entrega mais barata, preço comum de liquidação com prêmio/desconto e indicador ponderado pela entrega mais barata com prêmio/desconto e preço futuro, respectivamente.

Os resultados obtidos para a eficiência de hedging para a semana de vencimento sugerem que os preços físicos das localizações, que participam ou não da construção do indicador, são altamente explicados por qualquer especificação (AR, IBG, PCL, IEMB, PCLPD e IEMBPD) de liquidação. Essa constatação pode estar relacionada às evidências obtidas por De Zen (1997), de que existe uma alta integração de preços entre as regiões analisadas, onde cada localização apresenta respostas rápidas a alterações em outras, além da não-existência de líderes no mercado. Esse autor infere também que alterações de preços podem ser causadas por fatores próprios de cada região e transmitidas às outras. Devido à elevada capacidade de autoprevisão e de prever os preços de outras regiões, além de figurar regiões importantes no tocante à produção e processamento, essas especificações, como sugerido por Barros et al. (1997), podem ser creditadas como possuindo um alto potencial de credibilidade e visibilidade.

### **3.2 Variância da base entre os preços físicos de cada região e as especificações alternativas de liquidação**

Procedendo-se a uma análise da Tabela 2, pode-se inferir que as variâncias das diferenças entre os preços das localizações e as especificações de liquidação apresentaram valores relativamente baixos. Contudo, algumas observações devem ser destacadas. Existem diferenciações relacionadas a aumentos ou diminuições na variância quando se comparam as demais especificações com a que rege, atualmente, os contratos de boi gordo comercializados na BM&F, o indicador do boi gordo (IBG).

As especificações que obtiveram melhores desempenhos quando comparadas ao IBG foram: PCL e IEMB para a região de Araçatuba (AR), onde são identificadas reduções na base em torno de 45%; na região de Presidente Prudente (PP), são observadas reduções significativas quando se utiliza as especificações AR (28,73%), PCL (70,72%) e IEMB (70,17%); e, na região de Bauru (BA) onde as reduções



ficaram ao redor de 33% para as especificações AR, PCLPD e IEMBPD, e 67% para PCL e IEMB. Por outro lado, os piores desempenhos comparativos ficaram por conta do PCLPD e IEMBPD para as regiões de Araçatuba (AR) e São José do Rio Preto (SJ), onde observam-se reduções ao se substituir essas especificações em favor do IBG, de 46,90% e 31,64%, respectivamente. Para as demais localizações, as alterações da variância da base quando avaliadas entre o IBG e as outras especificações não foram significativas. A análise da variância da base relacionada com as demais especificações de liquidação e o preço futuro (PF) apresentou uma redução quando comparada com a utilizada atualmente (IBG), que variou de 0,50% para a especificação AR até 2,69% para a PCL.

Tabela 2 – Variância da base entre o preço físico das regiões de estudo e as especificações de liquidação (AR, PCL, IEMB, IBG, PCLPD e IEMBPD) - semana do vencimento

	AR	PP	BA	SJ	CG	GO	TM	NP	DO	PF
AR	0,000	0,0129	0,0251	0,1941	0,5465	0,3805	0,2590	0,4641	0,3312	6,6298
PCL	0,0042	0,0053	0,0125	0,2055	0,5252	0,3685	0,2382	0,4254	0,3165	6,4841
IEMB	0,0041	0,0054	0,0124	0,2055	0,5245	0,3683	0,2385	0,4254	0,3165	6,4867
IBG	0,0077	0,0181	0,0382	0,2031	0,5410	0,3464	0,2334	0,4395	0,3084	6,6634
PCLPD	0,0145	0,0186	0,0257	0,2971	0,5473	0,3929	0,2586	0,4513	0,3484	6,5735
IEMBPD	0,0145	0,0186	0,0257	0,2971	0,5476	0,3929	0,2586	0,4514	0,3485	6,5738

Fonte: dados da pesquisa

Os resultados obtidos sugerem uma preocupação no sentido de se buscar a redução na variância da base entre as localizações analisadas e a especificação de liquidação corrente (IBG), e, conseqüentemente, melhorias na sua visibilidade e na sua representatividade. Essa preocupação relaciona-se à questão levantada por Barros *et al.* (1997) que ressalta a boa visibilidade e a representatividade do indicador como condições básicas na sua aceitação por parte do mercado para fins de liquidação dos contratos futuros.

A análise, considerando-se paralelamente as especificações IBG e Ar, indica que apesar da eficiência de ambas ser praticamente igual, o desempenho com relação à variância da base quando se utiliza o IBG é superior, apresentando uma menor variância e, portanto, sendo reputado com uma melhor visibilidade e representatividade. Ao se comparar as especificações PCL e IEMB com o IBG, pode-se constatar que a eficiência de hedging apresentou valores praticamente iguais. Contudo, referente à variância da base, as especificações PCL e IEMB obtiveram melhores resultados, evidenciando, portanto, que as especificações baseadas na probabilidade de entrega mais barata proporcionariam uma melhor visibilidade e representatividade frente ao mercado. A utilização das especificações PCL e IEMB reorganizadas através da definição de prêmios e descontos (PCLPD e IEMBPD) apresentou desempenho inferior às originais e ao IBG com relação à variância da base. Esse resultado não necessariamente descarta a sua possível utilização para fins de liquidação de contratos, sendo mister, contudo, o estudo de formas alternativas de prêmios e descontos que conduzam a uma melhor visibilidade e representatividade.

### **3.3 Resultados dos testes de hipóteses com J-Testes**

Os resultados dos testes *non-nested*, que identificam quais especificações de construção do indicador são menos rejeitadas em favor

das demais, são apresentados na Tabela 3. Por exemplo, na linha dois e coluna três é mostrado que a especificação de indicador ponderado pela probabilidade de localização mais barata (IEMB) não é rejeitada em favor da especificação corrente (IBG) em dois dos oito mercados testados. Isto não significa, contudo, que nos seis mercados remanescentes a especificação corrente é preferida à IEMB. Uma análise geral da Tabela 3 identifica a especificação IEMB com uma ligeira vantagem sobre as demais, uma vez que essa obtém nove não-rejeições em um total de 24 possíveis (oito localizações vezes três especificações), enquanto as especificações IBG, AR e IEMBPD não são rejeitadas em sete, oito e sete mercados, respectivamente.

As especificações PCL e PCLPD foram omitidas na análise de testes por não apresentarem diferenciações perceptíveis em relação às IEMB e IEMBPD, desse modo, o que vale para essas pode ser estendido àquelas.

Tabela 3 - Resultados dos testes de hipóteses para a *commodity* boi gordo - o número máximo de mercados onde pode-se não rejeitar a hipótese nula é oito

	IEMB	IBG	AR	IEMBPD
IEMB	-	2	4	3
IBG	2	-	2	3
AR	3	2	-	3
IEMBPD	1	3	3	-

Fonte: Dados da pesquisa

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ressaltaram que todas as especificações de construção dos indicadores analisados produzem um alto grau de eficiência quando comparadas às regiões participantes ou não do indicador. Essa performance justifica a inclusão de tais indicadores como detentores de um alto potencial de credibilidade e visibilidade.

Na análise da variância da base entre os preços físicos de cada região e as especificações de liquidação, constata-se que as especificações ponderadas pela probabilidade da localização mais barata apresentaram uma ligeira vantagem sobre as demais, incluindo-se o indicador atual (IBG).

Os testes realizados, com o intuito de identificação das especificações menos rejeitadas em favor das demais, apresentaram, no cômputo geral, ligeira vantagem ao indicador ponderado pela probabilidade da localização mais barata (IEMB).

Quando se analisa a eficiência de hedging, a teoria, geralmente, remete a uma analogia entre os preços físicos e futuros, contudo, este trabalho evidencia funções alternativas para medir a eficiência para contratos liquidados financeiramente, fazendo uma comparação entre os preços físicos locais e os indicadores. Essa metodologia não é compatível com a proposta de que existe uma convergência entre os preços físicos e futuros na data de liquidação dos contratos. Desse modo, este estudo avaliou o grau de precisão relativo a cada especificação de liquidação que pode ser utilizada para liquidar os contratos futuros da *commodity* boi gordo comercializados na BM&F.

A especificação baseada nos diferenciais de preços (prêmios/descontos), apesar de não apresentar resultados esperados, deve ser ressaltada. O comentário que se faz refere-se a um aprofundamento na discussão que conduza a prêmios/descontos que possibilitem uma maior visibilidade e previsibilidade do indicador, possibilitando, assim, sua incorporação no mecanismo de liquidação.

A partir das evidências obtidas através deste trabalho, deve-se ressaltar a necessidade de um maior número de estudos, por parte das instituições de pesquisa, relacionados ao desenvolvimento dos indicadores utilizados na liquidação dos contratos futuros.

## 5. Bibliografia

- BARROS, G.S de C.; MARQUES, P.V.; BACCHI, M.R.P.; CAFFAGNI, L.C. **Elaboração de indicadores de preços de soja: um estudo preliminar**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1997.
- BESSADA, O. **O mercado futuro e de opções**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Record, 1995. 297p.
- BOYLE, P. The quality option and timing in futures contracts. **Journal of Finance**, v.44, n.1, Mar. 1989.
- CHAHERLI, N.M.; HAUSER, R.J. Delivery systems versus cash settlement in corn and soybean futures contracts. **OFOR paper number 95-02**, Feb. 1995.
- COX, D.R. Further results on tests of separate families of hypotheses. **Journal of the Royal Statistical Society. Séries B**, v.24, n.2, p.406-424, Jan./Febr. 1962.
- DAVIDSON, R.; MACKINNON, J.G. Several tests for model selection in the presence of alternative hypotheses. **Econometrica**, v.49, n.3, p.781-793, May 1981.
- DE ZEN, S. Integração entre os mercados de boi gordo e de carne bovina no Centro-Sul do Brasil. Piracicaba, 1997. 81p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DOWNES, J.; GOODMAN, J.E. **Dicionário de termos financeiros e de investimento**. São Paulo: Nobel, 1993. 650p.
- EDERINGTON, L. The hedging performance of a new contract.

**Journal of Finance**, v.34, n.1, p.157-170, Febr. 1979.

GARBADE, K.D.; SILBER, W.L. Cash settlement of futures contracts: an economic analysis. **The Journal of Futures Markets**, v.3, n.4, p.451-472, 1983.

GODFREY, L.G.; PESARAN, M.H. Tests of non-nested regression models: small sample adjustments and Monte Carlo evidence. **Journal of Econometrics**, v.21, n.1, p.133-154, Jan. 1983.

HAUSER, R.J.; CHAHERLI, N.M.; THOMPSON, S.R. Cash settlement for corn and soybeans: a preliminary analysis. In: NCR-134 CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING AND MARKET RISK MANAGEMENT. 1992.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. São Paulo: Cultura, 1991. 410p.

JOHNSON, H. Options on the maximum or the minimum of several assets. **Journal of Financial Quantitative Analysis**, v.22, n.3, p.227-283, Sep. 1987.

JONES, F.J. The economics of futures and options contracts based on cash settlement. **The Journal of Futures Markets**, v.2, n.1, p.63-82, Febr. 1982.

KAHL, K.H.; HUDSON, M.A.; WARD, C.E. Cash settlement issues for live cattle futures contracts. **The Journal of Futures Markets**, v.9, n.3, p.237-248, May 1989.

MARGRABE, W. The value of an option to exchange one asset for another. **Journal of Financial**, v.33, n.1, p.177-186, Mar. 1978.

PESARAN, M.H. On the general problem of model selection. **Review of Economic Studies**, v.41, n.2, p.153-171, April 1974.

PESARAN, M.H.; DEATON, A.S. Testing non-nested nonlinear regression models. **Econometrica**, v.46, n.3, p.677-694, May 1978.

RENCHER, A.C. **Methods of multivariate analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 627p.

RICH, D.R.; LEUTHOLD, R.M. Feeder cattle cash settlement: hedging risk reduction or illusion?. **The Journal of Futures Markets**, v.13, n.5, p.497-514, 1993.

STULZ, R.M. Options on the minimum or the maximum of two risky assets. **Journal of Financial Economics**, v.10, n.1, p.161-185, March 1982.