

## **Estatística como ferramenta para mitigar o risco de preço sobre o hedge de boi gordo** **Statistic as a tool to mitigate the price risk on the live cattle hedge**

Thales de Lima Silva<sup>1\*</sup>; Ana Flávia Gouveia de Faria<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – Bacharel em Medicina Veterinária - Rua do Rosário, 1081 - Angola - CEP 32604-115 - Betim (MG), Brasil

<sup>2</sup> PECEGE – Doutora em Ciência Animal e Pastagens - Av. Pádua Dias, 11 - Cx. Postal 9 - CEP 13418-445 - Piracicaba (SP), Brasil

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho foi demonstrar a utilização da estatística como ferramenta para minimizar o risco em operações de *hedge* de boi gordo, tendo como base a série histórica de preços na cidade de Itapetinga no estado da Bahia. Os preços no mercado futuro foram obtidos junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA] Esalq/USP. Os preços do mercado físico foram levantados junto a Secretária da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura [SEAGRI-BA]. Foi calculada a correlação entre os preços nos mercados físico e futuro com o objetivo de saber o quanto a variação de um acompanha a variação do outro. Foram calculadas as bases para todos os dias do período de tempo em análise, em seguida foram encontrados a média e o desvio padrão da base. Encontrado o risco de base das operações de *hedge*, tendo como referência a tabela da distribuição normal-padrão, foram simulados contratos de compra e venda diariamente no período de um ano, utilizando o conceito de custo de base para determinar o preço objetivo, aumentando a segurança nas operações. Sugeriu-se na prática encerrar algumas posições e assumir outras à medida que o mercado se movimenta a favor ou contra a posição do *hedge*. Desta forma, estratégias *hedge* em mercados futuros se mostram como excelentes opções para se precaver contra a variação de preços de boi gordo.

**Palavras-chave:** base, boi gordo, hedge, Itapetinga

### **Abstract**

*The aim of this work was to demonstrate the use of statistics as a tool to minimize risks on live cattle hedge operations, based on the historical series of prices in Itapetinga city in Bahia. CEPEA - ESALQ / USP and SEAGRI-BA were references for prices in the futures market and physical market respectively. The correlation between physical and future market prices was calculated with the aim of knowing how the variation of one influences the other. These were calculated on the basis for all the analysed period, then, having found the average basis and standard deviation, the basis of hedge transactions was found, having the normal standard distribution table as a reference. The base cost concept to set objective price, increasing the safety in the operations, was the simulated purchase and sale contracts every day for one year. It was suggested in practice to close some positions and take others as far as the market allows, in favor or against the hedge position. Thus, hedging strategies in future market appear as excellent options to guard against fluctuations in live cattle price.*

**Keywords:** hedge, live cattle, basis, Itapetinga

### **Introdução**

O risco é um elemento inerente aos negócios. Integrantes das cadeias do agronegócio enfrentam riscos de produção e de preços, que causam instabilidade à

---

\* Autor correspondente <medvet21@gmail.com>

Enviado: 13 nov. 2015

Aprovado: 06 fev. 2016

própria atividade e também em todos os demais membros da cadeia de produção da qual participam (Marques et al., 2006).

A análise de riscos busca determinar eventos de relevância passíveis de acontecimentos assim como calcular a probabilidade de que estes eventos ocorram e mensurar o impacto desses no resultado. Tendo em vista que o resultado, ou faturamento, é igual à quantidade produzida multiplicada pelo preço, numa análise de risco é preciso separar o risco atrelado à quantidade, denominado risco de produção, e o risco atrelado ao preço, chamado de risco de preço.

O risco de produção é apontado como um dos principais responsáveis pelas variações e quebras de safras na agricultura, devido à dificuldade em prever, na época do plantio, o que irá ocorrer até a colheita. O risco de preço, também conhecido como risco de mercado, provém de alterações nos preços e nas relações de preços entre o momento em que a decisão de produzir é tomada e o período em que a venda da produção será realizada. Teoricamente a maneira mais simples de se proteger contra o risco de produção seria o seguro, quanto ao risco de preço uma opção seriam as operações de *hedge*<sup>2</sup>, ou seja, a compra e venda de contratos futuros em bolsas de mercadorias e futuros com o objetivo de travar o preço do produto.

As operações de *hedge* não eliminam o risco, permanece o risco de base, que influencia diretamente no resultado. Conceitualmente, a base é a diferença entre o preço de determinada *commodity*<sup>3</sup> na região onde se está negociando, ou onde se produz, e o preço da mesma no mercado futuro. A base varia ao longo do tempo de acordo com oferta e demanda local, condições de transporte, impostos, etc. Assim, o risco de base é a incerteza sobre a base em determinado período futuro.

De acordo com o Futures Industry Institute (1998), mesmo havendo risco de base, este é mais previsível que flutuações de preços da maioria das *commodities*. O desvio padrão, medida estatística para o risco, encontrado numa série histórica da base tende a ser menor que o desvio padrão da mesma série histórica para o preço físico ou futuro de um determinado ativo. Assim, para Marques et al. (2006) os *hedgers* preferem eliminar o risco de preço e reter o de base que é relativamente menor. Ainda segundo o Futures Industry Institute (1998), sem o conhecimento da base não é possível determinar, com precisão, o preço que se deseja fazer o *hedge*, pois o preço objetivo

---

<sup>2</sup> Hedge: do verbo inglês “*to hedge*”, significa cercar. O *hedger* é aquele que quer fazer gestão de risco e procura proteção. Uma transação no mercado futuro é de *hedge* se for antecedida ou seguida por uma operação com a mesma *commodity* no mercado físico.

<sup>3</sup> Commodity: do inglês, significa mercadoria. *Commodities* são produtos padronizados, pouco perecíveis, com mercado razoavelmente grande e negociados em bolsas de valores internacionais onde o preço reflete uma condição de oferta *versus* demanda.

para o *hedger* deve ser igual ao preço futuro adicionado ao custo da base. Portanto, para aqueles que desejam operar mercados futuros como alternativa para mitigar risco e diminuir o impacto das mudanças adversas do nível de preços, o conhecimento da base é imprescindível.

No mercado futuro as operações de *hedge* são feitas através de contratos futuros onde são estabelecidos uma determinada quantidade de um ativo padronizado, por um preço combinado, para liquidação numa data futura ou antes dela. Este acordo é mediado e garantido pela bolsa de mercadorias e futuros e suas regras, de forma que exista garantia de pagamento e recebimentos dos contratos negociados.

No Brasil, a Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros [BM&FBOVESPA] é a única instituição onde é feita a negociação de contratos futuros, tendo como contratos de *commodities* agrícolas disponíveis para negociação o açúcar, boi gordo, café arábica, etanol, milho e soja. A BM&FBOVESPA (2015), através do Relatório Mensal de *Commodities*, informou que entre janeiro e março de 2015 foram negociados 376.558 contratos futuros no segmento agropecuário e energia. O volume financeiro foi de aproximadamente US\$ 3.8 bilhões. Entretanto, Marques et al. (2006) afirma que o volume das *commodities* agrícolas negociados na BM&F ainda é pequeno diante da enorme importância do agronegócio para o Brasil.

Ainda de acordo com a BM&FBOVESPA (2015), entre janeiro e março de 2015, o contrato futuro de boi gordo foi o segundo em número de contratos negociados (29%) e o maior em volume financeiro (47,8%) dentre as *commodities* agrícolas. Devido a esta alta liquidez, o contrato futuro de boi gordo da BM&FBOVESPA é uma das alternativas mais atrativas e seguras do *hedger* brasileiro se precaver contra o risco de preço inerente à *commodity* boi gordo.

Para que o *hedge* seja viável é imprescindível que o preço na cidade, mercado físico, tenha uma alta correlação com o preço dos contratos futuros da bolsa em que se deseja operar. Dessa forma, a partir do levantamento da série histórica de preços, é possível mensurar por meio de medidas estatísticas o risco de base e utilizar essas informações como auxílio no processo de tomada de decisão.

Marques et al. (2006) explica que existem modelos matemáticos para determinar o nível ótimo de *hedge* em função da variabilidade do mercado, nível de risco, mas na prática deve-se: Fazer a melhor análise possível sobre a expectativa do mercado quanto à subida ou descida de preço; Fazer *hedge* apenas daquela porção da mercadoria que precisa para garantir compromissos assumidos. Este volume poderá ser maior ou menor

em função do resultado da análise de mercado; Conseguir um preço médio bom e não tentar acertar na mosca do “melhor” preço.

O objetivo com este trabalho foi demonstrar a utilização da estatística como ferramenta para minimizar o risco em operações de *hedge* de boi gordo, a partir da série histórica de preços, tendo como base a cidade de Itapetinga no estado da Bahia.

## Material e Métodos

De acordo com dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento [MAPA] (2015a), em 2014 foram abatidos 525.540 bovinos em estabelecimentos com Serviço de Inspeção Federal [S.I.F.] no estado da Bahia. O estado conta com 8 matadouros frigoríficos de bovinos com S.I.F. (MAPA, 2015b). Entretanto, apenas um destes estabelecimentos, localizado no município de Itapetinga, está vinculado à Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne [ABIEC] (2015).

A Pesquisa Pecuária Municipal realizada no ano de 2013 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], aponta a cidade de Itapetinga com o 4º maior efetivo de rebanho bovino do estado da Bahia com 158.000 animais. Ainda segundo o IBGE (2015), oito municípios compõem a microrregião de Itapetinga e juntos perfazem um rebanho efetivo total de 841.873 animais, sendo a 3ª microrregião com maior número de bovinos da Bahia. Geograficamente, a cidade está localizada na região centro-sul do estado entre as microrregiões de Porto Seguro, Ilhéus-Itabuna e Vitória da Conquista, 1ª, 2ª e 5ª respectivamente em número de efetivo rebanho bovino (Figura 1).

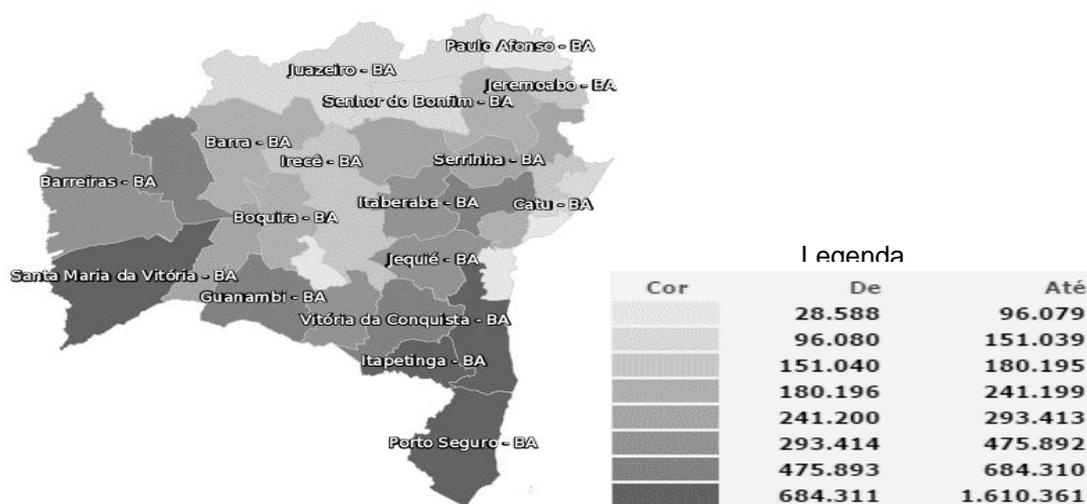


Figura 1. Efetivo dos rebanhos (cabeças) bovinos por microrregião geográfica no estado da Bahia no ano de 2013

Fonte: IBGE, 2015

Esta concentração do rebanho, aliada ao número reduzido de unidades frigoríficas com S.I.F. no estado, faz com que a cidade de Itapetinga seja uma das mais importantes praças para formação e tomada de preços do mercado físico de boi da Bahia.

#### *Levantamento do Banco de Dados*

O estudo utilizou a série histórica de preços do mercado de boi gordo entre 02 de janeiro de 2012 e 05 de janeiro de 2015. Os preços no mercado futuro foram obtidos junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo [CEPEA - Esalq/USP] (2015). Os preços diários no mercado físico de boi gordo em Itapetinga foram levantados junto a Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura do Estado da Bahia [SEAGRI-BA] (2015).

Observou-se no levantamento que em algumas datas existia a informação de preço para o mercado futuro e não para o mercado físico, em outras datas aconteceu o inverso. Isso ocorre em função de feriados municipais ou estaduais, quando não há pregão na BM&FBOVESPA ou levantamento do preço da arroba em Itapetinga. Foram descartadas do banco de dados registros de datas que possuíam informação apenas de um tipo de mercado, físico ou futuro. Em termos absolutos estes registros somam 33 dias (<5%) e não representam alterações significativas para a análise dos dados.

#### *Cálculo do Coeficiente de Correlação Linear de Pearson ( $r_{x,y}$ )*

Após o levantamento da série de preços histórica a partir de fontes de dados confiáveis, foi feito um estudo da correlação entre os preços no mercado físico e no mercado futuro com o objetivo de saber se a variação de um deles acompanha a variação do outro.

Quanto maior for a correlação, maior será a redução do risco, e também, mais efetivo é o *hedge*, da mesma forma, a medida de efetividade é apropriada quando a minimização do risco ou a proteção contra a incerteza de oscilações de preços é o objetivo fundamental do *hedge* (Oliveira Neto; Figueiredo, 2008). O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r_{x,y}$ ) mede o sentido e a relação linear entre duas variáveis, sendo calculado pela covariância entre X e Y dividida pelo produto dos desvios padrão de X e Y, conforme a equação 1.

$$\text{Correl} (X, Y) = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (1)$$

O coeficiente de correlação de Pearson satisfaz a condição  $-1 \leq r_{x,y} \leq 1$ , onde a interpretação é se  $r_{x,y} = -1$ , a relação linear entre X e Y é perfeita e inversa; Se  $r_{x,y} = 0$ , não existe associação entre X e Y; Se  $r_{x,y} = 1$ , a relação linear entre X e Y é perfeita e positiva.

Para a realização de operações de *hedge* é desejável que a correlação entre as variáveis X e Y, que representam os preços diários dos mercados físico e futuro, seja o mais próximo possível de 1.

### Cálculo da Base

A base é definida então como a diferença entre o preço no mercado físico [ $P_{fis}$ ] e o preço no mercado futuro [ $P_{fut}$ ] no ponto de entrega para um determinado mês de vencimento (Marques et al., 2006). Esta diferença de preços para um determinado ativo pode ser explicada por custos como frete, impostos, barreiras sanitárias, excesso ou falta de produto na região, tipo e qualidade do produto, etc.

Após conhecer a correlação entre os mercados físico e futuro estudados foram calculadas as bases para todos os registros, dias, do período de tempo em análise através da equação 2.

$$\text{Base} = P_{fis} - P_{fut} \quad (2)$$

Para Hull (2008), a variação da base ao longo do tempo determina o *risco de base* pode ser expresso através da equação.

$$\begin{aligned} b_1 &= S_1 - F_1 \\ b_2 &= S_2 - F_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Onde,  $S_1$ : preço à vista no instante  $t_1$ ;  $S_2$ : preço à vista no instante  $t_2$ ;  $F_1$ : preço futuro no instante  $t_1$ ;  $F_2$ : preço futuro no instante  $t_2$ ;  $b_1$ : base no instante  $t_1$ ;  $b_2$ : base no instante  $t_2$ .

Ainda segundo Hull (2008), considerando um *hedge* iniciado no instante  $t_1$  (compra ou venda de um contrato) e encerrado no instante  $t_2$  (realização da operação inversa), no instante  $t_2$  o *hedger* terá recebido conforme equação 4.

$$S_2 + (F_1 - F_2) = F_1 + b_2 \quad (4)$$

Dessa forma, Marques et al. (2006) concluiu que no final de uma operação em mercados futuros, o *hedger* recebe a soma entre o preço futuro no início do contrato e a base no instante de encerramento do contrato. Porém, o autor lembra que no início do contrato  $b_2$  não é conhecido. Assim, a incerteza do *hedger* está exatamente associado a este valor, o qual é denominado risco de base.

Hull (2008) ressalta que se a base não sofrer variação entre a data de abertura e a data de vencimento do contrato futuro o vendedor ou comprador do contrato elimina todo seu risco, conseguindo obter exatamente o preço que tinha planejado. Assim, se a base ao final da operação ( $b_2$ ) for exatamente igual à base prevista no início da operação ( $b_1$ ) tem-se o chamado “*hedge* perfeito” onde o resultado obtido ao final é exatamente igual ao esperado no início da operação. Segundo Hull (2008), o *hedge* quase nunca é perfeito, e isto acontece devido aos seguintes motivos: O ativo a partir do qual é feito o *hedge* poderá ter diferenças com os especificados no contrato futuro; Não se sabe com antecedência a data exata em que o ativo será comprado ou vendido no mercado físico; Devido a alguma estratégia o contrato futuro poderá ser encerrado antes mesmo da data de vencimento.

#### *Cálculo da Média ( $\mu$ ) e Desvio Padrão ( $\sigma$ )*

Devido ao fato da base não ser um valor constante e sim uma média, ela deve ser analisada juntamente com o desvio-padrão (Marques et al., 2006).

Pelo método de Fontes et al. (2005), após encontrar o valor da base em cada um dos dias esses foram agrupados e calculada a média aritmética através da equação 5.

$$b_{Média} = \frac{1}{n} \sum_n^1 bt \quad (5)$$

Onde,  $b_{Média}$ : valor da base média;  $bt$ : valor da base no período  $t$  ou no dia;  $n$ : número de registros ou dias encontrados na amostra.

Ainda pelo método de Fontes et al. (2005), o risco de base foi quantificado pelo valor do desvio-padrão das bases encontradas, representado pela equação 6.

$$Rb = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sum bt - b_{Média})^2} \quad (6)$$

Onde,  $Rb$ : valor do risco de base;  $b_{Média}$ : valor da base média;  $bt$ : valor da base no período  $t$  ou no dia;  $n$ : igual ao número de registros ou dias encontradas na amostra.

Também foram calculadas a média ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) para as séries de preços físico e futuro afim de comparar as flutuações de preços com o risco de base.

#### *Análise de Risco Através da Noção de Distribuição Normal*

Supondo que, neste estudo, a frequência com que variam os valores da base sigam uma curva de distribuição normal, foi construída a função densidade para esses valores. De acordo com Walpole et al. (2011), se uma variável aleatória  $X$  tem distribuição normal com média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma$ , sua distribuição de probabilidade é dada pela equação 7.

$$f(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2}, \quad -\infty < x < \infty \quad (7)$$

Para calcular o risco de base nas operações de *hedge* foi necessário transformar o valor da base ( $X$ ) na variável  $Z$ , afim de se obter uma distribuição normal padrão ou reduzida, quando  $\mu = 0$  e  $\sigma = 1$ . Sendo que  $X \sim N(\mu, \sigma)$  Walpole et al. (2011) determina o valor da variável  $Z$  através da equação 8.

$$Z = \frac{X-\mu}{\sigma} \quad (8)$$

Após calcular o valor de  $Z$  foi possível encontrar o risco de base das operações de *hedge* tendo como referência a tabela da distribuição normal-padrão apresentada por Walpole et al. (2011).

#### *Comportamento da Base e o Custo de Base*

A base enfraquece quando se torna mais negativa e que fortalece quando se torna mais positiva (Marques et al., 2006). O efeito da variação do comportamento base influencia o resultado da operação de *hedge* (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado da base sobre a operação de *hedge*

<i>Hedge</i>	Base Fortalece	Base Enfraquece
Venda	Bom	Ruim
Compra	Ruim	Bom

Fonte: Marques et al. (2006)

A oscilação na base do início para o final do contrato afeta de maneira inversa o lado comprador e o lado vendedor do contrato (Marques et al., 2006). O *hedger* que assume uma posição vendido, comprando um contrato futuro de venda, joga com a possibilidade de fortalecimento da base dentro do seu planejamento. Já o *hedger* que

assume uma posição comprado, comprando um contrato futuro de compra, joga com a possibilidade de enfraquecimento da base dentro do seu planejamento.

Ao iniciar-se um contrato futuro, deve-se considerar que há um risco de base que pode ser favorável ou não, dependendo da posição que o *hedger* encontra-se (comprado ou vendido) (Marques et al., 2006). Para aumentar a segurança na operação precavendo-se contra possíveis variações da base dentro do intervalo de variação normal, foi utilizada a noção de Custo de Base ( $C_b$ ), calculado conforme equação 9.

$$C_b = b_{Média} \pm (x \cdot R_b) \quad (9)$$

Onde,  $C_b$ : o custo de base;  $b_{Média}$ : base média ou base histórica;  $R_b$ : desvio padrão, também conhecido como risco de base;  $x$ : índice pelo qual se deseja multiplicar o desvio padrão. Para o *hedge* de venda o  $C_b$  deve subtrair e para o *hedge* de compra o  $C_b$  deve realizar a operação de soma entre os parâmetros descritos na equação 9.

O objetivo do uso do  $C_b$  é aumentar a probabilidade da base se deslocar numa direção favorável ao *hedger*. Este conceito se fundamenta numa característica da curva de distribuição normal. Walpole et al. (2011) mostra que, de acordo com o Teorema de Chebyshev, a probabilidade de um valor qualquer de  $X$  ocorrer no intervalo entre  $\mu - \sigma$  e  $\mu + \sigma$  é de aproximadamente 68%, quando observado o intervalo entre  $\mu - 2\sigma$  e  $\mu + 2\sigma$  a probabilidade de ocorrência de um valor qualquer de  $X$  aumenta para aproximadamente 95%, por fim, a probabilidade de um valor de  $X$  ocorrer entre  $\mu - 3\sigma$  e  $\mu + 3\sigma$  é de aproximadamente 100%.

### Simulações

A fim de verificar a eficácia do método proposto foram feitas simulações de operações de *hedge* de compra e venda de boi gordo tendo como referência a série de preços futuros da BM&FBOVESPA. De acordo com Burgi (2011), o período mínimo utilizado como referência entre o início e o encerramento das operações foi de 80 dias, em função deste ser o tempo médio de permanência de um lote padrão de bovinos machos num sistema de confinamento. Assim, num cenário ideal, espera-se que o *hedge* seja contratado na data de entrada dos animais no confinamento e o encerramento da operação no momento em que os animais forem para o abate.

Foram simulados contratos de compra e venda diariamente no período de um ano, entre 17 outubro de 2013 e 17 outubro de 2014, de modo que o último contrato simulado fosse encerrado na última data de tomada de preços disponível na base de

dados, 05 de janeiro de 2015, respeitando o período mínimo de 80 dias para a operação. Nas operações onde o encerramento do contrato, decorridos 80 dias, se deu numa data onde não há informações de preços, os contratos foram encerrados tendo como referência o preço do primeiro pregão após esta data.

O preço objetivo ( $P_{obj}$ ) das operações foi calculado pela soma do preço futuro na data de início do contrato mais o  $C_b$ . O  $P_{obj}$  pode ser entendido como o preço mínimo aceitável num *hedge* de venda, ou o preço máximo aceitável num *hedge* de compra, assim determina a viabilidade ou não da operação de *hedge* e deve cobrir todos os custos além de satisfazer a expectativa de lucro do *hedger*.

As bases nas datas de vencimento dos contratos foram calculadas, conforme a equação (1), para saber se houve fortalecimento ou enfraquecimento no período do contrato e para encontrar o resultado das operações.

O ajuste diário é o mecanismo de compensação das diferenças de posições na bolsa de mercadorias e futuros. Na prática esse ajuste acontece todos os dias e quando a cotação da *commodity* cai, quem assumiu um contrato de venda (posição vendido) recebe o valor do ajuste, e quem comprou paga. Quando a cotação da *commodity* sobe ocorre o inverso. Nas operações simuladas neste estudo o ajuste foi encontrado diretamente através da diferença entre o preço futuro no vencimento e o preço futuro no início da operação.

Os resultados das operações simuladas foram comparados com o  $P_{obj}$  e com o preço físico na data de vencimento afim de mensurar a eficácia da operação de *hedge* na redução do risco de preço e eventualmente na melhoria nos resultados esperados. Foram propostos quatro cenários distintos (Tabela 2) para classificar o resultado das operações. O cenário onde cada resultado se enquadra foi determinado a partir de duas condições objetivas a saber:

- a. O valor do resultado foi melhor que o  $P_{fis}$  na data de vencimento.
- b. O valor do resultado foi melhor que o  $P_{obj}$ .

Tabela 2. Cenários de classificação dos resultados das operações de *hedge*

Condição		Cenário
a.	b.	
Sim	Sim	A opção pelo <i>hedge</i> foi superior à negociação direta na data de vencimento e o resultado superou a expectativa do <i>hedger</i> .
Sim	Não	A estratégia de <i>hedge</i> foi melhor que a negociação direta na data de vencimento mas o resultado foi abaixo da expectativa do <i>hedger</i> .
Não	Sim	A estratégia de <i>hedge</i> foi pior que a negociação direta na data de vencimento mas o resultado superou a expectativa do <i>hedger</i> .
Não	Não	A estratégia de <i>hedge</i> foi pior que a negociação direta na data de vencimento e o resultado foi abaixo da expectativa do <i>hedger</i> .

Por último foi calculada a diferença entre o resultado das operações de *hedge* de compra e venda e o  $P_{obj}$ , a fim de determinar o quanto que o resultado foi melhor ou pior que o esperado no início da operação. Foi retirada a média desses valores para comparar em termos gerais qual posição, comprado ou vendido, foi melhor durante o período das simulações.

### Resultados e Discussão

O número de contratos de compra simulados foi de 237, mesmo número de contratos de venda, uma vez que foram analisadas ambas as posições, comprado e vendido, para a mesma data. Apesar do resultado ser o mesmo para ambas as posições, constatou-se que houve diferença na eficácia das operações de *hedge* em reduzir o risco de preço, bem como em relação à expectativa atrelada ao  $P_{obj}$ . A Tabela 3 resume os resultados das simulações em termos absolutos e percentuais, por posição, de acordo com a classificação dos cenários propostos.

Tabela 3. Classificação dos resultados das simulações de acordo com os cenários propostos

<i>Hedge</i>	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%
Compra	163	69	51	21	23	10	0	0
Venda	15	7	105	44	36	15	81	34

Vale ressaltar que apenas as operações em que o resultado foi classificado no cenário 4 não apresentaram nenhum tipo de vantagem para o *hedger*, pois por mais que se tente mitigar o risco, nem sempre o resultado do *hedge* será positivo. Marques et al. (2006) lembra que na prática deve-se encerrar algumas posições e assumir outras à medida que o mercado se movimenta favorável ou contrário.

As médias extraídas dos riscos de base encontrados para as operações de *hedge* de boi gordo simuladas entre 17 de outubro de 2013 e 17 de outubro de 2014 foram de 78% para *hedge* de compra e 22% para *hedge* de venda. Estes valores indicam que no período analisado o *hedge* de compra apresentou em média um risco da base variar num sentido desfavorável aproximadamente três vezes maior que o *hedge* de venda.

Confirmando a expectativa gerada a partir do cálculo do risco médio, a base se fortaleceu (140 vezes) mais do que enfraqueceu (97 vezes) durante o período das simulações (Figura 2).

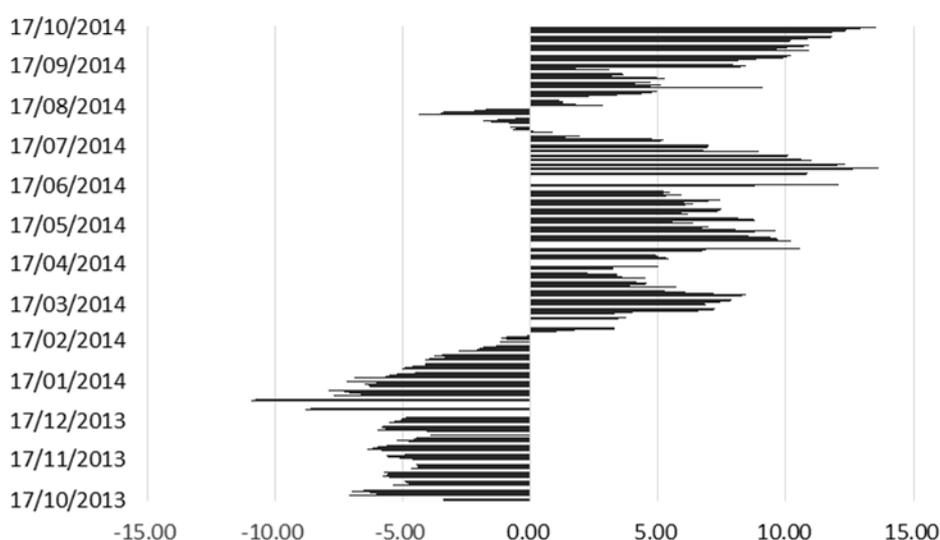


Figura 2. Direção e intensidade do movimento da base nas operações simuladas entre 17 de outubro de 2013 e 17 de outubro de 2014

Os períodos em que houve fortalecimento da base estão à direita do centro gráfico e os períodos em que houve o enfraquecimento da base estão à esquerda. Além de ter sido maior, também foi possível dizer que o movimento de fortalecimento da base foi mais intenso que o movimento de enfraquecimento, atingindo valores mais distantes do centro do gráfico no período analisado.

A média dos ajustes diários calculados nas operações de *hedge* simuladas foi de 7,07 e -7,07 para as posições comprado e vendido respectivamente, lembrando que uma parte recebe o valor que a outra paga dependendo da variação do preço futuro no período. Contrariando o movimento da base estes números indicam uma vantagem do *hedge* de compra em relação ao *hedge* de venda. A diferença média entre resultado e o  $P_{obj}$  foi positiva em 13,18 para o lado comprado e 2,55 para o lado vendido, o que também indica uma vantagem do *hedge* de compra em relação ao *hedge* de venda durante o período simulado.

A Tabela 4 apresenta a base média histórica e o desvio padrão encontrados para o período em análise através das equações (2) e (3) respectivamente, assim como a média ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) das séries de preços físico e futuro.

Tabela 4. Média e desvio padrão da base,  $P_{fis}$  e  $P_{fut}$  entre 02 de janeiro de 2012 e 05 de janeiro de 2015

Indicadores Estatísticos	$P_{fis}$	$P_{fut}$	Base
Média ( $\mu$ )	101,92	107,86	-5,94
Desvio Padrão ( $\sigma$ )	12,77	14,78	7,87

O desvio padrão encontrado na série histórica da base foi consideravelmente menor que os desvios padrão para os preços físico e futuro, confirmando que o risco de base é mais previsível que as flutuações de preços.

A variação da base no período estudado está representada na Figura 3. As linhas correspondem aos valores da base média e dos desvios padrão.

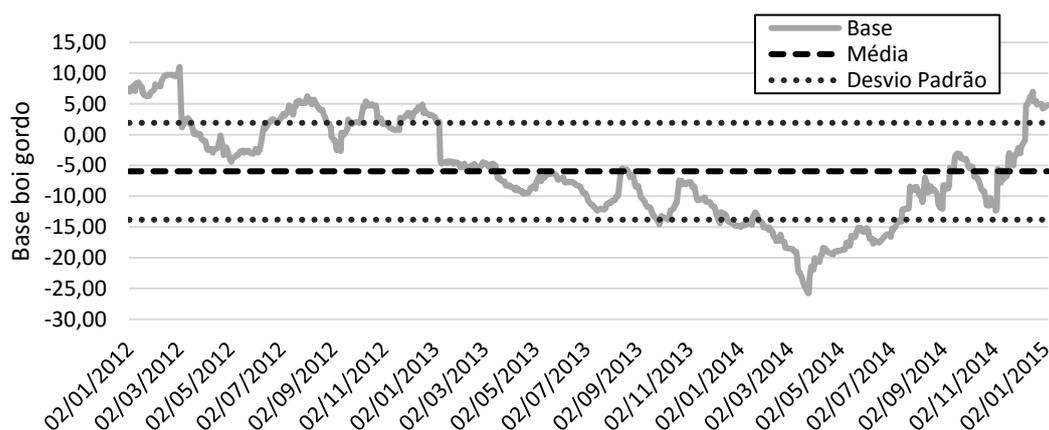


Figura 3. Base de boi gordo em Itapetinga – BA no período entre 02 de janeiro de 2012 e 05 de janeiro de 2015

O valor de desvio padrão calculado com a base média adicionado de uma vez foi de 1,93, já o desvio padrão calculado com a base média subtraído de uma vez apresentou valor de -13,81. Estes valores representam o custo de base utilizado para calcular o  $P_{obj}$  nas simulações de *hedge* de compra e de venda respectivamente.

Entre 02 de janeiro de 2012 e 05 de janeiro de 2015 a base esteve acima do custo de base de compra em 162 dias e em outros 126 dias a base esteve abaixo do custo de base de venda. A soma destes registros em que a base apresentou uma variação relevante em relação à média representa aproximadamente 40% do total de dias analisados, 717 dias, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Eventos relevantes para a tomada de decisão de *hedge*

	Quantidade de dias	Porcentagem
Base > $B_{média} + 1\sigma$	162	23
Base < $B_{média} - 1\sigma$	126	18
Total	288	41

Do ponto de vista da análise de risco de *hedge* de boi gordo a Tabela 5 indica a variabilidade considerável da base na cidade de Itapetinga – BA entre 02 de janeiro de 2012 e 05 de janeiro de 2015. Esta informação é de grande importância para os *hedgers* pois indica a ocorrência de momentos de grande risco ou boas oportunidades a depender da posição que se deseja assumir, comprado ou vendido.

O banco de dados utilizado na realização deste estudo, obtido por meio do indicador ESALQ/BM&FBOVESPA junto ao CEPEA, para o mercado futuro, e em Itapetinga – BA junto à SEAGRI – BA, para o mercado físico, no período entre 02 de janeiro de 2012 e 05 de janeiro de 2015 está representado na Figura 4.

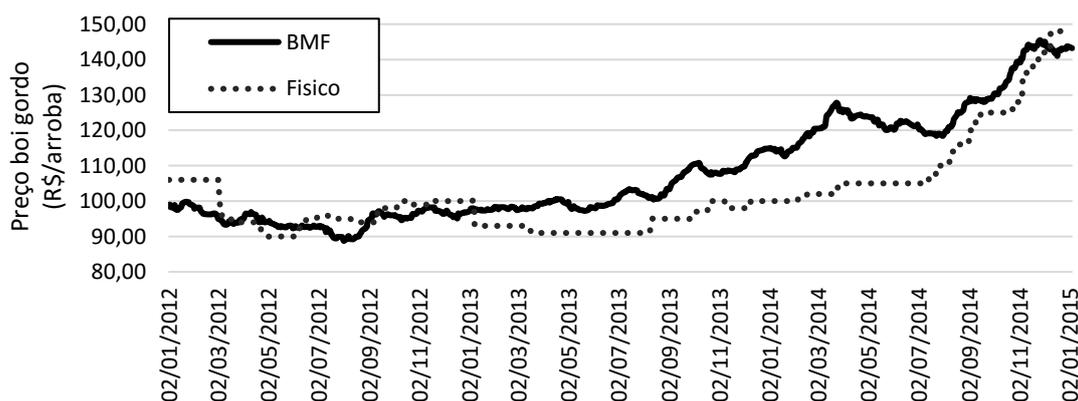


Figura 4. Série de preços da arroba do boi gordo na BM&F e em Itapetinga – BA no período entre 02 de janeiro 2012 e 05 de janeiro 2015

A correlação entre os preços colhidos na BM&FBOVESPA e os preços obtidos junto à SEAGRI – BA, calculada através da equação (1) foi de 0,85. Este valor de correlação é considerado alto e justifica a utilização da BM&FBOVESPA como bolsa de referência para a realização de *hedge* de boi gordo na praça e Itapetinga – BA.

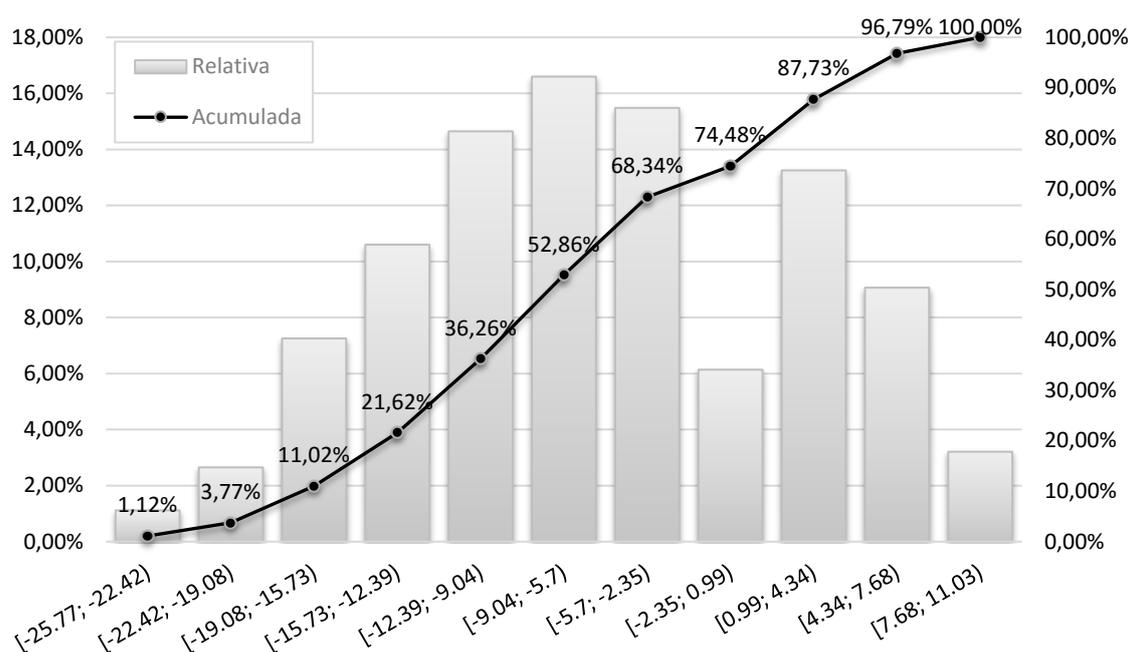


Figura 5. Frequências relativa e acumulada de intervalos para os valores da base em Itapetinga – BA no período entre 02 de janeiro de 2012 e 05 de janeiro de 2015

Na Figura 5 a frequência relativa com que um determinado intervalo de valores da base ocorre está representada pelas colunas e a frequência acumulada está representada pela linha. Foi possível observar a semelhança entre a frequência com que os valores da base ocorrem e uma curva de distribuição normal. Isto justifica a forma com que os dados foram tratados ao longo deste estudo.

## Conclusão

O risco de mercado do boi gordo está associado ao preço do ativo. A partir da percepção de que os preços estão normalmente distribuídos ao longo do tempo, este tipo de risco pôde ser tratado de forma estatística ao se analisar uma série histórica de cotações.

O uso do conceito de custo de base na determinação do preço objetivo do *hedge* mostrou-se efetivo em mitigar o risco de base. A estratégia de compra ou venda no mercado futuro com o objetivo de travar preço teve resultados superiores à negociação única e consequente absorção do risco de flutuação de preços. As operações de *hedge* se mostram como excelentes opções para aqueles que desejam se precaver contra a variação de preços da *commodity* boi gordo.

Entretanto, deve-se ter em mente que quanto maior o desvio padrão, maior o risco de mercado do produto.

Assim como em todas as outras etapas da cadeia produtiva, a negociação da arroba do boi gordo necessita do acompanhamento e da orientação de profissionais especializados.

## Referências

- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne [ABIEC]. 2015. Associados. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/mapadasplantas.asp>>. Acesso em: 09 abr. 2015.
- Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros [BM&FBOVESPA]. 2015. Relatório Mensal de Commodities da BM&FBOVESPA Mar-15. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/mercados/download/Relatorios-AgropecuariosMensal-VersaoNova.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2015.
- Burgi, R. 2011. Viabilidade Econômica do Confinamento. In: 26º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 2011, Piracicaba. Anais do 26º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. p. 51-69.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA]. 2015. Indicador Boi ESALQ/BM&FBovespa. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/boi/#>>. Acesso em: 15 fev. 2015.
- Fontes, R.E.; Castro Junior, L.G.; Azevedo, A.F. 2005. Estratégia de Comercialização em Mercados Derivativos - Descobrimto de Base e Risco de Base da Cafeicultura em Diversas Localidades de Minas Gerais e São Paulo. Ciência e Agrotecnologia. 29(2): 382-389.
- Futures Industry Institute. 1998. Curso de Futuros e Opções. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros / Cultura Editores Associados. 258p.
- Hull, J.C. 2008. Options, futures and other derivatives. New Jersey: Pearson Prentice Hall. 814 p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2015. Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 09 abr. 2015.
- Marques, P.V.; Mello, P.C.; Martines Filho, J.G. 2006. Mercados Futuros e de Opções Agropecuárias. Piracicaba: Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq/USP, Série Didática nº D-129.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA]. 2015a. Quantidade de Abate Estadual por Ano/Espécie. Disponível em: <[http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif\\_cons/lap\\_abate\\_estaduais\\_cons?p\\_select=SIM](http://sigsif.agricultura.gov.br/sigsif_cons/lap_abate_estaduais_cons?p_select=SIM)>. Acesso em: 09 abr. 2015.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento [MAPA]. 2015b. Relação de Estabelecimentos. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/frigorificos>>. Acesso em: 09 abr. 2015.

Oliveira Neto, O.J.; Figueiredo, R.S. 2008. Análise das Operações de Hedge do Boi Gordo no Mercado Futuro da Bm&F para o Estado de Goiás. *Revista Gestão e Planejamento*. 9 (1), 77-93.

Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura do Estado da Bahia [SEAGRI-BA]. 2015. Cotação Agrícola. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/content/cotacao-seagri>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L. and Ye, K., 2011. *Probability and statistics for engineers and scientists*. New York: Pearson Prentice Hall. 816 p.