

**Universidade Estadual de Londrina**

**CENTRO DE ESTUDOS SOCIAIS APLICADOS**

**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

***CROSS HEDGING* DO MILHO COM A UTILIZAÇÃO DE CONTRATOS FUTUROS DE SOJA**

VITOR WILGNER BUZINARO

LONDRINA - PARANÁ

2017

VITOR WILGNER BUZINARO

*CROSS HEDGING* DO MILHO COM A UTILIZAÇÃO DE CONTRATOS FUTUROS DE SOJA

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Londrina, como exigência parcial para a sua conclusão.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Caldarelli

**COMISSÃO EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Carlos Eduardo Caldarelli (Orientador)

Universidade Estadual de Londrina

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Dra Marcia Regina Gabardo da Camara

Universidade Estadual de Londrina

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Prof. Dra. Terezinha Saracini Ciriello Mazzetto

Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 13 de Junho de 2017

**DEDICATÓRIA**

***Dedico este trabalho a meu pai, Valentim, minha mãe, Regina, minha irmã, Barbara, minha companheira, Jordana e a todos que contribuíram de forma direta e indireta para a conclusão desta etapa*.**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, minha irmã pela oportunidade incrível de aprendizado que tive nestes anos em Londrina, ao apoio dos familiares que sempre incentivaram minha vida acadêmica.

Agradeço imensamente a oportunidade que o Prof. Dr. Carlos Eduardo Caldarelli me deu a oportunidade em trabalhar com ele desde o principio do curso e agora ao final desta etapa como orientador e amigo.

Aos meus amigos que contribuíram com ensinamentos e orientações, que com certeza fizeram a diferença na minha formação pessoal e acadêmica.

EPÍGRAFE

“Se vi mais longe foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton

BUZINARO, V. W. 2017. ***CROSS HEDGING* DO MILHO COM A UTILIZAÇÃO DE CONTRATOS FUTUROS DA SOJA.** Uma análise entre 2000 a 2015. Numero de folhas (45 f.). Monografia – Curso de Ciências Econômicas, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo inovar ao analisar a eficiência da estratégia de *hedge* cruzado entre o preço do milho com uso de contratos futuros da soja no sentido de mitigar o risco deste primeiro grão, no que concerne o período de 2000 a 2015, além de consistir em um comparativo entre um Modelo de *Hedge* Dinâmico e um Modelo de Mínima Variância. Por serem culturas próximas, em termos de demanda, isto é, são complementares principalmente pela produção de rações, espera-se que o mercado consolidado da soja, que oferece uma maior liquidez aos contratos tenha um ajuste confiável ao mercado do milho, facilitando as negociações e contribuindo para ampliação deste mercado com um cenário mais transparente aos agentes. Para tanto, o presente estudo utiliza ferramentas de séries temporais para mensurar as aludidas relações. Os resultados apontam que os modelos tradicionais de ajuste de hedge ótimo não são adequados à análise de hedge cruzado no caso do milho e soja. Ademais, este estudo permite concluir que a estratégia de uso de contratos de soja para proteção no mercado de milho pode ser bastante eficiente quando pautada no modelo dinâmico, com cobertura significativa do risco.

**Palavras-chave:** *Cross hedge*. Mercado Futuro. Milho.

BUZINARO, V. W. CROSS HEDGING FOR CORN WITH FUTURE CONTRACTS OF SOYBEAN. An analysis between 2000 to 2015. Monograph – Economics Course, Center of social applied studies, State University of Londrina, 2017.

ABSTRACT

*This work was developed with the aim to verify the efficiency of cross hedge strategy between corn prices with futures contracts of soybean in the sense of mitigating the risks of corn, considering the period from 2000 to 2015, in addition consists in a comparative between a Dynamic Hedge Model and Minimum Variance Model. Being related crops, analyzing from demand side, when both cereals are integrated used to produce animal feed, is expected the soybean market, for being consolidated – provides greater liquidity in its contracts, furnish a confident adjustment to corn market, promoting easier negotiations and contributing to the market evolvement through a more transparent scenery to agents. Therefore, the present study uses time series to measure the aforementioned relations. The results suggest the traditional model to optimal hedge adjust are not appropriated when considering cross hedge between corn and soybean. Furthermore, this study allow to conclude the usage of futures contracts of soybean to protect prices of corn market strategy can be quite efficient when based in the dynamic model, covering significantly prices’ risk.*

**Keywords:** Cross hedge. Future Market. Corn*.*

**LISTA DE TABELAS**

[**Tabela 1 –** Distribuição da produtividade de soja e milho por região do Brasil, em quilogramas por hectare – 2010 a 2015. 16](#_Toc485685148)

[**Tabela 2 –** Distribuição da produção de soja e milho por Unidade Federativa – 2010 a 2015. 17](#_Toc485685149)

[**Tabela 3 –** Teste de correlação entre as séries em nível. 36](#_Toc485685150)

[**Tabela 4 –** Teste de correlação entre as séries integradas de ordem I(1). 36](#_Toc485685151)

[**Tabela 5 –** Resultados dos testes de raiz unitária de Elliott-Rothenberg-Stock – DF-GLS – para as séries (em nível). 37](#_Toc485685152)

[**Tabela 6 –** Resultados dos testes de raiz unitária Phillips-Perron – para as séries (em nível) utilizadas no modelo. 38](#_Toc485685153)

[**Tabela 7 –** Resultados do Hedge ótimo pelo método MQO. 38](#_Toc485685154)

[**Tabela 8 –** Diagnóstico para os testes do modelo de hedge OLS. 39](#_Toc485685155)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**LISTA DE FIGURAS**

[**Figura 1 –** Evolução da Produção de soja e milho no Brasil, em mil toneladas – 1990 a 2015. 14](#_Toc485685362)

[**Figura 2 –** Exportação de soja e milho brasileiros, em milhões de US$ FOB – 2000 a 2015. 19](#_Toc485685363)

[**Figura 3 –** Preço de ajuste da soja e preço à vista do milho e soja em US$ – 08/06/2012 a 12/09/2016. 20](#_Toc485685364)

[**Figura 4 –** Modelo de Mínima Variância e Dinâmico de cross hedge entre o preço do milho à vista e da soja futuro – em %. 41](#_Toc485685365)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

###### Sumário

[1. INTRODUÇÃO 10](#_Toc485692963)

[2. COMERCIALIZAÇÃO DE GRÃOS NO BRASIL 14](#_Toc485692964)

[*3.* *HEDGE*: teoria e evidências empíricas 23](#_Toc485692965)

[4. METODOLOGIA 29](#_Toc485692966)

[4.1 Fonte e Tratamento de Dados 34](#_Toc485692967)

[5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 36](#_Toc485692968)

[6. CONCLUSÃO 43](#_Toc485692969)

[7. REFERÊNCIAS 44](#_Toc485692970)

1. INTRODUÇÃO

A relevância do agronegócio brasileiro é contemplada internacionalmente em virtude do volume que se produz e exporta, também pelo montante que a produção deste setor representava cerca de 23,82%, em termos do Produto Interno Bruto (PIB), em 1995, já em 2005 em torno de 21,56% do PIB, no ano de 2015 contribuiu em 21,46% do PIB, de acordo com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA (2016) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016). O setor além de gerar divisas para o país, que permitem o emprego de políticas econômicas com a utilização destes recursos criados a partir do comércio dos bens agrícolas, também emprega cerca de 19 milhões de pessoas segundo CEPEA (2016). Sobretudo, o país se beneficia deste setor, pois o clima, relevo, solo são adequados para uma vasta gama de produtos.

Neste contexto, o milho é responsável por 0,5% do PIB – IBGE (2016) revelando-se um importante componente deste setor. É base de uma extensa cadeia produtiva, em que o ramo mais notável é o da alimentação, principalmente produção de rações animais. Conforme mostrado por SOUZA et al. (2011) o Brasil é o terceiro produtor mundial de aves, sendo o primeiro no ranking mundial de exportadores de carne de frango.

O setor avícola tem forte ligação com a demanda por milho por parte da indústria de frango sendo o principal transmissor de preço e cresceu em torno de 89%, no período de 2001 a 2007 (CALDARELLI, 2010).

No entanto, o mercado dos produtos agrícolas está submetido a riscos naturais intrínsecos à produção, como a sazonalidade, pragas, clima, o solo desgastado, políticas agrícolas, sistema logístico mal definido pelas condições da infraestrutura, além das tarifas, qualidade do capital e da mão-de-obra utilizada, tais fatores resultam na maior ou menor produção por área plantada e isso se reflete por meio da volatilidade no preço destes bens. Para contornar tais variações nos preços, o mercado futuro se popularizou entre os negócios, como um meio para o produtor se proteger contra eventuais quedas no preço da saca no período da colheita e para empresa se proteger contra aumentos. Entretanto, especificamente para o mercado de milho, o mercado futuro na Bolsa de Mercadoria e Futuros (BM&FBOVESPA) se mostra relativamente fraco. Essa baixa liquidez e negociação de contratos, quando comparado a outros, principalmente o da soja, dificulta a estimação dos preços futuros (FAVRO; CALDARELLI; CAMARA, 2015).

Atualmente, existem estratégias para atuar com os contratos futuros permitindo que os agentes gerenciem suas carteiras buscando otimiza-las com o menor risco, e com uma maior rentabilidade, isto pode ser feito por meio de estratégias de *hedge*.

Porém, como o mercado futuro do milho tem baixa liquidez, as previsões podem ser afetadas. Neste caso, outra estratégia pode ser empregada para atenuar o efeito da baixa liquidez atrelada ao mercado futuro do milho possibilitando estimar valores no período da colheita, o *cross hedging*. De acordo com ADAM-MÜLLER e NOLTE, 2011; BROOKS; DAVIES; KIN (2007) mercados onde não se observa instrumentos que possibilitam o emprego de *hedge* ou que não apresentam resultados eficientes gerencia-se o risco por meio do *hedge* cruzado ou *cross hedge* como é denominado na literatura internacional.

O *cross hedge* pode ser adotado quando há um produto no mercado com características semelhantes. No caso do presente trabalho utiliza-se a soja, pois a cultura é parecida com a do milho, os dois são considerados produtos complementares na demanda para produção de rações e substitutos na oferta em relação ao plantio, além disso, apresenta grande liquidez nos seus contratos futuros, o que viabiliza a utilização do *hedge* cruzado para gerenciar o preço futuro do milho na BM&FBOVESPA.

Tal estratégia além de pré-fixar um valor mínimo de venda, possibilita o produtor atuar em posição aberta, por meio do *hedge.* Logo o produtor irá agir tomando uma posição no mercado futuro contraria ao estabelecido pelo mercado à vista, reduzindo o risco financeiro da variação dos preços ADAM-MÜLLER; NOLTE (2011). O *hedger* opera com a posição vendida quando tem indícios que os preços estão em tendência de queda. Porém, quando a concepção é de uma tendência de alta, a operação vendida não se evidencia.

Desta forma, o trabalho tem por objetivo geral aplicar o método de *hedge* cruzado inovador para a cultura do milho com contratos futuros de soja da BM&FBOVESPA, por meio de um comparativo entre um Modelo GARCH BEKK e um Modelo Clássico de Mínimos Quadrados Ordinários, sendo a análise uma crítica a este último. Logo é possível estimar os possíveis valores para estes contratos e consequentemente medir a eficiência do emprego do *cross hedge* para a cultura deste grão, espera-se beneficiar os agentes que operam no mercado do milho mitigando o risco e contribuir com a expansão da produção, gerando crescimento para o agronegócio brasileiro.

Especificamente, pretende-se demonstrar como a expansão do milho criou um importante mercado, tanto físico como futuro e que estão atrelados a riscos intrínsecos derivados da produção de produtos agrícolas e que a garantia de preços gera um cenário saudável para as negociações, ou seja, uma maior transparência nos preços, além de atrair capitais externos quando o mercado se apresenta de forma consolidada aos investidores estrangeiros e como consequência estabelecer uma oportunidade para criar divisas.

Pretende ainda, fornecer informações mais precisas a respeito do mercado e assim disseminar índices e cálculos estatísticos, que podem minimizar o viés e promulgar um ambiente mais confiável aos investidores, evitando que o milho e seus derivados sejam prejudicados com instabilidade dos preços, assim como a sociedade.

A eficiência do *cross hedge* é estimada neste estudo por meio da metodologia de séries temporais, baseando-se em dados diários fornecidos pela BM&FBOVESPA e pelo CEPEA, em que se comprar o resultado dos dois modelos supramencionados.

A partir dessas considerações, cabe questionar: os preços futuros do milho com uso de contratos futuros da soja negociados na BM&FBOVESPA por meio do *hedge* cruzado é eficiente? O operador que atua no mercado futuro do milho pode se precaver baseado na volatilidade do mercado futuro da soja? Os estimadores mitigam efetivamente o risco dos preços futuros do milho?

A expansão do milho está intimamente ligada a sua versatilidade, ou seja, está presente como um fator básico em importantes cadeias de produção, principalmente no que tange a produção de rações para suínos, aves, bovinos, além de ser utilizado também na produção de álcool, como no caso dos Estados Unidos. O problema, entretanto, é a liquidez do mercado futuro deste cereal, que ainda não se consolidou quando comparado à cultura da soja, pois é primordialmente voltado para o abastecimento do mercado interno. Tais fatores justificam o presente estudo, como subsídio na melhoria da comercialização desse cereal.

Ao analisar estes dois grãos – milho e soja –, em conjunto, é preciso considerar que são bens substitutos na plantação, porém complementares em relação à parte de suas demandas. Sendo assim, espera-se que por meio de uma estimação *hedge* cruzado entre mercado futuro do milho, utilizando do mercado futuro da soja, obtenha-se um resultado eficiente que mitigue o risco para os agentes que operam nestes mercados.

O trabalho proposto se justifica devido a importância em obter parâmetros por meio de *hedge* cruzado para evitar os riscos em termos de volatilidade que circundam os preços futuros do milho por sua baixa liquidez na BM&F-BOVESPA, tendo em vista que é um mercado essencial para cadeia produtiva de diversos produtos, além de atender uma parcela da demanda alimentar. Sendo assim, busca-se analisar se o contrato futuro da soja fornece mitigação eficiente de risco de preço para o mercado do milho.

Este trabalho se organiza em seis seções. Inicialmente apresenta-se uma introdução com o objetivo e justificativa do estudo. Na sequência, abre-se uma discussão a respeito da comercialização da soja e do milho no Brasil. Na terceira seção, é abordada a ferramenta de *hedge*, conduzindo a discussão até o *cross-hedge* que é o enfoque do trabalho, apresentando algumas referências que já exploraram o modelo. Na quarta seção será apresentada a metodologia que será aplicada para a análise dos dados. Na quinta seção são discutidos os resultados da análise obtida ao implementar a metodologia e, por fim, no sexto tópico, apresenta-se a conclusão obtida neste estudo.

1. COMERCIALIZAÇÃO DE GRÃOS NO BRASIL

O aumento na comercialização dos bens agrícolas no Brasil tem por base a abertura comercial brasileira evidenciada na década de 90, isto inseriu o mercado brasileiro na comercialização mundial, moldou a cadeia produtiva em um formato mais competitivo (GASQUES, ET AL.,2004).

Houve também participação por parte do governo, por meio de incentivos fiscais, disseminação do crédito rural de forma mais flexível, beneficiando produtores, além de avanços tecnológicos mediante realização e disseminação de resultados de pesquisas, e também pela crescente demanda internacional pelos produtos brasileiros, principalmente, chinesa, que com o passar dos anos garantiram uma maior atuação brasileira em relação ao cenário externo de bens agrícolas. Além disso, SILVA, et al. (2000) destacou que o país só não era mais competitivo na década de 90 pela falta de infraestrutura do transporte e da estocagem do grãos, além da falta de indústrias de base para processamento dos produtos *in natura* lhes agregando valor. Dentre as produções significativas em território nacional destacam-se as culturas do complexo soja e do milho.

A produção de ambas as culturas beneficiadas por fatores previamente citados, pois se tornaram mais competitivas e revelaram aos produtores serem culturas com potenciais de crescimento e lucrativas. A evolução da produção dessas culturas é destacada na Figura 1.

Figura 1 – Evolução da Produção de soja e milho no Brasil, em mil toneladas – 1990 a 2015

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados da CONAB (2016)

Pode-se identificar (Figura 1) que houve um grande aumento na produção das duas culturas destacadas desde a década de 90, superando 50 mil toneladas na safra de 2002/03, e atingindo valores acima de 80 mil toneladas na safra de 2014/15, contra uma produção de aproximadamente 24 mil toneladas e 15,4 mil toneladas de milho e soja, respectivamente. Em termos relativos, observa-se um aumento em cerca de 6,4 vezes para a produção de soja e um aumento de 3,5 vezes para a produção de milho.

Caldarelli e Bacchi (2012) apontam que a crescente produção do milho está atrelada principalmente ao setor de carnes doméstico, sendo utilizada como um dos principais macronutrientes na produção de rações, em que 89% aproximadamente da produção é destinada ao setor de aves e suínos. Ademais, os aludidos autores afirmam que o *quantum* produzido ainda não apresenta competitividade para alinhar-se de forma iterativa com o mercado internacional de milho, ou seja, restringe-se principalmente ao mercado interno. Realidade que vem se alterando desde 2004.

Por sua vez, o complexo soja é um dos segmentos que mais apresentou expansão, revelando um poder econômico elevado em relação a outras atividades. Seu desenvolvimento tem por base a quantidade de subprodutos que este grão pode gerar, ou seja, por possuir uma vasta cadeia produtiva, destaca-se pelo teor proteico vegetal na qual sua composição consiste, produção de óleos, entre outros produtos. O Brasil atualmente é o maior produtor de soja no mundo, portanto, esta oleaginosa já possui um mercado maduro, que apresenta bastante liquidez em seus contratos e um volume de negociações elevado, além de apresentar seu mercado baseado em contratos futuros de forma consistente, sólida e com alta rotatividade nas negociações, mais especificamente, é um mercado com alta liquidez. Silva, de Lima e Batista (2011) apontam que fatores intrínsecos a produção da soja são de extrema relevância para outros índices além dos agrícolas, como as divisas geradas pelas exportações do produto e o emprego resultante do cultivo da soja.

Apresenta-se também na Tabela 1 como é distribuída a produtividade dessas duas culturas, considerando o território nacional e subdividido em cinco macrorregiões: Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste , em um horizonte de tempo de 2010 a 2015.

Tabela 1 – Distribuição da produtividade de soja e milho por região do Brasil, em quilogramas por hectare – 2010 a 2015

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Rendimento médio da produção das lavouras temporárias** | | | | | | | |
| **Rendimento médio da produção (Quilogramas por Hectare)** | | | | | | | |
| **Brasil e Grande Região** | Produto das lavouras temporárias | **Ano** | | | | | |
| **2010** | **2011** | **2012** | **2013** | **2014** | **2015** |
| **Norte** | Milho (em grão) | 2.568 | 2.592 | 3.089 | 2.993 | 3.204 | 3.750 |
| Soja (em grão) | 2.889 | 3.041 | 3.111 | 2.909 | 2.970 | 2.978 |
| **Nordeste** | Milho (em grão) | 1.700 | 1.826 | 2.183 | 2.436 | 2.681 | 2.518 |
| Soja (em grão) | 2.860 | 3.179 | 2.884 | 2.283 | 2.546 | 2.924 |
| **Sudeste** | Milho (em grão) | 5.168 | 4.955 | 5.791 | 5.781 | 5.309 | 5.661 |
| Soja (em grão) | 2.847 | 2.854 | 2.917 | 2.964 | 2.620 | 2.798 |
| **Sul** | Milho (em grão) | 5.730 | 5.406 | 4.993 | 5.827 | 6.216 | 6.604 |
| Soja (em grão) | 2.904 | 3.154 | 1.982 | 3.025 | 2.806 | 3.144 |
| **Centro-Oeste** | Milho (em grão) | 4.467 | 4.485 | 5.852 | 5.750 | 5.635 | 6.120 |
| Soja (em grão) | 3.017 | 3.124 | 3.039 | 2.966 | 2.995 | 3.000 |

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados do SIDRA-IBGE (2016)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A Tabela 1 evidência que as regiões mais produtivas de milho, em termos de área plantada, são a Sudeste, Sul e Centro-Oeste, atingindo uma produtividade de aproximadamente 5000 quilogramas por hectare. No que tange a produção da soja, as regiões mais produtivas são a Norte, Centro-Oeste e Sul, com uma produção em 2015 de aproximadamente 3000 quilogramas por hectare.  Cabe destacar que em dados mais aprofundados das regiões, ou seja, em uma analise de microrregião. Desta forma torna-se mais fácil verificar os estados que vem destacando-se na produção destes grãos, qual a importância deles para o agronegócio, e onde se origina a maior parte da origem destes produtos que formam um mercado de suma importância desde a geração de empregos a movimentação de negócios diários, envolvendo contratos à vista e futuros. Estes dados podem ser observados por meio da Tabela 2.    Tabela 2 – Distribuição da produção de soja e milho por Unidade Federativa – 2010 a 2015 | | | | | | | |
| **Quantidade Produzida (1000 Quilogramas)** | | | | | | | |
| **Brasil e Unidade da Federação** | **Produto das lavouras temporárias** | **Ano** | | | | | |
| **2010** | **2011** | **2012** | **2013** | **2014** | **2015** |
| **Brasil** | **Milho (em grão)** | 55.364.271 | 55.660.235 | 71.072.810 | 80.273.172 | 79.881.614 | 85.284.656 |
| **Soja (em grão)** | 68.756.343 | 74.815.447 | 65.848.857 | 81.724.477 | 86.760.520 | 97.464.936 |
| **Rondônia** | **Milho (em grão)** | 365.980 | 340.045 | 534.423 | 449.449 | 542.279 | 787.093 |
| **Soja (em grão)** | 385.388 | 419.522 | 470.485 | 574.900 | 614.678 | 748.429 |
| **Acre** | **Milho (em grão)** | 81.125 | 81.793 | 96.687 | 124.536 | 104.984 | 94.483 |
| **Soja (em grão)** | 330 | 282 | - | 154 | 1.095 | - |
| **Amazonas** | **Milho (em grão)** | 34.880 | 35.945 | 36.697 | 27.610 | 21.430 | 16.816 |
| **Soja (em grão)** | 540 | 540 | 660 | 60 | - | - |
| **Roraima** | **Milho (em grão)** | 12.800 | 11.800 | 11.800 | 15.438 | 15.350 | 15.528 |
| **Soja (em grão)** | 3.920 | 10.080 | 14.000 | 40.200 | 33.950 | 55.795 |
| **Pará** | **Milho (em grão)** | 519.258 | 541.128 | 604.799 | 613.546 | 590.078 | 759.662 |
| **Soja (em grão)** | 243.616 | 317.093 | 373.398 | 506.347 | 736.947 | 1.022.677 |
| **Amapá** | **Milho (em grão)** | 3.233 | 2.466 | 2.120 | 2.011 | 1.958 | 1.650 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | 12.906 | 40.792 | 29.370 |
| **Tocantins** | **Milho (em grão)** | 282.475 | 312.213 | 370.940 | 350.669 | 452.126 | 639.736 |
| **Soja (em grão)** | 991.326 | 1.193.453 | 1.276.928 | 1.557.939 | 2.094.100 | 2.418.367 |
| **Maranhão** | **Milho (em grão)** | 535.853 | 646.209 | 783.491 | 1.321.683 | 1.520.047 | 1.397.831 |
| **Soja (em grão)** | 1.322.363 | 1.571.418 | 1.640.183 | 1.581.687 | 1.875.792 | 2.099.507 |
| **Piauí** | **Milho (em grão)** | 342.483 | 677.623 | 769.387 | 485.043 | 1.036.825 | 1.101.439 |
| **Soja (em grão)** | 868.493 | 1.144.033 | 1.242.574 | 920.950 | 1.488.646 | 1.772.722 |
| **Ceará** | **Milho (em grão)** | 174.955 | 915.286 | 122.501 | 112.741 | 347.828 | 130.887 |
| **Soja (em grão)** | 3.417 | - | 3.854 | - | - | - |
| **Rio Grande do Norte** | **Milho (em grão)** | 8.119 | 47.926 | 2.489 | 11.924 | 13.167 | 4.222 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | - | - | - |
| **Paraíba** | **Milho (em grão)** | 11.507 | 62.426 | 6.548 | 27.452 | 28.249 | 10.934 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | - | 420 | - |
| **Pernambuco** | **Milho (em grão)** | 69.715 | 124.028 | 22.054 | 23.922 | 53.074 | 25.867 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | - | - | - |
| **Alagoas** | **Milho (em grão)** | 23.480 | 33.393 | 1.650 | 8.749 | 11.301 | 15.800 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | - | - | 550 |
| **Sergipe** | **Milho (em grão)** | 750.718 | 480.476 | 290.575 | 700.902 | 762.472 | 495.729 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | - | - | - |
| **Bahia** | **Milho (em grão)** | 2.223.302 | 2.051.623 | 1.882.938 | 2.109.906 | 2.920.991 | 2.683.111 |
| **Soja (em grão)** | 3.112.929 | 3.512.568 | 3.212.789 | 2.765.533 | 3.206.364 | 4.513.633 |
| **Minas Gerais** | **Milho (em grão)** | 6.089.941 | 6.536.187 | 7.625.142 | 7.447.665 | 6.966.931 | 6.839.297 |
| **Soja (em grão)** | 2.902.464 | 2.940.857 | 3.073.499 | 3.375.690 | 3.345.549 | 3.524.055 |
| **Espírito Santo** | **Milho (em grão)** | 65.537 | 81.924 | 77.233 | 62.831 | 58.221 | 30.147 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | - | - | - |
| **Rio de Janeiro** | **Milho (em grão)** | 17.678 | 18.278 | 15.009 | 13.321 | 11.062 | 6.234 |
| **Soja (em grão)** | - | - | - | - | - | - |
| **São Paulo** | **Milho (em grão)** | 4.026.500 | 3.362.555 | 4.478.520 | 4.408.375 | 3.983.895 | 4.688.951 |
| **Soja (em grão)** | 1.412.934 | 1.271.437 | 1.566.956 | 1.844.951 | 1.709.229 | 2.406.262 |
| **Paraná** | **Milho (em grão)** | 13.567.096 | 12.472.720 | 16.555.330 | 17.342.302 | 15.823.241 | 15.777.409 |
| **Soja (em grão)** | 14.091.829 | 15.457.911 | 10.937.896 | 15.937.620 | 14.913.173 | 17.229.378 |
| **Santa Catarina** | **Milho (em grão)** | 3.653.803 | 3.651.825 | 2.870.450 | 3.326.366 | 3.149.729 | 3.076.480 |
| **Soja (em grão)** | 1.378.532 | 1.490.551 | 1.079.690 | 1.586.351 | 1.668.235 | 2.000.323 |
| **Rio Grande do Sul** | **Milho (em grão)** | 5.633.912 | 5.772.422 | 3.155.061 | 5.419.780 | 5.389.520 | 5.563.555 |
| **Soja (em grão)** | 10.480.026 | 11.717.548 | 5.945.243 | 12.756.577 | 13.041.720 | 15.700.264 |
| **Mato Grosso do Sul** | **Milho (em grão)** | 3.782.946 | 3.628.492 | 6.477.070 | 7.573.324 | 8.251.121 | 9.727.809 |
| **Soja (em grão)** | 5.340.462 | 5.079.581 | 4.594.359 | 5.780.519 | 6.339.386 | 7.305.608 |
| **Mato Grosso** | **Milho (em grão)** | 8.164.273 | 7.763.942 | 15.646.716 | 20.186.020 | 18.071.316 | 21.353.295 |
| **Soja (em grão)** | 18.787.783 | 20.800.544 | 21.841.292 | 23.416.774 | 26.495.884 | 27.850.954 |
| **Goiás** | **Milho (em grão)** | 4.676.483 | 5.743.622 | 8.230.069 | 7.686.971 | 9.088.029 | 9.512.503 |
| **Soja (em grão)** | 7.252.926 | 7.703.982 | 8.398.891 | 8.913.069 | 8.938.560 | 8.606.210 |
| **Distrito Federal** | **Milho (em grão)** | 246.219 | 263.888 | 403.111 | 420.636 | 666.390 | 528.188 |
| **Soja (em grão)** | 177.065 | 184.047 | 176.160 | 152.250 | 216.000 | 180.832 |

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados do SIDRA-IBGE (2016)

A Tabela 2 revela que os estados que detêm a maior produção da de milho em grãos são, em toneladas: Paraná, Mato Grosso e Minas Gerais, com produções, respectivas de 13.567.096 – 24,50% da produção total, 8.164.273 – 14,74% da produção brasileira, 6.089.941 – 11% da produção total, em toneladas. A mesma análise para o ano de 2015 mostra que o estado do Mato Grosso toma frente à produção com 21.353.295 de toneladas – respondendo a 25,03% da produção total, seguido do Paraná que produziu 15,7 milhões de toneladas – significando 18,5% da produção brasileira, e Goías com 9,5 milhões de toneladas aproximadamente – cerca de 11,15% da produção nacional.

Enquanto que os estados de destaque, em termos de *quantum,* para a cultura da soja em grãos no ano de 2010, em toneladas, são: Mato Grosso com 18.787.783 – 27,32% da produção total, Paraná 14.091.829 – 20,39% da produção total e Rio Grande do Sul 10.480.026 – 15,23% da produção total. Sendo essa relação no ano de 2015 liderado pelo Mato Grosso com uma produção em cerca de 27,8 milhões de toneladas – 28,57% da produção total, em segundo o Paraná produzindo 17.229.378 toneladas – 17,67% da produção total e em terceiro o estado do Rio Grande do Sul com uma produção de 15,7 mihlões de toneladas – 16,10% da produção total.

Uma informação que a Tabela 2 exibe é que ao longo dos cinco anos analisados os estados do Paraná e Mato Grosso são os principais produtores de ambos os grãos, apresentando também a melhor infraestrutura, pois evidenciam produtividade acima da média quando comparado a os outros estados. Portanto a análise de *cross* *hedge* para estes produtores é extremamente significativa.

A importância da produção do milho no Paraná e Mato Grosso, líderes em produção do grão, é imprescindível. Entre 2006 e 2010, o Valor Bruto da Produção Agropecuária Paranaense (VBP), foi cerca de R$ 3,63 bilhões anuais gerando um retorno por volta de 10% da renda bruta da agropecuária do Paraná. No entanto a maior parte da produção fica retida no mercado interno, enquanto a produção mato-grossense é voltada mais a exportação DEMARCHI (2011). O Mato Grosso é o maior produtor de milho dentre os estados brasileiros.

Segundo Santana (2010) tornou-se líder em produção de milho devido a grande concentração de atividades dependentes de subprodutos do milho que circundam o estado, além de condições naturais favoráveis, incentivos fiscais e modernização na infraestrutura, além de vários municípios especializados em ramos do agronegócio.

Em relação a soja, sua relevância tem um importante significado para ambos os estados. O Mato Grosso é o principal produtor da *commodity* no Brasil é responsável pela maior parte da exportação do grão, além de ser estado-chave no crescimento econômico do país. Esse estado tem capacidade de tornar-se ainda mais produtivo, caso solucione problemas ligados à logística e administração, no processo de escoamento e gestão, respectivamente (LAVORENTE, 2011).

Messias (2017) destaca a persistência dos problemas logísticos no centro-sul do Brasil, a dificuldade de escoar os grãos de maneira eficiente até os portos acarreta em perdas significativas, tendo em vista que 56% da produção destinam-se ao mercado externo. Mais além, a autora pontua que investimentos em modais de transporte diferentes do rodoviário podendo contribuir com redução dos custos, por conta das condições geradas devido ao volume de caminhões que transitam nestes corredores.

Os produtores foram atraídos na última década pelo *boom* das *commodities*, que em conjunto com o câmbio desvalorizado, elevou a rentabilidade das exportações, contribuindo para a ampliação da produção de soja no país. Já em relação ao milho, não há tanto destaque deste grão em relação a sua exportação, é um produto que se destina mais ao mercado interno e, portanto, tem seu preço ainda bastante definido domesticamente.

Para avaliar essa expansão da comercialização dos grãos, cabe notar como estão ocorrendo às negociações com o mercado externo. Por meio da Figura 2 destaca-se o aumento da comercialização para o exterior dos produtos destacados neste trabalho.

Figura 2 – Exportação de soja e milho brasileiros, em milhões de US$ FOB – 2000 a 2015

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados do MDIC/SECEX (2016).

A Figura 2 revela a diferença entre o destino destes dois grãos. As exportações entre os dois grãos chega a uma diferença de 44 vezes no ano de 2005, em dólares *Free On Board* (FOB). E com uma diferença mínima de 3,24 aproximadamente no ano de 2007 entre tais culturas.

Ao observar em conjunto as Figuras 1 e 2, pode-se afirmar que a produção de milho é voltada, principalmente, para o mercado interno, enquanto a produção de soja é direcionada ao exterior. Isso implica em algumas características que diferem os dois grãos em termos de comercialização, pois os mercados atendidos são diferentes e as concorrências nos dois são distintas. Por enfrentar um comércio mais competitivo, a produção da soja teve que se adaptar e tornar-se mais produtiva, em direção a ter vantagens no comércio internacional. Com isso, o número de contratos negociados são maiores, o que explica com sua maior liquidez nas negociações.

Cabe destacar que o processo de tomada de decisão por parte dos agricultores em relação ao que será produzido, e de quão rentável pode ser a produção, tem relação direta com os preços dos bens agrícolas. Desta forma, a análise dos preços é de suma importância para que os produtores invistam seu capital na produção do milho. É apresentado na Figura 3 as oscilações dos preços da soja no mercado físico à vista, tal valor é dado por um índice-preço em Paranaguá, e o preço de ajuste da soja *Cross Listing*, ou preço futuro e preço do milho no mercado a vista, que semelhante a serie da soja, é também um índice-preço, medido em termos de preço médio.

Figura 3 – Preço de ajuste da soja e preço à vista do milho e soja em US$ – 08/06/2012 a 12/09/2016

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados da CEPEA e BM&F- BOVESPA (2016)

A tendência mais marcante que se pode visualizar na Figura 3 é que houve uma queda em ambos os preços ao longo do período analisado. A recente desvalorização do Real, devido à crise política e financeira que afetou o país pós-2014, pode ser uma das principais justificativas, pois há necessidade de menor quantidade de dólares para se comprar a mesma quantidade produzida com efeito de um preço menor para os estrangeiros. No entanto, quando visto pela ótica do produtor, a desvalorização cambial lhes favorecem, pois o montante em Reais que recebem por saca é maior.

Além disso, outro elemento que fez reduzir o preço das *commodities* foi a queda da demanda chinesa, pois os produtos agrícolas se tornaram um importante componente não só da balança comercial, mas como da economia como um todo. Este vínculo em situações de instabilidade econômica criou cenários desfavoráveis, tendo em vista que a produção destina-se em grande parte a apenas um consumidor, incorrendo em vulnerabilidade para o país e consequentemente pressão sob a economia CUNHA (2011).

Há também de se destacar que o preço à vista, na maior parte do tempo, se sobressai em relação ao preço de ajuste. O principal ponto a ressaltar (Figura 3) é que em alguns períodos as duas séries apresentam divergências, e contratos são negociados naquele período de tempo em tais diferenças prejudicam alguns agentes e beneficiam outros. A utilização da estratégia de *hedge,* portanto*,* atua fornecendo proteção em relação às oscilações, projetando, ou pelo menos reduzindo, o grau de incertezas em relação aos negócios futuros.

No que concerne à série do milho, pode-se dizer que apesar de sua volatilidade durante o período, manteve-se dentro de uma faixa de preço, mesmo com a desvalorização do Real. Como já destacado anteriormente este grão não tem como destino predominante o mercado externo, sendo assim, seu preço é formado predominantemente por fatores do mercado doméstico, com poucas influências em relação aos preços estrangeiros, relacionados à sua produção. Um ponto chave deste estudo é apontar que mesmo tendo diferenças, a Figura 3 apresenta certo padrão de relação entre os dois produtos, permitindo estimar o *cross-hedge.* A partir dessa constatação espera-se formular uma estratégia mais sólida em relação aos preços do milho.

De forma resumida, há duas perspectivas que devem ser observadas nessa análise. *I –* primeiramente pela ótica do produtor para o qual o *hedge* representa proteção contra quedas do preço da saca, ao pré-estabelecer o preço e assim mitiga a possibilidade de eventuais prejuízos se, no período da colheita, a saca desvalorizar a um patamar abaixo dos custos do plantio. *II –* Em contrapartida, pela ótica da empresa interessada na safra futura para as atividades rotineiras de sua produção, o mercado futuro permite-a proteger-se contra eventuais aumentos no preço da saca.

Enquanto que pela visão do investidor, o posicionamento é de comprar os contratos quando sua perspectiva é de uma melhora no preço da saca, portanto ele opera como comprado. Quando o investidor tem uma perspectiva de queda no preço da saca, ele atua vendendo, opera como vendido. Mais precisamente o investidor atua no mercado futuro buscando lucro por meio da volatilidade do preço dos contratos. Além de o mercado futuro representar mais um ativo, no qual o investidor pode variar sua carteira, com o intuito de diversificar o risco entre variados investimentos.

1. *HEDGE*: teoria e evidências empíricas

O mercado dos produtos agrícolas está fadado à volatilidade dos preços devido aos riscos inerentes às atividades de produção, como o clima, pragas, desastres naturais. Conforme Schouchana (2000) para se precaver da instabilidade dos preços e consequentemente do risco, há o mercado futuro e de opções. A ação de proteger-se contra a oscilação dos preços no mercado futuro é nomeada *hedge*.

Tonis e Alves (2005) conceituam *hedge* de forma simplificada, como transferência de risco do agente que pretende assegurar certa rentabilidade para aquele que quer tomá-la, com base nas expectativas do mercado. Para melhor compreensão da aplicação da estratégia de *hedge* é preciso entender os derivativos.

A análise acerca do mercado futuro inicia-se com a elucidação a respeito dos derivativos. São instrumentos financeiros que resultam de algum produto primário (ações, títulos, contratos) e, portanto, obedecem ao preço do ativo-base ao qual estão vinculados. Estes instrumentos (derivativos) são empregados por empresas, produtores, *traders* nos mercados futuros e de opções. Estes agentes utilizam os derivativos com o intuito de se protegerem (hedge), especularem e diversificar o risco da carteira na intenção de mitiga-lo (KRUGMAN; OBSTFELD E MELITZ 2015).

O arcabouço teórico em torno da conceituação de *hedge* é de longa data e também apresenta diversidade em suas definições. A literatura busca compreender estratégias de *hedge* a fim de encontrar posicionamentos com intuito em gerenciar o risco, minimizando as possibilidades de perda dos agentes dada a volatilidade dos preços.

Os estudos acerca das operações em mercado, com o objetivo de reduzir o risco dos agentes, teve como pioneiro o trabalho de otimização de *portfólio* com a proposição do modelo de variância média de Markowitz (1952) nele as decisões de investimentos estão intimamente associadas com a relação risco-retorno e estes estudos deram base aos subsequentes estudos sobre *hedge*.

No que concerne ao mercado futuro, às operações de *hedge* e especulação descritas em Working (1953) apud Farhi (2016) apontam que há complementaridade entre estes termos. Além disso, corroboram a ideia de que a existência de mercados futuros depende da disposição de agentes sujeitos a riscos e que buscavam transferi-los, para que houvesse possibilidade de que outros os assumissem. Detalhadamente Working (1953) destaca que o *hedge* consiste em um contrato de compra e venda em condições contratuais padronizadas e supervisionadas por uma bolsa de mercadorias e este contrato pode posteriormente ser negociado em outros termos.

Difundem-se novos estudos com respaldo no trabalho de Markowitz (1952) por Johnson (1960) e Stein (1961) em uma corrente de análise com a estratégia de *hedge* fundamentada por meio da determinação de um *portfólio* de variância mínima.

Working (1962) ampliou ainda mais o arcabouço teórico sobre o assunto distinguido em diferentes categorias de *hedge*: I - o *hedge* de custo de carregamento (*carrying charge hedging*), II - o *hedge* seletivo (*selective hedging*), III - o *hedge* por antecipação (*anticipatory hedging*), IV - as diversas formas de *hedge* ajustável (*operational hedging*), V o *hedge* puro de aversão ao risco (*pure risk avoidance hedging*).

A visão de *hedge* para Ederington (1979) utiliza-se também da teoria de *portfólios* para explicar as operações de *hedge* na busca por minimizar os riscos. Pauta-se na definição clássica para *hedge*, ou seja, assume o conceito de permitir a transferência dos riscos de variações nos preços de commodities no mercado futuro para especuladores mais dispostos a assumirem tais riscos. Além de que a principal função dos mercados futuros é reduzir os riscos, e a estratégia de *hedge* tem exatamente essa finalidade, e a teoria da variância mínima prega que diversificar o portfólio reduz os riscos. No contexto de variância mínima, proposto por Ederington (1979), a razão ótima no modelo de *hedge* é estimada por mínimos quadrados.

No entanto, segundo Myers e Thompson (1989) apud Rodrigues e Alves (2010) a estimação anterior não é apropriada caso haja autocorrelação dos resíduos. Apresentando preços em diferença e, portanto, implica em passeio aleatório das séries, com possível *drift*. Na possibilidade de retorno, a exigência de uma restrição forte torna-se aparente, exigindo preços à vista e futuros iguais na data de liquidação do contrato futuro. Contornam isso ao formularem modelos que consideram variáveis defasadas, em nível e em primeira diferença.

Aplicando o modelo de variância mínima, Lence (1996) buscou encontrar resultados mais condizentes com a realidade, ao relaxar algumas premissas básicas. Evidenciou que sob condições mais realísticas, a estratégia de *hedge* ótimo em algumas ocasiões seria simplesmente não utilizar tal mecanismo, por conta do custo desta operação. Isto contribui para identificar a baixa quantidade de contratos futuros aplicados pelos fazendeiros.

De acordo com Hull (2003) o processo de tomada de decisão de um agente tem por objetivo a minimização do risco de sua posição global tanto no mercado de *commodities*, como em um *portfólio* avaliação. Portanto, encontrar a proporção ótima de cobertura, ou seja, a cobertura de mínima variância é o objetivo fundamental quando se negocia nos mercados futuros.

Por outro lado, proteger-se das oscilações do preço de um ativo, quando este não apresenta um mercado futuro com os mesmos aspectos do mercado físico, é possivel utilizar da estratégia de *cross hedge* para avaliar os riscos em torno das variações dos preços. Esta estratégia contempla em um método semelhante ao *hedge*, no entanto o mercado futuro a ser utilizado deve conter um teor de correlação elevado para que as estimativas evidenciem resultados próximos do real Anderson e Danthine (1981), sendo posteriormente aperfeiçoado pela literatura (ADAM-MÜLLER; NOLTE, 2011; BROOKS; DAVIES; KIN, 2007) em situações nas quais não se encontram no mercado financeiro instrumentos de *hedging* que replicam perfeitamente a exposição de agentes no mercado a vista, não se descarta a possibilidade do gerenciamento do risco de preços, o que é possível por meio de um *hedge* cruzado, denominado por *cross hedging*. Resumidamente, Bueno (2001) assume que *hedge* cruzado ocorre quando o bem objeto de hedge é diferente do objeto do instrumento de *hedge*.

No entanto, para que o *hedge* cruzado seja estabelecido de forma eficiente e com redução do risco, o mercado analisado deverá conter viés mínimo, reiterando com Beninga et al. (1984) apud Mckenzie et al. (2002) o cálculo de uma taxa ótima de *hedge* está intimamente relacionado a inexistência de viés e consequentemente se evidenciaria o *hedge* ótimo, de mínima variância, somente se o mercado for não-viesado. Para este estudo, a efetividade do *hedge* cruzado indicará o grau de segurança mitigando o risco dos preços, para atuar no mercado futuro do milho por meio de contratos futuros da soja.

Broll *et al* (1999) realizaram um estudo a respeito do mercado de moedas e para tal estudo ampliaram a visão de *cross hedge* para dois modelos diferentes. Um sobre *hedge* cruzado perfeito havendo o mercado futuro brasileiro para implementar o *hedge* e outro sendo *hedge* cruzado imperfeito caso não houvesse mercado futuro no Brasil, o agente buscaria aplicar a estratégia baseando-se no mercado futuro externo, no caso os Estados Unidos e concluíram que o *cross hedge* não impactou efetivamente a produção, mas afetou positivamente as exportações.

Anderson e Danthine (1981) e Adam-Müller e Nolte (2011) discorrem quanto ao risco de base gerado pela operação de *hedge* tradicional, geralmente os custos são resultantes unicamente de carregamento, já nas operações em que se adota a estratégia de *cross-hedging* outros valores são agregados. Estes custos complementares se dão por meio da diferença entre os preços, que é evidenciada pela disparidade entre as características dos produtos negociados no mercado à vista padrão e no mercado de contratos futuros.

Gomes (1987, p.44) classificou *hedge* cruzado como “é aquele onde a mercadoria objeto do contrato futuro não corresponde exatamente à mercadoria retida no mercado *spot,* como, por exemplo, o uso de contratos futuros de índices no*hedging* de carteiras de ações”.

Estudos empíricos utilizando a ferramenta de *cross hedge* começaram a tomar formato a partir da década de 80, após alguns autores contribuírem para o arcabouço teórico acerca do tema, elucidando sua aplicabilidade.

Blake e Catlett (1984) desenvolveram um trabalho de *cross hedging* do feno com a utilização de contratos futuros do milho americano. Para tal, verificaram que a correlação entre os dois produtos eram altas, portanto sendo admissível a aplicação da estratégia. O principal resultado evidenciado foi de possibilidade em aumentar os ganhos brutos, já que algumas taxas não foram incorporadas aos cálculos.

Outro trabalho que utilizou deste método visando mitigar o risco foi de Hayenga e DiPietre (1982) que analisaram o mercado de subprodutos de porco empregando-se o mercado futuro de porcos vivos de Chicago. Observaram que para certos subprodutos do porco, em alguns períodos, pode ser proveitoso empregar tal mercado futuro, pois fornece informações relativamente eficazes para os agentes protegerem-se das oscilações.

Examinou-se a viabilidade de adotar o *cross hedging* de subprodutos de grãos geralmente utilizados para alimentação animal, mais especificamente farinha, miúdos, farelo, de forma mais abrangente os subprodutos triturados, com contratos futuros da soja e do milho. Houve redução dos riscos com o emprego da ferramenta de proteção, sugerido por Miller (1985).

Mais um artigo de contribuição relevante acerca do assunto foi abordado por Elan, Miller e Holder (1986) analisaram o mercado futuro de diversos produtos como milho, trigo, aveia, farelo de soja para verificar se haveria oportunidade de proteção ou ganhos em vendas futuras do farelo de arroz. Por meio daquele trabalho foi observado que o contrato futuro que apresentou maior viabilidade em aplicar a operação de *hedge* cruzado foi o do milho, possibilitando mitigar o risco da variabilidade dos preços.

Miller e Luke (1982) visando facilitar a rotina de restaurantes americanos que fornecem carnes e que são prejudicados pela variação no preço deste produto, examinaram a viabilidade de estimar o *cross hedge* para a alcatra (miolo) com contratos futuros do gado vivo. O estudo indicou ser possível reduzir o risco do preço com a aplicação da ferramenta financeira, e que o uso dela é eficaz na gestão de tal risco pelas instituições alimentícias que necessitam de tal produto, permitindo então, os agentes elaborarem um leque de opções para seus consumidores previamente baseadas no comportamento do preço do item.

Há também importantes contribuições para o tema *hedge* com referência ao cenário nacional. Silveira e Ferreira Filho (2003) analisaram as operações de *cross hedge* e *own hedge* do preço do bezerro baseado no contrato futuro do boi gordo na Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F). Evidenciaram que para o *own hedge* houve efetividade de 50%, enquanto a analise de  *cross hedge* não foi eficaz de reduzir o risco do preço para o mercado de bezerro. Esta mesma operação entre bezerro e contratos futuros do boi gordo foi abordada por Freitas e Alves (2013) e concluíram que pelos dados estimados o risco de executar a estratégia de *cross hedge* para o mercado de bezerros revelou-se mais elevada do que efetuar somente o *hedge* para o boi gordo.

Foi investigada por Santos e Aguiar (2015) a viabilidade da aplicação de um contrato futuro para os suínos no Brasil, decorrente da instabilidade dos preços para este setor e da importância econômica do setor. Elaborou-se o *cross hedge* do suíno baseado em produtos fortemente influentes na formação de preço deste mercado, neste caso, os autores utilizaram os contratos futuros do milho e do boi gordo. Como resultado do estudo, os autores obtiveram baixa efetividade do *hedge* cruzado, sendo um fator favorável para o desenvolvimento de um novo contrato futuro acerca dos suínos.

Oliveira Neto e Garcia (2013) buscaram verificar em seu estudo se a estratégia de *cross hedge* entre os novilhos argentinos empregando contratos futuros de boi gordo brasileiro da BM&FBovespa. Os indícios empíricos do trabalho permite afirmar que é possível gerenciar o risco dos preços a vista dos novilhos de corte argentinos baseando-se no mercado futuro do boi gordo brasileiro na BM&F-BOVESPA, pois os resultados mostraram-se capazes de mitigar o risco.

Souza et al. (2011) por meio da importância e do expressivo aumento do setor avícola no Brasil, realizaram um artigo em que buscam visualizar a eficiência de *cross-hedge* do risco de preço de frangos com o uso de contratos futuros de milho da BM&FBOVESPA. O mercado dos frangos apresenta risco de preços, tal instabilidade prejudica a gestão produtiva das indústrias e que milho é um dos principais responsáveis pela formação de preço no mercado avícola. A conclusão do trabalho foi de baixa eficiência do *hedge* cruzado, para os autores este fato se deu principalmente por conta da baixa correlação entre os preços, conduzida pela diferente infra-estrutura e sazonalidade do setor, além de terem mercados distintos, em termos de demanda internacional.

Este último trabalho exposto contribui para interpretação da ineficiência ao se aplicar a estratégia *cross hedge* por causa da baixa liquidez do contrato futuro do milho, que em relação à soja que possui um mercado futuro mais consolidado permite avaliar as oscilações com maior precisão dado o volume de operações realizadas, portanto ressalta-se mais uma vez a importância em analisar o mercado do milho com dados baseados no contrato futuro da soja.

1. METODOLOGIA

Para avaliar a aplicabilidade da estratégia de *cross hedge* em um mercado, algumas premissas básicas devem ser consideradas sobre a *commodity*. Santos e Aguiar (2015) listaram as variáveis que um produto/mercado requer para dispor de um contrato futuro de sucesso, tangendo uma alta liquidez. Ao todo, sete itens foram mencionados, primeiramente a commodity não pode ser altamente perecível e deve possibilitar a estocagem; a commodity deve ser mensurável e homogênea; os preços no mercado físico devem apresentar-se voláteis; a commodity deve apresentar amplo mercado físico; o mercado não deve ter influências de forças externas; falhas na contratação a termo; inexistência de um mercado alternativo. Verifica-se que os produtos eleitos para este trabalho, tanto o milho quanto a soja, evidenciam estas condições.

Como os produtos analisados satisfazem as premissas anteriores o presente trabalho busca a mitigação do risco de preços por meio de uma estratégia de combinação de contratos, entre o mercado futuro da soja, com a posição no mercado do milho a vista. Essa mitigação do risco evidencia-se quando a combinação dos contratos mostra-se eficiente. Para denotar a eficácia desta relação é preciso verificar a absorção do risco de base resultante do *cross hedging* no mercado futuro em permuta com o risco de preço no mercado a vista.

Primeiramente para analisar a estacionariedade das séries emprega-se neste trabalho os testes de raiz unitário Dickey-Fuller *Generalized Least Square* – DF-GLS – de Elliot; Rothenberg e Stock (1996) e também o teste Phillips-Perron. Ambos os testes foram realizados em duas versões: com constante e tendência e somente com constante1 – modelos 1 e 2. O número de defasagens utilizadas fora determinado pelo Critério de Informação de Akaike Modificado (MAIC).

Em seguida, utiliza-se um teste de correlação para avaliar a conformidade das séries, tendo em vista que um alto grau de relatividade entre elas permitirá estimar valores mais eficientes para a proteção.

Para avaliação do tema proposto, o presente trabalho pauta-se em 3 métodos: *I* ) Inicialmente estima-se a eficiência do hedge por meio de uma regressão linear simples, mais conhecida na literatura internacional como *ordinary least squares* (OLS), considerando a matriz de covariâncias como estática. *II* - Devido à inconstância da variância em tais séries temporais usa-se a metodologia ARCH proposta inicialmente por Engle (1982) capta a variância condicional do modelo para a média condicional como uma função das inovações quadráticas passadas. Por ultimo faz-se uso da metodologia GARCH BEKK apresentado por Baba *et al*. (1990), este possibilita que os índices de mercado se relacionem, havendo influência entre as variâncias e as covariâncias condicionais de tais índices. Em conjunto, reduz o esforço ao estimar os parâmetros, pois estes são gerados em uma escala menor (KAROLYI, 1995) *apud* Bitencourt  *et al.* (2011).

Seguindo o procedimento utilizado por Ederington (1979) *apud* Oliveira Neto e Garcia (2013) testa-se a hipótese renomada por estimativa de efetividade do *hedge.* Esta estimativa permite avaliar o comportamento na redução de risco das carteiras protegidas pela razão ótima de *cross hedge*, revelada pelos modelos estáticos e dinâmicos. Identifica-se por meio da equação 1 a efetividade do *cross hedging*.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |

Definindo-se:

= Efetividade do *cross hedging;*

= É a variância mínima da carteira protegida; e

= Variância da carteira não protegida.

As hipoteses a serem verificadas por meio da equação acima são, hipotese nula e hipotese alternativa , onde :

o *cross hedging* não é eficiente.

o *cross hedging* é eficiente.

Caso não haja rejeição da hipotese da hipotese alternativa , o *cross hedging* é eficiente e seu valor é positivo variando ente 0 e 1. Obtendo-se o valor em percental, basta multiplicar o valor expressado na equação 1 por 100. Em caso de não rejeição da hipotese nula , então o *cross hedging*  não é eficiente para os produtos analisados.

Após evidenciar-se que há eficiencia na aplicação do *hedge* cruzado ótimo, prosegue-se o estudo recorrendo-se ao uso de duas metodologias, conforme proposto por Souza et al (2010).

O primeiro modelo de regressão a ser considerado é o de *Hedge*  de Mínima Variância exposto por Ederington (1979) e que é um dos mais aplicados em estudos acerca do assunto. Este modelo consiste em uma regressão da variação dos preços a vista sobre variação dos preços futuros, a equação 2 explicita o modelo.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |

Definindo-se:

= Variações dos preços a vista;

= Variações dos preços futuros;

= Razão ótima de *hedge;*

= Representa uma constante; e

= termo do erro da estimação pelos mínimos quadrados ordinários.

A analise no que concerne os resultados obtidos pela equacação demonstrada acima refletem-se por meio da correlação dos preços a vista e futuros, onde a maxima proteção, melhor dizendo, o *hedge* ótimo é revelado quando a correlação é positiva perfeita e reduz a proteção conforme o valor da correlação diminui.

Destaca-se então, acerca da equação 2 que o teste padrão exibe uma importante afimarção com relação a efitividade do *hedge*, amplia-se à análise com a exposição da equação 3.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |

Definindo-se:

= Coeficiente de determinação entre a – variância dos preços a vista e – variância dos preços futuros. Nota-se que esta equação revela seu resultado semelhante ao resultado da equação 1, ou seja, reflete a efetividade da proteção, reduz a variância dos preços do mercado físico em conjunto com o mercado futuro.

Esse modelo, no entanto, apresenta algumas limitações e foi amplamente critícado por alguns estudos econométricos que consistem em séries temporais. Os fatores principais que limitam o desempenho desta metodologia de regressão simples é não considerar primeiramente um problema muito comum em séries temporais, a heterocedasticidade e em seguida a autocorrelação, não considerando que a existência de que um preço mais alto influencia os preços proximos a ele, fornecendo estimativas tendenciosas. Além disso, este modelo não diferencia o mercado futuro e a vista ao longo do tempo , condicionando a uma estimativa de razão de *hedge* constante, segundo Oliveira Neto e Garcia (2013).

Como foi citado anteriormente, um dos itens para que um produto/mercado disponha de contrato futuro, a volatilidade nos preços a vista deve ser notável. Entretanto esta volatilidade dos preços incorre em problemas para uma estimação mais precisa, visando mitigar o preço para os agentes. Tal volatilidade é gerada principalmente pela instabilidade do mercado financeiro, que é afetada diretamente por alterações no contexto político do país, além de pressões dos mercados externos. Desta forma, series temporais estão sujeitas a não constância da variância dos erros de previsão, apresentando-se então, autocorrelação na variância das pertubações.

Engle (1982) desenvolveu em seu trabalho uma forma de capturar a correlação, por meio de uma motodologia que ficou conhecida como modelos de auto-regressivos de heterocedasticidade condicional ARCH.

A ideia básica é que o retorno é não-correlacionado serialmente, mas a volatilidade (variância condicional) depende de retornos passados por meio de uma função quadrática. Morettin e Toloi (2004).

Enders (2004) apud Souza et al (2011) definem estes modelos com base na modelagem de séries que são não correlacionadas serialmente, porém a volatilidade mostra-se presente, como resultados a variância condicional é modelada em uma função de segundo grau sendo dependente dos valores passados da série. Em um modelo ARCH(1) a variância do erro dependerá de uma constante mais o termo , essa é a principal característica dos modelos ARCH.

O modelo ARCH(r) é definido na equação 4 e 5 de forma generalizada, para uma série como:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |
|  |  | () |

Conforme Morettin e Tolloi (2004) propuseram, verificando-se as premissas de estacionariedade de uma série temporal, para observar em um modelo ARCH(r) uma variância positiva e fracamente estacionária, os coeficientes do modelo de variância dos erros devem cumprir as condições de:

Os erros foram considerados como variáveis normais e com média zero e variância unitária, além de serem identificadas como uma sequencia de variáveis aleatórias independentes e igualmente distribuídas. (ENGLE, 1982).

Por fim, explicita-se a metodologia multivariada GARCH BEKK (p, q, k), onde

representa a matriz de covariâncias condicionais, posto a partir do conjunto de informações disponível em t, conforme apresentação Baba *et al*. (1990) e Bittencourt *et al*. (2006), sendo:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |
|  |  | () |

onde C, A, B são parâmetros da matriz (K x K), em que K = 2, com formato bivariado. C é uma matriz triangular superior, p e q apresentam a ordenação do modelo e k expõe a quantidade de séries utilizadas.

Para verificar a estacionariedade do modelo deve-se avaliar a seguinte condição:

O modelo GARCH BEKK multivariado terá covariância estacionária se os autovalores de são menores do que 1 e ⊗ denota o produto de Kroneker. De acordo com Bitencourt *et al.* (2011) o produto de Kroneker é caracterizado como um operador matricial binário, com função de ampliar matrizes de dimensões arbitrária para uma estrutura especial de bloco.

A modelagem GARCH BEKK conduz uma importante informação quanto às suas configurações generalizadas. Karolyi(1995) demonstrou que tal modelo concede uma interação entre as variâncias e covariâncias condicionais, permitindo que haja influência, além disso, não demanda um numero grande de parâmetros a serem estimados. A estimação do modelo pauta-se no Método de Quase-máxima Verossimilhança, adotando a distribuição gaussiana dos erros. O Método de Quase-máxima Verossimilhança apresentou forte consistência de estimadores por meio de demonstração de Jeantheau (1998) em modelos GARCH multivariados, apesar de relatos de que a normalidade dos dados não seja completamente confirmada, portanto, o procedimento adotado possui consistência para ser aplicado.

A (dinâmica) razão ótima de *hedge* para o modelo GARCH BEKK pode ser obtida quando o retorno equivale a diferença do logaritmo do preço da commodity:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |

Com sendo o indicador da razão ótima de *hedge*, e demonstram o logaritmo dos preços à vista e futuros, respectivamente. Com tempo e conjunto de informação .

Considera-se que a minimização da variância assume um alto grau de aversão ao risco. Contudo, se retornos esperados na proteção de preços com contratos futuros forem zero, a regra de mínima variância de *hedge* também será, de forma semelhante, regra de máxima-utilidade esperada de *hedge*. Desta forma, amplia-se a aplicabilidade da regra de mínima variância de hedge além do que é geralmente reconhecida. Este ponto foi ilustrado por Baillie & Myers (1998) em consonância com Benninga et al. (1984).

A obtenção da razão ótima (dinâmica) de *hedge* pelo modelo bivariado GARCH BEKK, considerando os preços à vista e futuro, respectivamente em (equação 9) é extraída da matriz de covariância condicional :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |

onde é o elemento na i-ésima linha e j-ésima coluna da matriz de covariância condicional . Em estimativas amostrais, a razão ótima de hedge dinâmica pode ser computada usando o caminho , definido na equação (10) e sendo apresentada matricialmente como:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |

* 1. Fonte e tratamento de dados

A composição dos dados é dada por um conjunto de três series. Inicialmente, obtiveram-se os preços diários spot do milho e da soja – Paranaguá (PR), disponibilizados por ESALQ/BM&FBovespa, para o período de 08/06/2012 à 12/09/2016. Na sequência, foi coletado o preço futuro da soja, por meio do site da Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F), contemplando também o período 08/06/2012 à 12/09/2016. Tal base de dados conta com 1043 observações por série.

Os preços das séries são medidos em dólares US$ para cada saca de 60 kg. Algumas informações adicionais são destacadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros. – especificações de contrato futuro da soja

|  |  |
| --- | --- |
| **ITEM** | **ESPECIFICAÇÕES** |
| Commodity | Soja em grão a granel tipo exportação. |
|  |  |
| Cotação | Dólares dos Estados Unidos da América por saca de 60 (sessenta) quilos líquidos. |
|  |  |
| Unidade de Negociação | 450 (quatrocentas e cinquenta) sacas de 60 (sessenta) quilos líquidos ou 27 (vinte e sete) toneladas métricas. |
| Meses de vencimento | Março, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro. |
| Data de vencimento e último dia de negociação. | Segundo dia útil anterior ao mês de vencimento |
| Número de vencimentos em aberto | Conforme autorização da BM&FBOVESPA. |
|  |  |

**Fonte**: BM&F-BOVESPA (2016)

O Quadro 1 ilustra como os contratos futuro de soja são classificados por meio de definições, apresentando aos agentes informações mais claras a respeito das negociações a serem efetuadas. Cabe destacar que as variáveis estão representadas por siglas, onde o preço spot da soja é identificado como *psa;* preço spot do milho sendo *pma*; e o preço futuro da soja é nomeado como *psf.*

1. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo apresenta os resultados do *cross hedge* do milho com uso de contratos futuros da soja da BM&F-BOVESPA. Primeiramente, destaca-se nesta seção os resultados a respeito do teste correlação entre as séries, para avaliar o grau de relacionamento entre elas, para evidenciar se atende as premissas em adotar o *cross-hedge* com base em um nível de interação aceitável. A partir da tabela 3, verifica-se o teste de correlação para as séries em nível.

Tabela 3 – Teste de correlação entre as séries em nível

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *psf* | *psa* | *pma* |
| *Psf* | *1* |  |  |
| *Psa* | 0,9341 | 1 |  |
| *Pma* | 0,6845 | 0,6855 | 1 |
|  |  |  |  |

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

Verifica-se que a partir da Tabela 3 há uma alta relação entre as variáveis quando consideradas em nível, o preço da soja a vista e futuro são correlacionadas em 93,41%, o que já era de se esperar por se tratar de mercados baseados em um mesmo produto. Já a relação entre o preço da soja futuro e o preço do milho a vista é cerca de 68,45%, que é uma relação consideravelmente elevada. Confirmando a tese de que os mercados da soja e do milho assemelham-se. Esta é relação é um pouco ainda mais forte considerando o mercado a vista e dos dois grãos, obtêm-se um coeficiente de 68,55%.

Contudo, em se tratar de séries de preço, é comum não serem estacionarias em nível realizou-se o teste de correlação em primeira diferença, verifica-se o resultado na Tabela 4.

Tabela 4 – Teste de correlação entre as séries integradas de ordem I(1)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *psf* | *psa* | *pma* |
| *Psf* | *1* |  |  |
| *Psa* | 0,2261 | 1 |  |
| *Pma* | 0,1431 | 0,3498 | 1 |
|  |  |  |  |

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa.

Ao considerar as variáveis em primeira diferença, onde a média, a variância e covariância das séries são constantes, os valores de interação entre elas se alteram dos valores vistos anteriormente. Estes dados apresentam resultados mais límpidos da interação entre as séries. Observa-se que agora a relação *psf-psa* caiu para 22,61%, e a relação *psf-pma*  resulta em uma porcentagem menor, 14,31%, ao considerar em conjunto a relação dos preços à vista também decresceram para 34,98, aproximadamente metade do verificado com as séries em nível.

Concernente à estacionariedade das séries, os resultados dos testes de raiz unitária – chamado teste DF – GLS, apresentados na Tabela 5 levam a concluir que as séries *psf, psa, pma*  podem ser considerada integradas de ordem um – I(1). Ou seja, é necessária a aplicação de uma diferença de ordem um para torná-las estacionárias.

Tabela 5 – Resultados dos testes de raiz unitária de Elliott-Rothenberg-Stock – DF-GLS, para as séries (em nível)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Variável |  | Modelo 1  Com constate |  | Modelo 2  Com constante e tendência |
|  | p | Estatística DF-GLS | p | Estatística DF-GLS |
| *psf* | 1 | -0,437\* | 1 | -2,155\* |
| *psa*  *pma* | 1  1 | -0,765\*  -1,074\* | 1  1 | -1,894\*  -1,041\* |

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

Notas: Modelo 1 , na versão com constante e tendência.

Modelo 2 , na versão somente com constante.

\*Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade

Após a realização dos testes DF-GLS em nível para as séries, para o modelo I – somente com constante e modelo II – com constante e com tendência, que não se pode rejeitar a hipótese nula de que há uma raiz unitária nessas séries. Por meio do Critério de Informação de Akaike Modificado – MAIC, foi definido o número de defasagens necessárias (p). Diferenciando as séries, os resultados obtidos permitem inferir que são integradas de ordem I(1).

Ademais, adotou-se também o teste Phillips-Perron - Phillips e Perron (1988), pelo fato de este teste revelar a presença de uma quebra estrutural nas séries. Os resultados expostos na (Tabela 6) estão em conformidade com o teste DF-GLS, ou seja, as séries são integradas de ordem um – I(1). Não se rejeita a hipótese nula de que há uma raiz unitária nestas séries.

Tabela 6 – Resultados dos testes de raiz unitária Phillips-Perron – para as séries (em nível) utilizadas no modelo

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Variável |  | Modelo 1  Com constante |  | Modelo 2  Com constante e tendência |
|  | p | Estatística PP | p | Estatística PP |
| *psf* | 6 | -1,164\* | 6 | -2,552\* |
| *psa*  *pma* | 6  6 | -1,286\*  -1,275\* | 6  6 | -2,268\*  -1,256\* |

**Fonte**: Elaborado pelos autores com dados da pesquisa

\*Não significativo ao nível de 0,01 de probabilidade

\*\*Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade

\*\*\*Não significativo ao nível de 0,10 de probabilidade

Desta forma, conclui-se que não se pode rejeitar a hipótese nula de que há uma raiz unitária nas séries, semelhante aos resultados obtidos anteriormente, mostrando a não estacionariedade das séries quando expostas em nível, algo muito comum em séries de preços.

Adiante dar-se-á sequência as estimativas com base nos modelos apresentados anteriormente na seção de metodologia. Primeiramente apresenta-se o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO – OLS).

O valor de obtido para o *hedge* ótimo pelo método de regressão convencional – equação 1 – foi de , com efetividade . Estes dados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados do Hedge ótimo pelo método MQO

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Variáveis | Coeficientes | Eigenvalue | Estatística  Traço | p-value |
| .△ | 0,0524 | 0,01120 | 4,68 | 0,000 |
| C  *R²* | 0,0012  0,0205 | 0,0046 | 0,26 | 0,798 |

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

A tabela 7 permite afirmar que há uma baixa relação de proteção para os agentes que estão atuando no mercado do milho, baseando-se nos dados futuros da soja, quando considera-se o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários. Um ponto falho que deve ser considerado para este modelo, é afirmar que a proteção para todo o período mantém-se constante, isso na realidade não é observado, pois a variância da série se altera conforme o tempo avança, há também a presença de heterocedasticidade em conjunto com a volatilidade da formação dos preços destas séries violam premissas do modelo de regressão padrão. Assim, esse modelo não se mostra o mais adequado para tal análise, pois incorre em distorção dos resultados (TANAKA, 2005). Este ponto será discutido mais a frente quando serão análisados os resultados comparando os diferentes modelos.

Para testar a presença de heterocedasticidade no modelo exposto anteriormente, utilizou-se do teste ARCH LM (Tabela 8), que indica a presença de tal efeito, rejeita-se a hipótese nula de que não há efeitos de volatilidade condicional.

Tabela 8 – Diagnóstico para os testes do modelo de hedge OLS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Teste** | **Estatística do Teste** | **P-Valor** |
| Portmanteau teste para ruído branco: Box-pierce | 199,48 | Estatística  0,000\* |
| .Heterocedasticidade: Teste de White’s | 1,93 | 0,3801\*\* |
| ARCH LM | Valor  123,579 | Prob. F, χ2  0,000\*\*\* |

**Fonte**: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

\* indica rejeição da hipótese nula de autocorrelação a 5% de significância

\*\* rejeição da hipótese nula de homocedasticidade

\*\*\* forte evidência de efeito ARCH nos resíduos

O teste de Portmanteau (Tabela 8) rejeita a hipótese nula, conclui-se que os resíduos não são ruído branco. Mais além, o teste de heterocedasticidade de White também rejeita a hipótese nula e indica que o modelo OLS é heterocedástico.

Para o teste ARCH LM observa-se um valor elevado em seu resultado, assim, rejeita-se a hipótese nula de não presença de efeito ARCH, desta forma a presença de efeito ARCH implica em heterocedasticidade condicional. Como dito previamente o modelo OLS não é o mais indicado para tal tipo de análise, sendo assim, apresenta-se o modelo GARCH BEKK – posicionamento do resultado do modelo GARCH por uma matriz diagonal, mais indicado para este tipo de análise, pois capta os efeitos da variância e covariância condicionais.

Avaliam-se os resultados dos testes GARCH-BEKK por meio da equação abaixo (11), permitindo, na sequência, realizar uma comparação entre os dois modelos e também ver a evolução dos modelos de análise de risco de preços.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | () |

Os resultados encontrados pela estimação do modelo GARCH BEKK:

\*

\*

Notas: \*Não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade

A equação (11) representa o modelo GARCH-bekk bivariado que foi estimado, sendo *hss* o preço do milho à vista; *hff* o preço da soja futuro; e *hsf* o preço cruzado do milho à vista e o preço da soja futuro.

Os resultados apresentados na equação (11) indicam o valor dos parâmetros calculados: C representa o valor da constante; A é a matriz ARCH (1,1) a qual mede os efeitos dos choques passados dentro do próprio mercado; B mostra a matriz GARCH (1,1) em que os elementos medem os efeitos da volatilidade passada sobre a volatilidade presente; ρ aponta a quasicorrelação condicional dos resíduos padronizados, indica a eficiência do *hedge*; e são parâmetros que regem a dinâmica das quasicorrelações, estes indicam que a evolução das covariâncias condicionais depende mais de seus valores passados do que das inovações dos resíduos remanescentes. Os parâmetros do modelo GARCH BEKK não são diretamente interpretáveis, sendo necessária a obtenção do hedge ótimo por meio da operacionalização, expressado pela Equação 9, , considerando os preços à vista e futuro , respectivamente. Estes valores são extraídos da matriz de covariância condicional e o valor hedge ótimo é indicado pelo termo .

Obtidas as relações de hedge ótimo pelo modelo dinâmico, manipula-se os dados para apresentação dos resultados na figura (4), que expressa a diferença entre o modelo linear OLS e o modelo dinâmico GARCH-BEKK, aonde este último ajusta-se em conformidade com oscilação da variância dos dados no tempo, enquanto o modelo linear sugere uma proteção permanente durante todo o período.

Figura 4 – Modelo de Mínima Variância e Dinâmico de cross hedge entre o preço do milho à vista e da soja futuro – em %

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa

O ponto fundamental ao analisar a Figura (4) é destacar que o Modelo de Mínima Variância apresenta um indicador viesado, mantém-se constante durante o período. Porém, as condições ao longo do período estudado foram diferentes para os agentes, consequentemente as ações a serem tomadas também devem divergir. Portanto, o modelo de *hedge* Dinâmico atende melhor ao portfólio do trabalho apresentado, pois apresenta os diversos comportamentos que os negociadores deveriam adotar considerando a alteração nos preços à vista do milho e futuro da soja para assim, alcançar uma maior proteção em seus planejamentos de produção, ou carteira de investimentos.

Com base nos resultados encontrados pode-se observar que o modelo OLS sinaliza que a parcela de hedge ótimo deveria ser de 5,24% em todo período, o que é bastante diferente do encontrado pelo modelo dinâmico. O modelo dinâmico sinaliza ao agente que a razão de hedge cruzado ótimo pode ser bem maior que isso, e que a efetividade dessa proteção é bem maior que os 2,05% encontrados pelo modelo OLS; mostradas por meio dos parâmetros de quase-correlação do modelo GARCH BEKK.

A partir dessas considerações, pode-se destacar que o presente trabalho avança em relação à literatura acerca de comercialização agrícola do milho, porquanto mostra que o hedge cruzado do milho em relação a soja pode ser uma alternativa para garantias de margens estáveis de comercialização e para dirimir riscos de preço no mercado de milho, além de apresentar uma metodologia pouco explorada em estudos para o Brasil, como o modelo GARCH BEKK.

Uma tendência que se observa por meio dos resultados do modelo dinâmico (Figura 4), e que é bastante relevante, é o fato de que, a despeito das flutuações existentes, a tendência recente de parcela a ser protegida tem se elevado no período recente, observa-se que pode chegar a mais de 40% a parcela a ser protegida quando se analisa o modelo dinâmico; de forma geral os valores recentes são mais elevados que os do início da série, com grau de eficiência atingindo 18%.

Tendo em vista a supremacia americana na produção de milho, o aumento da participação brasileira na exportação do milho, deve-se ao fato de que o destino do milho americano é para a indústria sucroalcooleira, ou seja, a commodity em grande parte fica retida no mercado interno para a produção de etanol. Esta flexibilidade do mercado abriu novas negociações acerca deste grão para os produtores brasileiros, desta forma, o modelo dinâmico apresenta aos agentes resultados significativos, que podem mitigar o risco, por meio de uma proteção elevada, beneficiando as negociações com de informações do mercado da soja.

Além do mais, um ambiente com amenização do risco, via aumento de proteção, irradia benefícios a uma cadeia de produção mundialmente respeitada no território brasileiro, a do agronegócio, responsável por uma parcela de 21,35% do PIB, em 2015, de acordo com o CEPEA (2016).

Outro ponto que vem sendo discutido na literatura brasileira é a reprimarização da economia, autores tem afirmado que a indústria brasileira vem perdendo competitividade e isto tem culminado em perda de participação relativa do setor produtos com nível de fator agregado mais elevado, devido a baixa produtividade, esta reprimarização põe um peso ainda maior sobre o agronegócio, revelando-se de fato um importante ingrediente para geração de receita, emprego e desenvolvimento no Brasil para os próximos anos.

Desta forma, o presente trabalho abre novos horizontes para discussões acerca do futuro econômico do país, dependendo cada vez mais do setor do agronegócio.

1. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi apresentar o quanto um agente pode proteger sua margem em negociações de preços milho à vista, baseando-se no preço futuro da soja da BM&F-BOVESPA, por meio de *hedge* cruzado inovador na literatura brasileira para estes produtos, além de apresentar um comparativo entre Modelos de Variância Constante (OLS) e Modelo Dinâmico (GARCH-bekk diagonal).

A importância do agronegócio para o PIB brasileiro é incontestável, para tanto, análises acerca deste setor podem contribuir para a expansão das negociações e mitigar o risco intrínseco as alterações nos preços.

A produção do milho no Brasil vem ganhando destaque, pois os Estados Unidos, maior produtor mundial do grão, tem retido sua produção internamente para a produção etanol. Esse cenário deu abertura a mercados para o produtor brasileiro. Tendo em vista que o mercado da soja já está consolidado devido à larga produção que é realizada no país, as oscilações dos preços e negociações são menores, impondo mais liquidez aos contratos, como estes bens são complementares em uma larga cadeia de produção alimentícia, apresentam alto grau de correlação, sendo possível utilizar modelos cruzados para verificar se tal interação pode mitigar o risco dos preços.

Neste sentido, utilizou-se séries diárias para o período de 08/06/2012 a 12/09/2016, onde observou-se no Modelo de Mínima Variância um *hedge* ótimo em cerca de 5,24%, com grau de efetividade de proteção em 2,05% para todos o período observado. Em discrepância com este modelo, os resultados do Modelo Dinâmico – GARCH BEKK diagonal apresentou oscilações no que tange ao hedge ótimo, atingindo valores superiores a 40%, em períodos mais recentes em relação ao início da série que foi estudada e mostrou-se mais adequado para a análise por captar a oscilações condicionais do mercado. Portanto, é de valor significativo o agente que depende do preço do milho pautar-se na série de preços da soja para precaver-se de possíveis alterações nos preços, podendo assim, garantir uma maior margem em suas negociações em conjunto com uma redução do risco do contrato, ou seja, aumentar a rentabilidade de sua carteira ótima.

A contribuição deste estudo à literatura é inovar ao utilizar uma metodologia pouco explorada sobre hedge no mercado de grãos, sinalizar que o produtor de milho pode encontrar elevado índice de proteção ao usar contratos de soja como hedge cruzado, ademais o estudo sinaliza, por meio de um modelo dinâmico, que a efetividade da proteção tem se ampliado no período mais recente.

REFERÊNCIAS

ADAM-MULLER, A. F. A.; NOLTE, I. *Cross hedging* under multiplicative basis risk. **Journal of Banking & Finance**. v. 35, n. 11, p. 2956-2964, November. 2011.

ANDERSON, R. W.; DANTHINE, J. P. Cross hedging. **The Journal of Political Economy**, p. 1182-1196, 1981.

BABA, Y.; ENGLE, R. F.; KRAFT, D. F.; KRONER, K. F. **Multivariate simultaneous generalized ARCH**. San Diego: University of California. Mimeo, 1990.

BAILLIE, R. T.; MYERS, R. J. **Modeling commodity price distributions and estimating the optimal futures hedge**. Columbia: University of Columbia, 1998.

BENNINGA, S.; ELDOR, R..; ZILCHA, I. The Optimal Hedge Ratio in Unbiased Futures Mar- kets. **Journal of Futures Markets,** 1984.

BITENCOURT, W. A.; SILVA, W. S.; SÁFADI, T. Hedge dinâmicos: uma evidência para os contratos futuros brasileiros. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 8, n. 1, p. 71-78, 2006.

BLAKE, M. L.; CATLETT, L. Cross Hedging Hay Using Corn Futures: An Empirical Test. *Western* ***Journal of Agricultural Economics***, v. 9, n. 1, p. 127-134, 1984.

BOLSA MERCANTIL E DE FUTUROS - **BM&F**. Resumo geral das operações. Disponível em: <<http://www.bmf.com.br>>. Acesso em: 11 julho, 2016.

BROLL, U.; Wong K.P. Hedging with Mismatched Currencies. **The Journal of Futures Markets**, New York, v. 19, n. 8, p. 859-875, 1999.

BROOKS, C.; DAVIES, R. J.; KIN, S. S. Cross Hedging With Single Stock Futures. **Assurances et Gestion des Risques**. v. 74, n. 4, p. 473-504, 2007.

BUENO, R. D. L. S.; OLIVEIRA ALVES, D. C. de. *Hedge*: variância mínima. In *I Encontro Brasileiro de Finanças*, 2001.

CALDARELLI, C. E. **Fatores de influência no preço do milho no Brasil**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. p. 152, 2010.

CUNHA, A. M. A China e o Brasil na nova ordem internacional. **Revista de Sociologia e Política**, v. 19, p. 9, 2011.

DE OLIVEIRA NETO, O. J.; GARCIA, F. G. Cross hedging the argentinian steers in the futures market of the brazilian live cattle. **CEP**, v. 38304, p. 402, 2013.

DEMARCHI, M. Análise da Conjuntura Agropecuária, Safra 2011/12: Milho. **Curitiba: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/Departamento de Economia Rural.** 2012a. disponível em: http://www. seab. pr. gov. br. Acesso em, v. 12, 2011.

ELAM, E. W.; MILLER, S. E.; HOLDER, S. H. Simple and multiple *cross-hedging* of rice bran. **Southern Journal of Agricultural Economics**, July, 1986.

ENGLE, R.F. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation. **Econométrica**, v. 50, p. 987-1008, 1982.

FARHI, M. Derivativos financeiros: hedge, especulação e arbitragem. **Economia e Sociedade,** v. *8*, n. 2, p. 93-114, 2016.

FAVRO, J.; CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. da. **Modelo de Análise da Oferta de Exportação de Milho Brasileira: 2001 a 2012. Rev. Econ. Sociol. Rural,  Brasília** ,  v. 53, n. 3, p. 455-476,  set.  2015 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0103-20032015000300455&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em  03  mar.  2017.  http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005303005.

FREITAS, C. A. de; ALVES, W. B. Análise da efetividade e da razão ótima do hedge do boi gordo e do cross-hedge do bezerro no Estado de São Paulo (2001 a 2010). **Análise Econômica**, v. 31, n. 60, 2013.

GASQUES, J. G., Rezende, G. C. D., Villa Verde, C. M., Salerno, M. S., da Conceição, J. C. P., & Carvalho, J. C. D. S. **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil**, 2004.

GOMES, F. C. Determinação da razão de hedge: um estudo sobre as teorias de hedging. **Revista de Administração de Empresas**, v. 27, n. 4, p. 38-44, 1987.

HAYENGA, M. L.; DIPIETRE, D. D. “*Cross Hedging* Wholesale Pork Products Using Live Hog Futures,” **American Journal of Agricultural Economics.** v. 64: p. 747-751, 1982.

HULL, J. **Options, futures and other derivatives**. New Jersey, Prentice Hall, ed.5, 2003.

IPEADATA. Base de Dados do Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada (IPEA). Macroeconômico. **Base de dados**. Disponível em:< http://www.ipeadata.gov.br/>. Acesso em: 18 julho, 2016.

JEANTHEAU, T. **Strong consistency of estimators for multivariate GARCH models. Econometric Theory**, [S.l.], v. 14, p. 70-86, 1998.

JOHNSON, L.L. The theory of hedging and speculation in commodity futures.**Review of Economic Studies***,* v. 27, p*.* 139-51,1960.

KRUGMAN, P. R.; OBSTFELD, M.; MELITZ, M. J. **Economia Internacional** – 10ª edição. São Paulo: Pearson, p. 288, 2015.

LAVORENTE, G. B. **Caracterização das vias de exportação de soja do estado do mato grosso**. ESALQ-Log. Piracicaba. 2011.

LENCE, S. H. Relaxing the assumptions of minimum-variance hedging. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, p. 39-55, 1996.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. *The journal of finance*, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

McKENZIE, A. M. et al. Unbiasedness an Market Efficiency Test of the U.S. Rice Future Market. **Review of Agricultural Economics**, 2002.

MESSIAS, V. S. N. **Multimodalidade como estratégia logística para o transporte de commodities agrícolas no centro-sul do Brasil: o papel do PNLT no equilíbrio da matriz**. 2017.

MILLER, S. E. Simple and multiple *cross‐hedging* of millfeeds. **Journal of Futures Markets**, v. *5*, n.1, p. 21-28, 1985.

MILLER, S. E.; LUKE, D. B. Alternative techniques for *cross hedging* wholesale beef prices**. Journal of Futures Markets**, v. 2, n. 2, p. 121-129, 1982.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MIDIC/SECEX. **Alice web: dados das Exportações e Importações brasileiras por fator agregado.** Disponível em: <http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: 12 julho, 2016.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de séries temporais. **São Paulo: Edgard Blucher**, p. 535, 2004.

MYERS, R. J.; THOMPSON, S. R. Generalized optimal hedge ratio estimation. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 71, n. 4, p. 858–868, 1989.

PHILLIPS, P.; P. PERRON. **“Testing for a Unit Root in Time Series Regression,”** Biometrika, v. 75, p. 335–46, 1988.

RODRIGUES, M. A.; ALVES, A. F. Efetividade e razão ótima de hedge: um survey. In **XLVIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural***,* Campo Grande, 2010.

SANTANA, É. J. **Polos de aglomeração produtiva de milho, aves e suínos em Mato Grosso**. Cuiabá. Dissertação de mestrado - programa de pós-graduação em agronegócios e desenvolvimento regional. Universidade Federal do Mato Grosso, 2010.

SANTOS, A. H. G. dos; AGUIAR, D. R. Analise dos fatores determinantes da viabilidade de implantação do contrato futuro de suínos vivos no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio–REA**, v. 1, n. 2, 2015.

SCHOUCHANA, F. Introdução aos mercados futuros e de opções agropecuários no Brasil. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros. p. 81, 2000.

SILVA, A. C. D., de Lima, E. C., & BATISTA, H. R. A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação. ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 2011.

SILVA, J. de S. et al. Armazenagem e comercialização de grãos no Brasil. p. 1-19, 2000.

SILVA, J. de S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 1-19, 2000.

SILVEIRA, R. L. F. da; FERREIRA FILHO, J. B. D. S. Análise das operações de *cross hedge* do bezerro e do *hedge* do boi gordo no mercado futuro da BM&F. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.41, n. 4, 2002.

SOUZA, W. A. D. R. D.; BELLINGHINI, D. F., MARTINES-FILHO, J. G.; MARQUES, P. V. A Eficiência de *Cross-hedge* do Risco de Preço de Frangos com o Uso de Contratos Futuros de Milho da BM&F-BOVESPA. **SOCIEDADE, CONTABILIDADE E GESTÃO**, v. 6, n*.* 3, 2012.

SOUZA, W.A.R., CALDARELLI, C.E., ROCHA, C.M. e MARTINES-FILHO, J.M. “The dynamic hedging effectiveness for soybean farmers of Mato Grosso with futures contracts of BM&F”. **Organizações Rurais e Agroindustriais (UFLA)**, v.12, p. 1-21, 2010.

STEIN, J.L. The simultaneous determination of spot and futures prices.**American Economic Review**, p*.* 1-5,1961.

TANAKA, Y. **Estimação da razão ótima de hedge para o dólar futuro usando um modelo MGARCH-BEKK-Diagonal**. 50 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Economia e Finanças) — Escola de Pós-Graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2005.

TONIN, J.M.; ALVES, A.F.; Análise de base para o milho na região de Maringá. In: **III ECOPAR: Encontro de Economia Paranaense**. Londrina – PR, 2004.

WORKING, H. Hedging reconsidered. **Journal of Farm Economics**, v.*35,* n*.* 4, p. 544-561, 1953.

WORKING, H. New concepts concerning futures markets and prices. **American Economic Review**, v. 52, p. 431–459, 1962.