**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTROLADORIA E CONTABILIDADE**

GABRIEL AGNESINI DA SILVEIRA

Análise da Teoria da Estocagem sobre a base dos contratos futuros de soja no Brasil.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto Ambrozini

**RIBEIRÃO PRETO
2017**

Prof. Dr. Marco Antônio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Dante Pinheiro Martinelli
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof.^a Dr.^a Máisa de Souza Ribeiro
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade

Prof. Dr. Fabiano Guasti Lima
Chefe do Departamento de Contabilidade

GABRIEL AGNESINI DA SILVEIRA

Análise da Teoria da Estocagem sobre a base dos contratos futuros de soja no Brasil

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto Ambrozini

RIBEIRÃO PRETO
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVEIRA, Gabriel Agnesini da

Análise da Teoria do Armazenamento Sobre a Base dos Contratos Futuros de Soja no Brasil, Ribeirão Preto, 2017.

63 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP.

Orientador: Ambrozini, Marcelo Augusto

1. Mercado à vista e futuro 2. *Commodities* agropecuárias estocáveis. 3. *Hedge*. 4. Base 5. Soja. 6. *Storage* 7. *Convenience yield*

SILVEIRA, Gabriel Agnesini da

Análise da teoria da estocagem sobre a base dos contratos futuros de soja no Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Contabilidade Financeira - Finanças.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

RESUMO

SILVEIRA, Gabriel Agnesini da. **Análise da teoria da estocagem sobre a base dos contratos futuros de soja no Brasil**. 2017. 63 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto das variáveis da “Teoria da Estocagem”, como custo de oportunidade e estoque, sobre a “base” dos contratos futuros de soja negociados na BM&FBOVESPA, para um período de cinco anos e com dados diários, de outubro de 2013 a março de 2017. Foi proposta uma análise semelhante à de Fama e French (1987) a qual verificou o impacto dos custos de oportunidade do capital e de uma *proxy* para o estoque de soja, visando capturar os custos de estocagem e o benefício de conveniência, derivados da teoria da estocagem. Verificou-se que o custo de oportunidade dos agentes de mercado impacta positivamente a base, da mesma forma, o estoque também impacta de forma positiva a base. Os resultados encontrados estão em conformidade com a teoria de estocagem proposta por Working (1949). Assim, a principal contribuição do trabalho é fornecer à literatura evidências empíricas que sustentem o comportamento da base de soja no Brasil.

Palavras-chave: Mercado à vista e futuro. *Commodities* agropecuárias estocáveis. Base. *Hedge*. Soja. *Storage*. *Convenience yield*.

ABSTRACT

SILVEIRA, Gabriel Agnesini da. **Analysis of theory of storage on the “basis” of soybean futures contracts in Brazil.** 2017. 63 p. Dissertation (Master Degrees) - School of Economics, Business and Accounting at Ribeirao Preto, University of Sao Paulo, Ribeirao Preto. 2017.

The study aimed to evaluate the impact of the “Theory of Storage” variables based on the soybean futures contracts traded on BM&FBOVESPA for a period of five years with daily data, from October 2013 to March 2017. An analysis similar to that of Fama and French (1987) was proposed, which verified the impact of the opportunity costs of capital and a proxy for the soybean stock, aiming to capture the storage costs and the benefit of convenience, derived from the theory of storage. It was verified that the opportunity cost of market agents has a positive impact on the basis, in the same way, the stock also has a positive impact on the basis. The results found are in accordance with the “Theory of Storage” proposed by Working (1949). Thus, the main contribution of the work is to provide the literature with empirical evidence to support the behavior of the soybean basis in Brazil.

Keywords: Spot and Future Market. Agricultural Commodities. Basis. Hedge. Soybean, Storage. Convenience yield.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variável Base com a <i>dummy</i> sazonal de estoque proposta pelo trabalho.....	49
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Datas de plantio e colheita de Soja nos EUA	43
Tabela 2.	Estatísticas Descritivas das Variáveis do Modelo	47
Tabela 3.	Matriz de Correlação entre as Variáveis do Modelo	48
Tabela 4.	Testes Estatísticos dos Modelos Estimados	50
Tabela 5.	Resultados Estatísticos dos Modelos Propostos	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. TEORIAS DA BASE.....	12
2.2. Trabalhos voltados para o Brasil	27
3. METODOLOGIA	37
3.1. Dados e Amostra.....	37
3.2. Variáveis	37
3.3. Modelos	41
4. RESULTADOS	43
4.1. Estatísticas Descritivas	43
4.2. Análise Gráfica das Variáveis.....	45
4.3. Resultados dos Modelos	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como principal objetivo analisar o comportamento da “base” nos contratos futuros da *commodity* agrícola soja no Brasil. A “base” é tratada na literatura como o diferencial entre o preço à vista e preço futuro da mercadoria em questão (FARHI, 1998) ou, também, como a diferença entre dois preços futuros com vencimentos diferentes (FAMA; FRENCH, 1987).

A teoria abordada pelo trabalho sobre a base é chamada de Teoria da Estocagem “*Theory of Storage*”, de Kaldor (1939), Working (1948), Brennan (1958) e Telser (1958). Essa teoria afirma que o diferencial de preços (base) deve ser explicado pelos custos de armazenar a mercadoria de uma data a outra, dentre esses custos, têm-se: o custo de oportunidade do capital empregado no processo, os custos de estocagem e o rendimento de conveniência, que é derivado do benefício em possuir o estoque da mercadoria. Existe outra teoria chamada na literatura de “*Normal Backwardation*”, que foi desenvolvida inicialmente por Keynes (1930). Essa teoria propõe que a diferença entre os preços à vista e futuro deve ser compensada também por um prêmio de risco.

Sobre os preços de mercado futuros de *commodities*, Pinto (2015) afirma que o mercado futuro será neutro se a “base” for equivalente aos custos de carregamento. Assim, se tais valores diferirem, o mercado futuro estará em *contango* ou *backwardation*. Nos mercados em *contango*, o preço futuro excede o preço *spot* adicionado aos custos de carregamento e o detentor de posições vendidas incorre em prêmio, têm-se, desse modo, estímulos para a manutenção de estoques. Nos mercados em *backwardation*, o preço *spot* adicionado aos custos de carregamento excede o preço futuro, então, os detentores de posições vendidas incorrem em desconto, não há estímulos para a manutenção de estoques. Portanto, mercados em *contango* são condizentes com estoques superavitários, ao passo que mercados em *backwardation* associam-se à escassez de estoques.

Keynes (1930) acreditava que em condições normais de mercado a grande demanda de *hedgers* de venda para transferir o risco de preço levaria o preço futuro estar abaixo do preço *spot* previsto, e o preço à vista excede o preço a prazo, isto é, há atraso (*backwardation*), e, por isso a teoria ficou chamada de “*Normal Backwardation*”.

Dito isso, o primeiro trabalho a utilizar ambas as teorias - estocagem e *backwardation* - foi o de Fama e French (1987). Esses autores encontraram evidências empíricas mais consistentes a favor da teoria da estocagem, desta forma, o presente trabalho testou a presença das variáveis da teoria de estocagem no mercado futuro da soja no Brasil por meio de uma

metodologia similar a de Fama e French (1987).

Uma vez identificada a base teórica da pesquisa, cabe mostrar o cenário econômico no qual ela está inserida. As atividades agropecuárias em geral conferem alto risco ao investidor, para Bignotto, Barossi-Filho e Sampaio (2004), empresas que negociam *commodities* agrícolas enfrentam variações nem sempre previsíveis na produção e no preço. Além disso, são acrescidos fatores climáticos, períodos sem retorno de determinadas culturas, alto investimento, alta alavancagem e perecibilidade dos produtos. Para mitigar parte dos riscos advindo das flutuações de preços, o produtor ou o transformador da soja pode, por meio do *hedge*, fazer uso do mercado futuro na bolsa para se proteger. O próprio *site* da BM&FBOVESPA afirma que o contrato futuro de soja foi desenvolvido com o intuito de gerenciar o risco de oscilação de preço, sendo utilizadas pelos participantes do mercado, como produtores, indústria, *tradings*, dentre outros.

Entender o comportamento da “base” é importante e está associado ao *hedge*, pois ela embute em si informações dos dois preços, futuro e à vista. Nas operações de *hedge* os agentes do mercado compram ou vendem contratos futuros, ao mesmo tempo em que realizam atividades contrárias no mercado físico. De acordo com Farhi (1998), a operação de cobertura de riscos do produtor ou de um agente que possua uma posição comprada no mercado à vista é conhecida como “*hedge* de venda”, já a do transformador ou de todo agente com posição vendida no mercado à vista, é denominada “*hedge* de compra”.

Segundo Bittencourt (2006), a estratégia de *hedge* das operações apoia-se na correlação existente entre o preço da mercadoria no mercado físico e o preço do contrato futuro. Isso possibilita que o ganho financeiro em um dos mercados compense, ao menos parcialmente, a perda no outro mercado. Dessa forma, o risco de mercado é eliminado, entretanto, o investidor fica exposto ao risco de base que conceitualmente é menor que o risco de mercado, uma vez que a base possui menor variação. É importante considerar que caso haja uma ruptura nessa correlação, chamada de descolamento de mercados, ocorrerá perdas financeiras por parte do investidor.

Além de possibilitar a realização de operações de *hedge*, segundo Farhi et al. (1998), esses mercados constituem o instrumento ideal para a especulação ao permitir acesso fácil e direto aos mecanismos de alavancagem. A definição mais aceita de especulação foi descrita por Kaldor, em 1939, como sendo a compra (ou venda) de mercadorias visando à revenda (ou recompra) em uma data futura, sendo que o motivo de tal ação é a expectativa de mudança futura nos preços, e não uma vantagem derivada de seu uso ou qualquer tipo de transformação ou transferência de um mercado para outro.

As operações de arbitragem consideradas especulativas podem ser realizadas entre o mercado à vista e os derivativos, como por exemplo, em apenas um derivativo com diversos vencimentos, entre diferentes derivativos com o mesmo ativo subjacente, entre praças variadas, entre derivativos com diversos ativos subjacentes, mas correlatos, entre outras formas. Elas pressupõem, basicamente, a formação de um padrão observável sobre a relação “normal” entre preços, praças ou vencimentos, que é inferido de seu comportamento histórico, e são realizadas na expectativa de que eventuais distorções nesta relação sejam rapidamente corrigidas (FARHI, 1998).

Agentes de mercado comumente apostam em suas movimentações por meio de operações de arbitragem, ou seja, operações em que o agente compra um ativo e vende o outro na expectativa de mudança no diferencial de preço. Uma situação parecida com a do arbitrador é a do produtor de soja, que terá o produto físico na colheita (comprado) e irá realizar a venda futura de soja utilizando um contrato futuro; ou de um transformador, que faz a compra futura de soja e precisará do produto físico para processar no futuro, sendo que estes ficam expostos ao risco de base em ambos os casos descritos. Duarte Júnior (2001) completa que para entender e medir possíveis perdas causadas por flutuações no mercado futuro é necessário identificar e quantificar o mais precisamente possível as volatilidades e correlações das variáveis que causam impactos à dinâmica dos preços.

Diante do exposto sobre a importância do mercado de derivativos, seja utilizando o *hedge* com finalidade de cobertura de riscos, ou por meio de operações de arbitragem, tornam-se necessários maiores esclarecimentos a respeito de fatores que afetam a diferença temporal de preços, ou seja, a base.

Após a discussão acerca do objetivo proposto no trabalho e a importância do fenômeno de pesquisa para os agentes de mercado, surge a seguinte questão de pesquisa: **a variável base dos contratos de soja é afetada pelas variáveis da teoria da estocagem?**

Portanto, o trabalho testa as duas seguintes **hipóteses**:

H_1 : O custo de oportunidade no mercado impacta positivamente a base dos contratos futuros de soja no Brasil.

H_2 : O estoque impacta positivamente a base dos contratos futuros de soja no Brasil.

Foi escolhida para esta análise uma *commodity* agrícola devido à importância que esta cadeia de negócios tem no Brasil.

De acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o setor agropecuário liderou a economia brasileira em 2016, mesmo tendo atravessado uma crise

política e ainda dificuldades conjunturais. O agronegócio aumentou sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) de 21,5% para 23% e passou a representar 48% das exportações totais do país. Em um dado mais recente divulgado pela Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio, ligada ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), tem-se que, em abril de 2017, as exportações do agronegócio brasileiro alcançaram o montante de US\$ 8,66 bilhões, o que representou um crescimento de 7,3% em comparação aos US\$ 8,07 bilhões exportados em abril do ano anterior, atingindo 49,0% do total das vendas externas brasileiras no mês.

Dentre as *commodities* agrícolas com maior participação na balança comercial, em relação ao período de 2016, segundo dados do MAPA está o complexo soja, representando 52,5% das exportações; as carnes, 12,4%; produtos florestais, 9,9%; complexo sucroalcooleiro, 9,2% e o café, com participação de 4,5%. O primeiro lugar fica com o complexo soja, que em valores absolutos é mais de quatro vezes a exportação de carnes, a segunda posição.

A soja foi a *commodity* escolhida não apenas devido a sua participação na arrecadação com as exportações de soja em grãos e derivados, mas também pela sua importância no setor do agronegócio no país. Conforme Dall'agnol (2000), essa importância se dá devido à atuação da soja no uso de novas tecnologias no campo, na modernização dos transportes, na expansão das fronteiras agrícolas e inclusive no patrocínio ao desenvolvimento de outras culturas como a avicultura e a suinocultura brasileira.

Além disso, por ser fonte proteica na alimentação humana e de grande parte dos animais que produzem carne, leite e ovos, a soja oferece uma grande variedade de produtos derivados do seu farelo e do óleo. Segundo o *site* da BM&F-BOVESPA, trata-se de uma cadeia produtiva muito abrangente ao fornecer insumos para os setores de alimentação animal, produção de biodiesel, saúde e industrial (BIGNOTTO; BAROSSA-FILHO; SAMPAIO, 2004; SANCHES; MICHELLON; ROESSING, 2004).

O presente trabalho está estruturado em cinco seções. Além desta introdutória, na seção seguinte contém a revisão teórica sobre o fenômeno de pesquisa e os trabalhos relacionados a este, a terceira seção aborda a metodologia e os testes estatísticos, enquanto a quarta traz os resultados estatísticos, e, por fim, a quinta, as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. TEORIAS DA BASE

A diferença entre o preço futuro e o preço à vista (preço *spot*) de uma *commodity*, ou simplesmente a diferença de dois preços futuros em datas diferentes é denominada de base na literatura de finanças. Existem duas teorias que buscam explicar essa diferença de preços: a teoria proposta por Keynes (1930), originada da teoria do “*normal backwardation*”, e a teoria da estocagem proposta inicialmente por Kaldor (1939) e Working (1948).

A teoria de estocagem é construída sob a ótica de valor de tempo e do benefício de segurar a mercadoria fisicamente. A base é explicada em função dos custos de manutenção intertemporal do produto estocável, que são: os custos de armazenar a mercadoria de uma data a outra, o custo de oportunidade do capital empregado no processo e do chamado rendimento de conveniência que deriva do benefício de possuir o estoque da mercadoria. Já a teoria proposta por Keynes (1930) origina da teoria do “*normal backwardation*”, onde o diferencial de preço deve ser formado principalmente por um prêmio de risco.

Em síntese, sobre “*normal backwardation*”, Keynes (1930) ressalta o risco financeiro oferecido pela necessidade de se armazenar estoques de um período para o outro e sugere que os mercados futuros existem para facilitar o *hedge*. O autor afirma que se a oferta e a procura forem equilibradas, o preço à vista deve exceder o preço no futuro pelo montante que o produtor está disposto a sacrificar para se “proteger”, a fim de evitar o risco de flutuações de preços durante o seu período de produção.

Assim, em condições normais, o preço à vista excede o preço a prazo, isto é, há atraso (*backwardation*). Em outras palavras, o preço normal de fornecimento à vista inclui uma remuneração pelo risco de flutuação dos preços durante o período de produção, enquanto o preço a prazo a exclui essa remuneração. O especulador de compra (venda) percebe o prêmio ao recusar-se a comprar um contrato do *hedger* venda (compra), exceto pelo preço abaixo (acima) do qual o preço futuro deve se aproximar. A teoria afirma que a grande demanda de *hedgers* de venda para transferir o risco de preço leva o preço futuro estar abaixo do preço *spot* previsto, o que garante um prêmio de risco ao especulador.

Uma vez que a literatura observada e também o trabalho de Fama e French (1987) enxergam que esse diferencial de preço responde mais fortemente as variáveis de estocagem, será explorada no trabalho uma metodologia que testa a presença da teoria da estocagem no

mercado de soja no Brasil, por isso, será dada mais ênfase nesta teoria, conhecida na literatura internacional como “*theory of storage*”.

A literatura será discutida em cima do modelo teórico da teoria da estocagem proposta por Fama e French (1987), onde $F(t, T)$ é o preço futuro no tempo t para entrega em T e $S(t)$ é o preço à vista em t . A teoria prediz que o retorno de se comprar a mercadoria em t e vendê-la para entrega em T , ou seja, a base $F(t, T) - S(t)$, é igual aos juros corridos, $S(t)R(t, T)$, somado ao custo marginal de estocagem, $W(t, T)$, menos o rendimento marginal de conveniência, $C(t, T)$. Tal como se apresenta a seguir na equação (1):

$$F(t, T) - S(t) = S(t)R(t, T) + W(t, T) - C(t, T) \quad (1)$$

Kaldor (1939) em seu artigo seminal tratou esse diferencial de preço sob o contexto da especulação e forneceu informações relevantes sobre o que ficou conhecida como a teoria da estocagem. Ele dizia que se as expectativas fossem bastante certas, a atividade especulativa ajustaria os preços de modo que a diferença entre o preço esperado e o preço atual seria igual à soma do custo de juros e do custo de manutenção (limpeza, estocagem, transporte), e ainda menciona um terceiro fator, o rendimento dos bens, que ficou mais tarde conhecido como rendimento de conveniência. O autor disse que em circunstâncias normais os estoques de todos os bens possuem um rendimento e que este rendimento é uma compensação para o detentor do estoque, completou ainda com a implicação de que o rendimento marginal cai drasticamente com um aumento dos estoques e pode subir acentuadamente com uma redução dos estoques.

A teoria sobre o rendimento da conveniência está em consonância com o modelo proposto. Um aumento do estoque reduz o rendimento de conveniência, que por sua vez aumenta a base, na mesma linha, uma diminuição do estoque aumenta a conveniência que diminui a base. Sobre o rendimento dos bens (conveniência), Kaldor (1939) afirma que este deveria ser deduzido dos custos de manutenção próprios no cálculo do custo líquido de manutenção, desta forma, esses custos líquidos de manutenção como mencionados anteriormente seriam iguais à soma dos custos de estocagem e depreciação primária (usado para denotar aquela parte da depreciação que inevitavelmente surge através da mera passagem do tempo) menos o rendimento dos bens. Se as expectativas forem incertas, a diferença entre o preço esperado e o preço corrente deve cobrir, além dos custos de manutenção, certo prêmio de risco, abordado pela teoria do “*normal backwardation*”, proposta por Keynes (1930). Os

trabalhos apresentados adiante elaboraram e desenvolveram a teoria da estocagem, ajudando a chegar ao modelo proposto por Fama e French (1987). o mesmo que será usado neste trabalho.

Na mesma linha de pensamento da teoria da estocagem inicialmente discutida por Kaldor (1939), o trabalho de Working (1948) analisa a relação intertemporal de preços e relata que as discrepâncias de preços de uma data para outra devem representar a recompensa econômica direta para o serviço de estoque-transporte (custos de manutenção) da mercadoria, além de que as relações entre os preços para entrega em duas datas diferentes são comumente consideradas como dependentes do custo de realizar estas ações.

Especificamente, o estudo observou que esta condição existiu com frequência para o trigo nos Estados Unidos, no que diz respeito à relação entre os preços de dezembro e de maio, identificou-se que, na presença de suprimentos abundantes, o preço para entrega em maio tende a ser o preço para entrega em dezembro, adicionado ao custo de armazenar trigo de dezembro a maio. Até mesmo a relação entre o preço de entrega de maio próximo do fim de uma safra e o preço de entrega no mês de setembro subsequente a uma nova colheita coincidiu claramente com o custo de armazenar trigo durante os intervalos (WORKING, 1948).

O autor faz referência a esse diferencial de preço como sendo o "retorno necessário para a estocagem", ou seja, a recompensa econômica por armazenar o produto e ele completa que esta teoria das relações de preços intertemporais sob a condição de suprimentos abundantes ou superabundantes tem as propriedades comuns a todas as teorias de retorno para um serviço econômico. Se o retorno de um serviço for determinado livremente e competitivamente, ele variará de acordo com as condições de demanda e oferta, que é o caso dos retornos de armazenagem de trigo. Se os estoques a serem armazenados forem excepcionalmente grandes, o retorno para o transporte de trigo pode exceder o custo de armazenagem, conforme calculado convencionalmente. Já se os estoques forem moderados, a concorrência entre empresas com instalações de estocagem tende a resultar numa estocagem que será fornecido para um retorno bastante pequeno por unidade armazenada de soja, ou até negativo (WORKING, 1948).

Sob a ótica da teoria da estocagem, o retorno (diferencial de preço) negativo ocorre, pois quando o estoque é pequeno, o benefício da conveniência é grande, existe carência de produto no mercado e por vezes o preço à vista no momento poderá estar acima do preço futuro. O preço futuro se mostra abaixo do preço à vista, uma vez que tem vencimento após o início da colheita, onde terá abundância do produto no mercado, fazendo com que o

diferencial de preços ou a base sejam negativos. Dessa forma, entende-se que a base apresenta um comportamento sazonal, ou seja, seu valor é afetado pela existência ou não de estoques abundantes, derivado da sazonalidade da produção.

Com base em diagramas baseados em observação estatística, Working (1948) verificou que a estocagem do trigo ocorre em grandes quantidades ainda que a diferença entre os preços sejam representados por valores negativos, o autor completa que isto é possível devido ao fato de que a maioria dos custos para empresas de estocagem são fixos sob um ponto de vista de curto prazo e conjuntos, ou seja, os proprietários de grandes instalações possuem custos com *merchandising* e processamento e, sendo os custos com estocagem necessários para complementarem o rendimento de seu negócio de comercialização e processamento, seu negócio continua a ser rentável mesmo que estes custos diretos e indiretos possam parecer como sendo perdas diretas na própria operação de armazenagem. A explicação de Working (1948) mostra como o benefício da conveniência, que surge ao manter estoques de determinadas mercadorias, deriva da continuidade de operação de um negócio em conjunto que podem cobrir as perdas, no caso do “preço de estocagem” ser negativo.

Working (1948) apresenta a forma geral da curva de oferta de estocagem a partir de estudos estatísticos, ele afirma que o retorno conhecido para a estocagem é, essencialmente, o preço de estocagem. Dessa forma, a diferença de preços, ao menos quando positiva, é, em todos os aspectos, um preço de armazenagem, determinado em num mercado de serviços de armazenagem, livre através da concorrência.

A partir dos pontos observados, tem-se que o preço de estocagem, retorno para a estocagem ou mesmo a base é diretamente proporcional ao estoque: quanto maior o estoque, maior serão os custos de estocagem marginal e menor o benefício da conveniência, portanto, maior será a base. Quando menor o estoque, menor os custos de estocagem marginal maior o benefício de conveniência e menor a base.

Exatamente na mesma linha de Working (1948), sobre o benefício da conveniência, Brennan (1958) afirma que estoques de todos os bens proporcionam um rendimento ou compensação ao titular, que devem ser deduzidos dos custos de estocagem adequados para calcular os custos de estocagem líquidos. Em equilíbrio, o *spread* entre um preço futuro e um preço à vista é igual à despesa marginal sobre o espaço de estocagem, juros, taxas de manuseio, transporte, entre outros, com exceção do rendimento marginal de conveniência dos estoques, uma vez que retorno de conveniência marginal é uma função decrescente dos estoques, e este pode exceder a despesa marginal sobre o estoque físico (*cost of carry*) quando os estoques são relativamente pequenos.

Por meio de modelagem econométrica da curva de oferta de estocagem de alguns produtos agrícolas, Brennan (1958) elaborou o conceito de conveniência e diz que o motivo de conveniência é normalmente distinguido do motivo especulativo. A contrapartida exata deste motivo de conveniência para a detenção de estoques aplicar-se-ia estritamente àqueles mantidos para evitar o incômodo, o custo de entregas frequentes para processamento e revisões frequentes do cronograma de produção para efetuar o aumento das vendas. A definição apresentada em seu artigo é um pouco mais ampla, ela inclui na definição de rendimento de conveniência o benefício de estar em posição de tirar proveito de um possível aumento de preços no curto prazo e coloca essas participações na categoria de estoques especulativos.

Sobre o prêmio de risco (teoria no “*normal backwardation*”), Brennan (1958) ainda menciona que há um papel crucial no entendimento do conceito amplo de benefício da conveniência, ainda que não concorde sobre o fato de que Keynes (1930) tenha usado o prêmio de risco na tentativa de explicar a base negativa (*inverse carrying charge*) através do fenômeno de descontar o futuro, conhecido como “*backwardation*”. Brennan (1958) se posiciona a favor de Working (1948) no sentido de que os custos de estocagem juntamente com o benefício da conveniência respondem mais fortemente ao diferencial de preços observado.

Telser (1958) em seu artigo combina uma abordagem teórica com um exame de evidências e aborda uma teoria de mercados futuros capaz de prever as relações entre esses preços. As evidências apresentadas são inconsistentes com a teoria alternativa dos mercados de futuros avançada por Keynes (1930) e consistentes com a teoria da estocagem. Ele concretizou que o nível de equilíbrio dos estoques e dos preços é determinado pelo cronograma de estoques das empresas e mostra que os estoques mantidos no final de um período variam conforme a mudança de preço esperada desse período para o próximo. Ele estima o cronograma de estoque de duas *commodities*, algodão e trigo, e encontra nas regressões, que as relações dos estoques em relação aos preços futuros justificam-se pelo argumento anterior de que os estoques estão relacionados com as variações esperadas dos preços, que por sua vez são iguais à diferença nos preços futuros dos vencimentos sucessivos.

Essas análises têm a forma prevista pela teoria do rendimento de conveniência marginal, ou seja, o padrão sazonal dos estoques determina os *spreads* de preços. Sobre o prêmio de risco, ele aceita a hipótese que o preço futuro é igual ao preço à vista esperado, ou seja, o prêmio é zero. A teoria considera os *hedgers* como compradores de seguros e

especuladores como vendedores de seguros que devem ser induzidos a suportar o risco de mudanças de preços (TELSER, 1958, KEYNES, 1930).

Telser (1958) concluiu que embora *hedgers* possam estar dispostos a pagar especuladores para suportar os riscos de mudanças de preços, eles não precisam fazê-lo se especuladores estão ansiosos para especular, uma vez que o excesso de especuladores interessados pode acarretar na redução da base, ou seja, em pouco ou nenhum custo para o produtor reduzir seu risco.

Em contrapartida a Telser (1958), Cootner (1960) em seu artigo intitulado “*Returns to Speculators: Telser versus Keynes*” debate a divergência de ideias entre ambos os autores e defende o argumento de Keynes-Hicks conhecido como teoria do “*normal backwardation*”. Para Cootner (1960), os *hedgers* usam mercados de futuros para evitar riscos, vendendo seus estoques atuais para serem entregues em algum momento no futuro a um preço que cubra seus custos de armazenagem. Esses *hedges* de venda só são possíveis pela disposição dos especuladores de fornecer esse serviço em troca de uma "taxa". O especulador extrai essa taxa recusando-se a comprar o contrato do *hedger*, exceto por um preço menor do que o preço que ele espera obter no vencimento. Se o seu julgamento estiver correto, a diferença entre o preço a que ele compra e o preço que ele vende é a recompensa por seus serviços (COOTNER, 1960).

O próprio autor afirma que a hipótese alternativa (estocagem) não apresenta uma razão para qualquer diferença consistente entre os preços futuros e o preço à vista esperado após o termino desse contrato, defendendo que a concorrência e a livre entrada oferecem lucros especulativos a zero, de modo que qualquer oportunidade de lucro oferecida por tal diferencial entre futuros e preços *spot* esperados desapareceria imediatamente. Ao saber que a economia pressupunha que os lucros não existiam numa economia competitiva, e que mais tarde foi mostrado que essa “magia” foi conseguida incluindo os retornos necessários ao capital nos custos de produção, Cootner (1960) afirma que a formulação alternativa proposta por Telser (1958) seria verdadeira apenas partindo do pressuposto de que os especuladores irão jogar por amor ao jogo, concluindo inevitavelmente que não precisariam de recompensa para jogar.

Cootner (1960) e os autores subsequentes defensores dessa linha de pensamento se engajaram no sentido de mostrar que especuladores podem auferir lucros no mercado, e que assim, por conseguinte, o diferencial de preços seria formado também por um prêmio de risco. Por meio de uma análise empírica e descritiva, o autor mostra que os lucros dos especuladores dependem da capacidade de realizar a maior parte de seus compromissos a preços favoráveis

e afirma que os especuladores têm à sua disposição um mecanismo para ampliar ou desencorajar a demanda por futuros e que eles usam esse mecanismo inteligentemente.

O trabalho de Cootner (1960) não testou a hipótese de que os especuladores como um todo ganham dinheiro, ele argumenta que os movimentos de preços são tais que eles podem ganhar dinheiro e termina afirmando que não pode dizer definitivamente que os especuladores o fazem, mas pode sugerir que a ameaça à sua solvência é menos aguda do que Telser (1958) sugere. Telser (1958) e Cootner (1960) seguem debatendo sobre este aspecto havendo pouco consenso se o diferencial de preços compõe um prêmio de risco ou se está mais ligado aos custos de estocagem.

Em 1973, Dusak (1973) fornece sua contribuição para a longa controvérsia sobre se os especuladores em um mercado futuro auferem um prêmio de risco através de uma análise dentro do contexto do modelo de precificação de ativos (CAPM). De acordo com sua abordagem, o prêmio de risco exigido para um contrato de futuros não deve depender da variabilidade dos preços, mas sim do grau em que as variações de preços estão sistematicamente relacionadas com as variações do rendimento da riqueza total. O risco sistemático estimado para uma amostra de contratos de futuros de trigo, milho e soja no período de 1952 a 1967 foram próximos a zero em todos os três casos, assim como os retornos médios realizados nos contratos durante o mesmo período. Estes resultados vão contra a teoria de “*normal backwardation*”, uma vez que, qualquer pessoa que investiu (ou seja, vendeu seguros) em trigo, milho e soja futuros no período 1952-67 incorreu riscos para o qual ele recebeu em média um retorno muito próximo de zero, às vezes, negativo (DUSAK, 1973).

Até este ponto da literatura havia pouco consenso entre os autores se o diferencial de preço(a base) possuía ou não um prêmio de risco embutido em si e se de fato ela era explicada pelos custos de estocagem, os juros e o rendimento de conveniência. Fama e French (1987) em seu artigo “*Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage*”, a fim de fornecer testes empíricos a partir do mesmo conjunto de dados, usou ambos os modelos para estudar o comportamento dos preços futuros para 21 *commodities*. O artigo explica que o modelo de “*normal backwardation*” e a teoria de estocagem são alternativos, mas não concorrentes sobre a base. A variação do prêmio esperado ou a variação esperada no preço à vista no modelo de “*normal backwardation*” traduz-se em variação na taxa de juro, o custo marginal de armazenagem e o rendimento de conveniência marginal na teoria da estocagem. Por exemplo, a base para os produtos agrícolas

é muitas vezes negativa antes de uma colheita quando o preço futuro é previsto para entrega depois da colheita (FAMA; FRENCH, 1987).

Sob a teoria de estocagem, a base é negativa porque os estoques são baixos e o rendimento de conveniência é maior que juros e custos de armazenagem. Em termos de “*normal backwardation*” a explicação para valores de base negativa, é que o preço *spot* deve cair no futuro, pois a colheita aumentará substancialmente os estoques. Do mesmo modo, valores de base positiva para o período entre as colheitas podem ser explicados em termos de custos de estocagem, que superam os rendimentos de conveniência marginal quando os estoques são elevados, mas são igualmente bem explicados em termos de um aumento esperado no preço *spot*, necessário para induzir a armazenagem entre colheitas (FAMA; FRENCH, 1987).

Ainda sob essa perspectiva, Fama e French (1987) encontraram maiores evidências que corroboram a teoria da estocagem. Eles afirmaram, em consonância com French (1986), que choques de demanda e oferta geram variação na base e que o efeito dos choques na base depende de como os estoques se ajustam para transmitir os efeitos de preços através do tempo. Como exemplo, eles citam que suponha que haja um período de tempo favorável na safra ocasionando um aumento na previsão dos suprimentos futuros, o que, por conseguinte, reduz o preço futuro esperado, neste caso, o declínio esperado do preço à vista é parcialmente compensado pelo estoque gerado. O hiato entre os preços nas duas datas são reduzidos à medida que mais estoque é vendido imediatamente, ou seja, os choques de oferta e demanda sobre a variabilidade da base deve ser uma função crescente dos custos de armazenagem (FAMA, FRENCH; 1987).

Para tentar solucionar a controvérsia sobre o diferencial de preços, Fama e French (1987) testaram dois modelos derivados das duas teorias sobre o diferencial de preço, no primeiro modelo, eles regrediram a base em termos das variáveis da teoria da estocagem, enquanto no segundo, em termos das variáveis do prêmio de risco.

Para o primeiro modelo, eles tomaram uma abordagem mais grosseira, uma vez que um bom dado de estoques não estava disponível para muitas das mercadorias analisadas. A base foi regredida em função da taxa de juros nominal e de *dummies* sazonais mensais, que foram estabelecidas em função da maturidade do contrato. O uso das *dummies* foi uma maneira crua de capturar a variação no benefício da conveniência a partir de que a sazonalidade na produção ou demanda pode gerar sazonalidade nos estoques, ou seja, estoques sazonais geram sazonalidades no rendimento marginal de conveniência e na base. (FAMA, FRENCH; 1987).

Como resultado desta primeira análise Fama e French (1987) encontraram que as regressões indicam que a variação da taxa de juros é uma grande fração da variação da base, para ouro e prata, e as regressões para os produtos agrícolas e de madeira também são consistentes com a hipótese de que a base varia de forma diretamente proporcional com a taxa de juros nominal. Sobre a base, como esperado, os testes mostraram sazonalidades confiáveis para muitas das *commodities* agrícolas sazonalmente produzidas, incluindo milho, aveia, suco de laranja, soja e trigo, os produtos animais foram os que produziram evidências mais fortes de sazonalidade base. Esses achados validam empiricamente a teoria da estocagem.

Na segunda análise, Fama e French (1987) testaram a base como poder de previsão e possuidora de prêmios, neste caso a diferença entre o preço futuro e o preço à vista pode ser expresso como a soma de um prêmio esperado e uma mudança esperada no preço à vista. Eles testaram dois modelos, o primeiro tem como variável dependente a mudança esperada no preço à vista, que foi capturada através da subtração do preço à vista atual e o preço à vista no futuro. No segundo modelo, a variável dependente é o prêmio esperado, que foi definido como o sendo preço futuro menos o preço à vista no futuro, para ambos os modelos, a variável explicativa é a base.

Embora os dois modelos sejam perspectivas alternativas sobre o mesmo fenômeno econômico, o desenvolvimento de evidências sobre eles apresenta problemas estatísticos diferentes. As evidências de poder de previsão e de prêmios esperados nos preços futuros são extraídas das mudanças realizadas no preço *spot* e prêmios derivados do preço futuro menos o preço à vista no futuro. Uma característica típica das *commodities* negociadas nos mercados futuros são preços à vista e futuros altamente incertos. Para muitas *commodities* negociadas, variâncias da base que são grandes em termos absolutos, mas são pequenas em relação às variâncias de prêmios realizados e variações de preços *spot*. Como consequência, embora as regressões aliem toda variação da base em prêmios esperados e mudanças esperadas nos preços *spot*, para muitas *commodities* a alocação não é estatisticamente confiável e variâncias não nulas dos dois valores esperados na base não podem ser separadamente identificados. Da mesma forma, as grandes variâncias dos prêmios realizados, que muitas vezes parecem economicamente grandes, são geralmente insuficientes para inferir que os prêmios esperados não são nulos, especialmente analisadas individualmente. Quando as mercadorias são combinadas em carteiras, o poder estatístico é aumentado e uma evidência marginal de “*backwardation*” pode ser obtida. Mas a evidência não é forte suficiente para resolver a longa controvérsia sobre a existência de prêmios (FAMA, FRENCH; 1987).

Uma vez que o presente trabalho possui foco em verificar se o mercado de soja no Brasil possui comportamento corroborado pela teoria da estocagem, a revisão da literatura pós Fama e French (1987) abrange artigos que contribuíram para a teoria com foco nos custos de estocagem e no rendimento de conveniência baseados na sazonalidade.

Em uma versão baseada na otimização da teoria da estocagem, Deaton e Laroque (1992) aplica o modelo padrão de estocagem competitivo de expectativas racionais ao estudo de treze mercadorias, e concluem que os estoques atuam como “amortecedores”, pois ajudam a absorver os choques da demanda e da oferta de preços. Dessa forma, fornecem evidências empíricas de que esse *insight* ajuda a explicar a correlação comumente observada nos preços das *commodities*.

Os retornos de conveniência estão inversamente relacionados com o nível de estoque, e a teoria da estocagem implica que as condições de oferta e demanda afetam não só as variações e correlações dos preços à vista e futuro, mas também o *spread* entre os preços *spot* e futuros, ou seja, da base (NG, PIRRONG; 1994). Para testar essas implicações, foi empregado um modelo dinâmico bivariado por Ng e Pirrong (1994) no qual se fez uma estimativa usando dados sobre preços *spot* e futuros de metais industriais negociados na London Metal Exchange (LME) no período 1986-92. Os resultados para os metais industriais são consistentes com as previsões da teoria da estocagem.

A dinâmica de curto prazo dos preços, produção e estoques de *commodities*, bem como as fontes e os efeitos da volatilidade do mercado é abordada por Pindyck (2001), através da análise de dados do complexo de petróleo (óleo cru, óleo de aquecimento e gasolina). Ele explica como os preços, as taxas de produção e os níveis de estoque estão inter-relacionados e são determinados pelo equilíbrio em dois mercados interconectados: um mercado à vista para compras e vendas da *commodity* e um mercado de armazenagem. O equilíbrio nesses mercados afeta e é afetado por mudanças no nível de volatilidade dos preços.

Seguem a partir deste ponto os trabalhos que analisaram empiricamente o rendimento de conveniência sobre os preços futuros de *commodities*. Em uma análise empírica conduzida por Milonas e Thomadakis (1997), a respeito do comportamento e determinantes do rendimento de conveniência ao longo do tempo para quatro *commodities* armazenáveis, soja, milho, trigo e cobre, constatou-se contrariamente às abordagens anteriores, que os rendimentos de conveniência são tratados como opções, com preço de exercício, prazo de vencimento e ativo subjacente identificável. Os resultados empíricos obtidos a partir da análise de preços e estoques no período compreendido entre 1966 e 1995 estão em

conformidade com rendimentos de conveniência negativamente relacionados com os níveis de estoque.

Estendendo a literatura sobre os preços das *commodities*, Nielsen e Schwartz (2004) introduzem uma ligação entre o *spread* de preços futuros e volatilidade do preço à vista. Através da estimação do modelo de preços do cobre, os autores descobriram que, enquanto a relação entre volatilidade de retorno e o retorno de conveniência é estatisticamente muito significativa, o seu impacto sobre os preços futuros é relativamente pequena.

Uma abordagem baseada em opções para modelar tanto o comportamento de rendimentos de conveniência quanto às respostas dos preços das *commodities* às mudanças nos níveis de estoque foi desenvolvida por Omura e West (2015). Os autores testaram a relação entre os rendimentos de conveniência e níveis de estoque para uma série de metais comuns negociados liquidamente. Os resultados obtidos mostraram que a relação entre rendimentos de conveniência e os níveis de estoque são fortemente definidos sob a análise baseada em opções. A principal contribuição do estudo foi comparar o desempenho da abordagem baseada em opções com a abordagem tradicional de custo de transporte (*cost-of-carry*). Para a análise baseada em opções, o valor da opção é derivado de uma incapacidade prática para ajustar rapidamente o nível de estoque para atender a demanda.

A natureza e o comportamento dos processos de produção dos metais impedem largamente um grau de flexibilidade assumido na abordagem tradicional de custo de transporte. Afirma que com a redução da duração do frete entre compradores e vendedores, assim como a redução de outras barreiras como tarifas e taxas é esperada uma diminuição dos valores das opções no tempo. Segundo Omura e West (2015), a incapacidade de reabastecer os estoques de forma instantânea com baixos custos marginais resulta em, pelo menos, algum rendimento de conveniência. Portanto, os resultados apoiam a hipótese de que a relação entre conveniência e os níveis de estoque das *commodities* são mais adequadamente explicados usando a abordagem baseada em opções, dado o comportamento assimétrico dos níveis de estoque em relação aos preços de mercado.

Similarmente, Nakajima (2015) analisou as relações de preços a vista e futuro de *commodity* com o rendimento de conveniência. O autor afirma que o rendimento de conveniência é recebido pelo proprietário de uma *commodity* física, mas não pelo proprietário do direito à mercadoria no futuro. O trabalho de Nakajima (2015) foi o primeiro a modelar os preços usando as firmas e os especuladores (oferta e demanda). O autor modelou um primeiro modelo no qual a firma usa uma mercadoria de insumo (*input*) para produzir outra mercadoria (*output*). Além de outros dois modelos que consideraram liquidação de caixa e de *hedge* com

contratos futuros na *commodity* produzida. Como conclusão, o autor identificou que o rendimento de conveniência existe a partir de que agentes de mercado são diferentes, portanto, heterogêneos.

Joseph, Irwin e Garcia (2015) investigaram a existência da chamada curva de Working e os rendimentos de conveniência com preços a vista e futuro, com dados de estoque da CBOT para milho soja e trigo e KCBT (Kansas) para trigo com dados de 1990 a 2010. Foram utilizadas duas medidas de *spread* (base) - os futuros e a vista e dois futuros – contra os estoques entregues na primeira sexta de entrega. A estocagem na presença de *backwardation* é presente tanto em termos da porcentagem de observações e da magnitude dos estoques. A curva de Working foi observada mais claramente na *commodity* de trigo e de soja, e em todos os casos, os estoques declinam à medida que o *spread* cai, portanto existe uma relação positiva entre os *spreads* e os estoques, sugerindo que os locais terminais também possuem estoques para estocagem e conveniência.

Contribuindo com o desenvolvimento da teoria, Dockner, Eksi e Rammerstorfer (2015) apresentaram uma nova abordagem sobre os rendimentos de conveniência com base em uma média aritmética, opção com vencimento flutuante e um processo de reversão de média no preço da *commodity*. Por meio de preços *spot* e futuros de locais de comércio de gás natural dos Estados Unidos (HH) e três europeus (NBP, TTF e ZEE), os autores estimaram os rendimentos de conveniência com base em quatro modelos de aproximação. Foram encontrados dois efeitos, o primeiro que os rendimentos de conveniência variam substancialmente em diferentes métodos de aproximação e locais comerciais, enquanto que o segundo está relacionado à microestrutura do mercado. Os rendimentos derivados do modelo tradicional são negativos, enquanto os derivados de opções baseadas em aproximações são principalmente positivos, as diferenças entre as aproximações estão relacionadas ao efeito associado com a inclusão do custo de manutenção e ao valor das opções.

Do mesmo modo, Milonas e Paratsiokas (2017) examinam a existência de rendimentos de conveniência nos preços da eletricidade com a utilização de um modelo em que as mudanças na base da eletricidade estão diretamente relacionadas a mudanças no nível de estocagem do combustível e o rendimento de conveniência do combustível, usando dados dos mercados de eletricidade e gás natural dos EUA durante o período 2004-2014. Observou-se que um baixo estoque nos mercados de combustíveis fósseis pode estar associado com escassez de suprimentos, principalmente durante períodos de condições climáticas adversas. Sua pesquisa ilustra o papel da estocagem na mitigação da volatilidade dos preços em todo o mercado da energia através da capacidade do mercado para responder às mudanças súbitas da

demanda ou da oferta. Os resultados, portanto, mostram uma relação negativa entre a base da eletricidade e a conveniência do combustível dando apoio ao argumento de que mercadorias não armazenáveis incorporam rendimentos de conveniência.

Os rendimentos de conveniência do mercado doméstico chinês de cobre para o período de janeiro de 2011 até abril de 2015 foram analisados por Kim, Kim e Heo (2017), e indicaram que os mercados locais se beneficiam e são influenciados pelos estoques acessíveis, mas não pelos estoques menos acessíveis. Os autores partem da perspectiva de que os agentes se beneficiam de estoques disponíveis e em proximidade, conceituada como estoques acessíveis. Concluíram que as importações atuam como fluxo de estoque, que podem ser consideradas como o movimento do estoque acessível, e que essa informação fornece rendimentos convenientes aos mercados locais.

Num estudo recente, Nakajima (2017) melhora o modelo de Nakajima (2015). Nakajima (2017) analisa o cenário onde uma empresa utiliza uma *commodity (input)* para produzir outra (*output*), e negocia no mercado futuro a *commodity input*, além disso adiciona os custos de transação. Analisa-se a relação preço a vista e futuro da mercadoria, bem como o rendimento de conveniência num mercado incompleto, por meio de um modelo de maximização de lucro. Conclui-se que se os especuladores forem introduzidos, a diferença na avaliação do preço a prazo, entre entidades de risco neutro e avessas a risco, consiste nos custos futuros de estocagem marginal adicionados dos rendimentos de conveniência no futuro.

Abaixo, os trabalhos que fizeram uma análise conjunta das variáveis da teoria da estocagem e da teoria do prêmio de risco (*backwardation*). Um modelo de três fatores foi desenvolvido por Casassus e Collin-Dufresne (2005) para corroborar a teoria da estocagem: preços das *commodities*, rendimentos de conveniência e taxas de juros. O modelo permite que o rendimento de conveniência dependa de preços *spot* e taxas de juros, bem como dos prêmios de risco variando com o tempo. Os resultados empíricos mostraram forte evidência para o grau de dependência do rendimento de conveniência e preço *spot* para o óleo e o cobre, o que implica significativa reversão dos preços sob uma medida neutra ao risco, já a prata, o ouro e o cobre exibem variação temporal dos prêmios de risco.

Da mesma forma, Gorton, Hayashi e Rouwenhorst (2013) afirmam que os prêmios de risco de futuros de *commodities* variam entre *commodities* e em função do tempo, dependendo do nível de estoque físico. O rendimento de conveniência é uma função inversa e não linear dos estoques. As medidas de preços, tais como a base, retornos nos futuros, retornos no *spot*, e a volatilidade dos preços à vista refletem o estado dos estoques e são

informativos sobre os prêmios de risco. Eles verificam estas previsões teóricas utilizando um conjunto de dados abrangentes sobre 31 contratos futuros de mercadorias e estoques físicos entre 1971 e 2010. Usando uma grande seção transversal de futuros de *commodities* e estoque associado, os autores analisam os fundamentos dos retornos de futuros excessivos nas *commodities*, por meio da *proxy* do preço à vista em maturidade no futuro menos o preço futuro atual.

Gorton, Hayashi e Rouwenhorst (2013) concluíram que a variação temporal e variação transversal do prêmio de risco são determinadas pelo nível de estoque da mercadoria. Os autores mostraram também como os sinais baseados nos preços, como a base (diferença entre o preço *spot* atual e o preço futuro contemporâneo), os retornos futuros, os retornos à vista no passado e a volatilidade do preço *spot* estão empiricamente relacionadas aos níveis de estoque e ao prêmio de risco.

Em uma modelagem similar a Fama e French (1987), Brooks, Prokopczuk e Wu (2013) examinaram a estabilidade temporal da evidência para as duas teorias sobre preços futuros de *commodities*, a da estocagem (*storage*) e prêmios de risco (*backwardation*), eles encontraram que o poder de previsão de futuros de *commodities* pode ser atribuído à extensão na qual eles apresentam sazonalidade e também consideraram se existem parâmetros variando com tempo ou quebras estruturais nas relações de preços. Em comparação com estudos anteriores, encontraram evidências mais fortes da sazonalidade na base, o que suporta a teoria de estocagem. Além disso, o poder da base para a previsão de preços subsequentes foi fortalecido, enquanto os resultados sobre a presença de um prêmio de risco são inconclusivos.

Outro modelo, apresentado por Frankel (2014), baseado em *carry trade* dos preços do petróleo e outras *commodities* armazenáveis, segundo o autor, compreende o *trade-off* entre as taxas de juros e especulações em relação a futuras mudanças no preço da *commodity*, apresentando, portanto, um fator especulativo. O modelo teórico é construído em torno da decisão de arbitragem enfrentada por empresas que detém estoques, isto é, o equilíbrio entre os custos de manter o estoque (taxa de juros mais o custo de estocagem) contra o rendimento de conveniência e *spread* futuro, ou, se não protegido, o ganho de capital esperado ajustado para o prêmio de risco.

A equação do modelo proposto pelo autor em sua forma reduzida, expressa o preço da *commodity* real como uma função da taxa real de juros, os custos de estocagem, o rendimento de conveniência e o prêmio de risco, Frankel (2014) afirma que o preço da *commodity* real deverá tender gradualmente para seu equilíbrio de longo prazo. As evidências empíricas encontradas pelo autor são: efeito negativo das taxas de juros sobre a demanda por

estoques e sobre os preços das *commodities*, e efeito positivo dos ganhos do preço futuro esperado sobre a demanda de estoque e preços correntes das *commodities*. Segundo Frankel (2014), a atividade econômica é um determinante importante do rendimento de conveniência do estoque, e, assim também como a demanda do estoque e o preço da *commodity*. Em relação ao prêmio de risco, apesar das evidências limitadas, o autor encontrou estatísticas significantes para a variável.

O presente estudo utiliza como base teórica a teoria da estocagem introduzida pelos trabalhos de Kaldor (1939), Working (1948), Brennan (1958) e Telser (1958). Os trabalhos subsequentes testaram a teoria da estocagem como um todo, seja analisando o comportamento sazonal dos preços relativo aos estoques, como no trabalho de Deaton e Laroque (1992), Ng e Pirrong (1994) e Pindyck (2001), seja com enfoque no rendimento de conveniência como nos trabalhos de Fama e French (1987), Milonas e Thomadakis (1997), Nielsen e Schwartz (2004), Nakajima (2015), Joseph, Irwin e Garcia (2015), Dockner, Eksi e Rammerstorfer (2015), Milonas e Paratsiokas (2017), Kim, Kim e Heo (2017) e Nakajima (2017).

Os trabalhos acima desenvolvem diferentes análises empíricas que suportam a teoria da estocagem, de que os diferenciais de preço respondem as variáveis de custo de oportunidade do capital, custo de estocagem e o rendimento de conveniência. Cabe ressaltar que a literatura sobre a variável base, que é o fenômeno de pesquisa do trabalho, foi abordada por duas frentes, a teoria da estocagem, e a do “*normal backwardation*” (prêmio de risco) proposta por Keynes (1930).

Alguns trabalhos como o de Keynes (1930), Cootner (1960), Dusak (1973) aqui referenciados, além de Breeden (1980), Hazuca (1984), Bessembinder (1992), Erb e Harvey (2006), Basu e Miffre (2013), Perez, Fuertes e Miffre (2017) e Ekeland, Lautier e Villeneuve (2017), tratam mais a fundo os fundamentos do prêmio de risco relacionado a contratos futuros de *commodities*. Além disso, os trabalhos aqui expostos e que testam as duas teorias são os trabalhos de Fama e French (1987), Casassus e Collin-Dufresne (2005), Gorton, Hayashi e Rouwenhorst (2013), Brooks, Prokopczuk e Wu (2013) e Frankel (2014).

O presente trabalho, no entanto, baseia-se na teoria da estocagem, e aplica essa teoria para o cenário do mercado futuro da soja no Brasil. Sendo assim, a próxima subseção do trabalho aborda os trabalhos que envolvem a teoria da estocagem para o mercado brasileiro.

2.2. Trabalhos voltados para o Brasil

Os trabalhos voltados para o Brasil que se baseiam na teoria da estocagem exploram as relações de preço à vista e futuro do mercado de *commodities*. Poucos trabalhos fazem referências aos fatores que explicam a base como é explorado neste trabalho. Em se tratando da relação do preço à vista e preço futuro, os estudos encontrados se concentraram em analisar a efetividade do *hedge* e *cross-hedge*, a cointegração dos preços, o risco de base, e o fenômeno *backwardation* e estão relacionados com a eficiência de mercado. Nesta presente seção são evidenciados os principais resultados destes trabalhos.

No primeiro bloco da revisão, apresentam-se os trabalhos que trataram da cointegração ou correlação de preços à vista e futuro das *commodities* e como eles estão relacionados.

Os autores Costa et al. (2006) realizaram um trabalho que buscou verificar qual é o papel do mercado na determinação do preço da soja (físico ou futuro) e verificou se há uma relação estável e de longo prazo, através de um vetor de cointegração. Como conclusão, os autores observaram que o mercado futuro é líder de preços e que mudanças nos preços dos contratos futuros afetam o mercado a vista analisado, porém o contrário não foi verificado; e, em relação ao longo prazo, os autores encontraram que os mercados se movem de maneira semelhante (COSTA et al., 2006).

Gonçalves et al. (2007) pesquisaram a relação que existe entre o preço à vista e futuro do boi gordo na região noroeste do estado do Paraná, entre 2001 e 2006. Foi verificada pelo trabalho uma relação de bicausalidade entre as variáveis: preço futuro e à vista, o que indicou que os agentes ao tomarem suas decisões no mercado à vista, levam em consideração o preço de fechamento do dia anterior aplicada ao contrato de primeiro vencimento, indicando assim relação com as ações decisórias dos agentes no mercado futuro ao tomarem suas decisões quando levam em consideração o que está ocorrendo no mercado à vista. Verificou-se também que a efetividade do *hedge* é baixa nessa região embora seja o mecanismo mais viável, no sentido de perdas e ganhos, para garantir aos integrantes da cadeia bovina menores riscos e suscetibilidade às perdas (GONÇALVES et al., 2007).

Já sobre a relação entre os preços da soja no mercado físico e sobre a base, da região de Maringá e do Porto de Paranaguá, no Estado do Paraná, com os preços futuros da BM&F-BOVESPA e da CBOT, de 2003 a 2008, foi analisada por Tonin, Tonin e Tonin (2011). A relação entre os preços físicos e futuros das localidades selecionadas foi verificada por meio do cálculo do risco de base, do teste de causalidade de Granger, do cálculo da razão ótima e

da efetividade de *hedge*. O cálculo da base demonstrou que a base do contrato futuro da BM&F-BOVESPA tende a se enfraquecer mais do que a base do contrato futuro da CBOT no primeiro semestre do ano, e a se fortalecer mais no segundo semestre. Quanto ao teste de causalidade de Granger, o estudo de Tonin, Tonin e Tonin (2011) identificou que há uma relação bicausal entre os preços físicos e futuros e uma relação unidirecional entre os preços físicos e fatores diversos, como os níveis de mercadorias em estoque e etc.; e quanto à análise da razão ótima e da efetividade de *hedge*, os autores sugerem que os contratos futuros da BM&F-BOVESPA são mais eficientes na redução de riscos de preço para os produtores das localidades selecionadas.

Por meio da realização de um cálculo de indicador de eficiência para o contrato futuro de boi gordo da BM&F-BOVESPA, Abitante (2008) verificou a existência de uma ligação estatística entre o mercado *spot* e futuro de boi gordo negociados como *commodities* – na Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F-BOVESPA) e na *Chicago Board of Trade* (CBOT). Para o mercado de boi gordo, foram encontradas evidências de cointegração entre os preços *spot* e os contratos com vencimento em março, abril, setembro, outubro e novembro de 2005. No caso do contrato de soja da BM&F-BOVESPA, a cointegração foi detectada nos vencimentos de abril, maio e novembro de 2005. O contrato de soja da CBOT apresentou cointegração nos vencimentos de janeiro, março, setembro e novembro de 2005. O indicador de eficiência do contrato futuro de boi gordo mostrou-se elevado, indicando que o mesmo pode auxiliar na descoberta de preço desta *commodity*.

Os autores Moraes, Lima e Melo (2009) realizaram testes sobre a hipótese de que os preços futuros são preditores não-viesados (sem viés) dos preços à vista a partir da hipótese conjunta de que os mercados são eficientes e que não existe prêmio ao risco. Afirmam os referidos autores que na presença de prêmio ao risco, a hipótese de não viés pode ser rejeitada mesmo quando o mercado é eficiente, então testa-se a eficiência do mercado futuro brasileiro do boi gordo na presença de prêmio ao risco, usando técnicas de cointegração. Como resultado, encontrou-se que o mercado futuro do boi gordo é eficiente e não-viesado no longo prazo, independente da presença de prêmio ao risco, ou seja, preços de contratos futuros podem ser considerados estimadores dos preços à vista.

Silva e Takeuchi (2010) testam a hipótese de eficiência relativa dos mercados futuro e à vista (*spot*) de açúcar, para dois horizontes de previsão, em contraposição à hipótese de arbitragem de *commodities*. Os autores explicam que, na data de vencimento de um contrato, o preço futuro deve convergir para o preço *spot* (à vista) – ocorrendo tal situação, diz-se que o mercado é eficiente. A verificação da hipótese de eficiência é necessária para que não haja a

possibilidade de arbitragem, ou seja, a obtenção de lucro sem risco por meio da realização de negociações simultâneas em dois ou mais mercados. Se o preço futuro for maior que o preço *spot* na data de vencimento, um participante do mercado poderia comprar o ativo à vista e vendê-lo no mercado futuro, auferindo lucros sem risco, arbitrando.

Em linhas gerais, as evidências empíricas encontradas dão suporte à adequação da metodologia de cointegração para análise de eficiência relativa nos mercados de açúcar, em contraposição à hipótese de arbitragem. Além disso, geram evidências fracas de ineficiência, uma vez que revelam preços futuros defasados sistematicamente inferiores aos preços à vista no longo prazo – ou seja, os futuros seriam previsões viesadas dos preços à vista na data de vencimento dos contratos. Tais resultados podem refletir a não validade de uma hipótese assumida, qual seja, a de que o custo de carregamento seja estacionário, exceto pela taxa de juros (SILVA; TAKEUCHI, 2010).

Em outras palavras, de acordo com Silva e Takeuchi (2010), o modelo de arbitragem considera apenas a possibilidade de que a taxa de juros pudesse ser não estacionária e o fato de o coeficiente da relação de longo prazo entre preços à vista e futuros estar apontando um viés para baixo pode ser devido à omissão de algum outro fator não estacionário na relação de longo prazo – o custo de estocagem e/ou o retorno conveniente esperado pelo investidor, ambos considerados estacionários.

Fraga e Silva Neto (2016) testaram a hipótese de eficiência de mercado entre os preços *spot* da soja no Brasil e o preço futuro BM&F-BOVESPA através de teste de cointegração e mecanismo de correção do erro para testar a eficiência de mercado sem implicar a ausência do prêmio de risco, como resultado foi encontrado que não é possível aceitar a hipótese de que o mercado é eficiente no curto prazo para formação do preço nas principais regiões; mas, no entanto, existe uma relação de longo prazo entre os preços.

Silveira, Maciel e Ballini (2014) avaliaram a influência das negociações e da volatilidade dos preços futuros sobre a volatilidade dos preços à vista nos mercados de café arábica e de boi gordo no Brasil através das técnicas de causalidade de *Granger*, decomposição da variância do erro de previsão, pela metodologia do *Vector Auto-Regressive* (VAR), e também causalidade na variância, baseados na função de correlação cruzada e no multiplicador de *Lagrange*. Os resultados mostraram que variações não esperadas do volume de negociação e variabilidade dos preços futuros alteraram o padrão de volatilidade dos respectivos mercados *spot*.

No que se refere à eficiência do mercado futuro de soja da BM&F-BOVESPA e da CME, Ataíde et al. (2016) verificaram essa relação em estudo recentemente publicado. A

metodologia empregada foi uma análise descritiva das séries de retorno da variável e em nível dos contratos futuros de soja da BM&F-BOVESPA e da CME, e, posteriormente, foram aplicados os testes de auto-correlação e de razão de variância. O período de análise compreende os anos de 2011 a 2014. Os contratos futuros de soja negociados na BM&F-BOVESPA e na CME se mostraram fracamente eficientes para os contratos com vencimentos nos meses de março, maio, julho, agosto, setembro e novembro, entre os anos de 2011 e 2014. Segundo os autores, isso significa dizer que não é possível prever os preços da soja nesses mercados, dado que estes seguem um passeio aleatório e também que lucros acima da média do mercado, ou seja, a realização de arbitragem por muito tempo, não são possíveis (ATAIDE et al., 2016).

Os trabalhos referenciados no começo desta seção mostram que os dois preços estão relacionados, o que implica que o mercado futuro pode oferecer mecanismos de proteção através do *hedge*. Agora, o segundo bloco da revisão faz referência aos trabalhos que trataram da eficiência dos mecanismos de *hedge* em *commodities*.

Posteriormente, Fileni, Marques e Machado (1999) discutem a efetividade do *hedge* para o agronegócio do café em Minas Gerais, sob a ótica de substituição do risco de preço para o risco de base, ou seja, utilizando contratos futuros da Bolsa de Mercadorias & Futuros (BM&F), os autores mostraram que, de fato, há uma redução do risco no mercado, concluindo que os contratos futuros são considerados eficientes para o controle do risco de preço dos produtos.

Silveira e Ferreira Filho (2002) realizaram um estudo a fim de analisar as operações de *cross-hedge* do bezerro na Bolsa de Mercadorias & Futuros. Foram calculados o risco de base destas operações, as razões de *hedge* ótimas e as efetividades nas principais praças de comercialização de gado bovino entre 1995 e 2001. As mesmas análises foram realizadas para o *hedge* do boi gordo. Quanto à efetividade, verificou-se que o risco de preço pode ser reduzido em cerca de 50% através da tomada de posição em contratos futuros na proporção de *hedge* ótima. Já para o *cross-hedge*, a efetividade foi bastante baixa, devido ao alto risco de base, aproximadamente 80% superior ao risco associado ao *hedge* do boi gordo. Sendo assim, o estudo de Silveira e Ferreira Filho (2002) mostra o quanto a base pode variar, e como ela varia mais ainda quando o ativo não possui contrato futuro padronizado, negociado na bolsa.

Já o estudo de Martins e Aguiar (2015) examinou a proteção oferecida pelos contratos futuros da CBOT (*Chicago Board of Trade*), nos seus diferentes vencimentos, aos *hedgers* brasileiros de soja em grão. Os referidos autores concluíram que as cotações dos contratos futuros, com vencimento no segundo semestre, seriam mais influenciadas pela safra

norte-americana e as do primeiro semestre, pelo volume de estoque dessa *commodity* (MARTINS; AGUIAR, 2015). Como principal resultado, os autores encontraram que nos anos em que houve grande procura pela soja brasileira no mercado internacional, em decorrência de queda da oferta norte-americana, a correlação entre os preços a vista, no mercado interno, e futuros, na CBOT, aumentou, tornando as operações de *hedge* bastante efetivas para os agentes brasileiros (MARTINS; AGUIAR, 2015).

Oliveira Neto e Figueiredo (2010) analisaram as operações de *hedge* do boi gordo no mercado futuro da BM&F-BOVESPA para o Estado de Goiás, e concluíram, a partir dos resultados referentes à efetividade das operações de *hedge* da arroba do boi gordo para o Estado de Goiás, que houve uma diminuição de aproximadamente 90% do risco – sendo este um resultado que determina a relevância da utilização das operações de *hedge* no mercado futuro da BM&F-BOVESPA para o Estado de Goiás.

Num estudo posterior, Oliveira Neto (2013), avaliou se proteção cruzada (*cross-hedging*) com contratos futuros de boi gordo brasileiro da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&F-BOVESPA) é efetiva para a administração do risco de preços dos novilhos de corte no mercado à vista argentino e uruguaio. Para isso, foi verificado a hipótese de eficiência do mercado futuro, e os resultados apresentaram evidências de um relacionamento estocástico comum no longo prazo entre os preços à vista e futuros (OLIVEIRA NETO, 2013).

Assim, a proteção dos agentes de mercado através do *hedge* proporciona redução de risco de preços, entretanto o agente ainda fica exposto ao risco de base, o terceiro bloco da revisão se concentra nos trabalhos que trataram do comportamento da base e seus riscos.

Fontes, Castro Junior e Azevedo (2005) mensuraram os valores da base e do risco de base da atividade cafeeira de importantes cidades produtoras de café localizadas no Estados de Minas Gerais e São Paulo. A diversidade dos valores da base e do risco da base encontradas demonstram que cada localidade apresenta características próprias de comercialização, e todas as localidades apresentam valores negativos. Os autores citados apontam dados que afirmam que na safra há um fortalecimento da base, e o risco de base é menor do que na entressafra, qual apresenta um enfraquecimento da base.

Já os autores Barros e Aguiar (2005) analisaram o comportamento da base de café espécie arábica, visando ajudar o estabelecimento de estratégias de *hedge*. Os autores identificaram que há oportunidades de ganho tanto para *hedgers* de venda quanto de compra, porém as oportunidades de estratégias de *hedge* de compra são poucas e a lucratividade é ainda menor, isto em relação às estratégias de *hedge* de venda. Além disso, os autores

encontraram que os contratos futuros com vencimento nos meses que antecedem a nova safra de maio apresentaram os maiores riscos de base devido ao fato de se terem maiores incertezas sobre as colheitas.

Fernandes, Lima e Aguiar (2005) analisaram o comportamento dos preços à vista e futuro do café e correlacionaram seus principais mercados de negociação: Cerrado, Sul de Minas, Mogiana e Paulista. O trabalho dos autores busca avaliar o comportamento dos preços à vista e futuro de café no período de setembro de 1996 a outubro de 2000. A análise buscou identificar qual o melhor momento para o *hedge* de venda de café, através da observância da base. Observou-se que a redução (fortalecimento) da base ocorre com maior frequência na fase de colheita do café e/ou em alguns meses que a antecede (março, abril, maio e junho, especificamente) para todo o período estudado, esse resultado mostra que, nesta fase, pode ser interessante para o agricultor fazer um *hedge* de venda, pois o mercado não oferece um bom retorno para a armazenagem e o agricultor necessita de proteção contra o risco de queda de preço até a comercialização de seu produto.

Por sua vez, o estudo de Ribeiro, Sousa e Rogers (2006) analisa o comportamento do preço à vista e futuro do café em relação aos estoques e às exportações para identificar informações preditivas úteis que afetam o mercado brasileiro. Como conclusão, os autores encontraram que: há uma importância na observação da variação das exportações do café para explicar a variância nos preços do café à vista; uma importância da variabilidade dos preços à vista do café para explicar a variabilidade dos preços futuros; choques nos estoques e nas exportações provocaram comportamentos semelhantes tanto no preço à vista quanto no futuro; e, por fim, um choque nos preços futuros do café causam um aumento nos estoques, indicando um incentivo à especulação com relação a esta *commodity*.

Em contraparte, o estudo de Tonin e Alves (2007) teve como objetivo mensurar a base de milho na microrregião de Maringá. Os resultados obtidos sugerem que a base tem um comportamento diferente no decorrer do ano e entre anos diferentes, a média mensal dos diferentes meses destaca a nítida tendência de fortalecimento da base no mês de fevereiro, em que são encontrados os maiores valores da base, e a tendência de enfraquecimento da base em novembro, quando são encontrados os menores valores no ano.

Paralelamente, Maia e Aguiar (2010) avaliaram os retornos e os riscos de estratégias de *hedge* (*cross-hedge*) para as dez principais regiões produtoras de soja do Brasil em relação aos contratos futuros de soja da *Chicago Board of Trade* (CBOT). As bases diárias foram calculadas para os diferentes vencimentos para cada região. Em seguida, estimou-se a média mensal das bases para cada um dos quatro anos e calculou-se a base média mensal,

envolvendo os quatro anos da análise. O risco de base foi obtido dividindo o desvio-padrão pela média das variações da base, ou seja, pelo coeficiente de variação. Os resultados demonstram um fortalecimento da base entre maio e novembro, seguido por enfraquecimento da base nos seis meses seguintes. De acordo com o estudo, os *hedgers* de compra têm maiores oportunidades de retornos, mas os riscos envolvidos nas operações *hedge* de compra também são maiores.

Alves et al. (2011) analisaram o risco e a causalidade no mercado de milho no Brasil no período de 2004 a 2011. Os preços internos apresentam a mesma tendência da Bolsa de Chicago e dos valores FOB da Argentina, foram observados decréscimos de diferenças de preços entre mercados interno (Campinas) e externo (CME/CBOT, FOB Argentina e Paranaguá), com isso o mercado futuro capta mais rapidamente as variações de preços nestes mercados. Houve maior diferença de preços entre Campinas e as bases em anos recentes, provavelmente reflexo da boa produtividade das regiões produtoras e da maior demanda na região de Campinas. Os dados também apontaram para maior risco de base com o contrato futuro da BM&F-Bovespa, comparativamente ao físico. Este resultado pode ser uma das justificativas para os agentes sinalizarem pouco interesse de operarem as bases liberadas autorizadas na BM&FBOVESPA.

Gavotti (2012) avalia as possibilidades de ganho com operações de *hedge* através da análise do comportamento da base e do seu risco nos mercados de açúcar cristal e açúcar *very high polarity* (VHP). Os riscos de base são similares nos dois mercados estudados, foram encontradas oportunidades para o *hedge* de venda e de compra, e foi observado que no período de entressafra, quando os estoques estão menores, há uma maior pressão sobre os preços, assim o *hedge* de compra acumula ganhos. Comportamento oposto foi observado no período de safra, que com o aumento dos estoques, o preço tende a cair e as operações de *hedge* de venda iniciadas nesse período passam a acumular ganhos.

A teoria do *normal backwardation* ou prêmio de risco também está relacionada com os preços. Neste sentido, alguns autores acreditam que o prêmio de risco é um componente do diferencial de preços, e testam várias metodologias para verificar sua presença no mercado brasileiro; e, ainda, vale lembrar que na análise do escopo deste trabalho está a teoria alternativa, ou a teoria da estocagem. Seguem os trabalhos que testam a teoria do *backwardation* no Brasil.

O primeiro trabalho voltado para o Brasil é o de Santos (1998) que testa a existência do fenômeno que Keynes (1930) denominou de *normal backwardation*, isto é, a hipótese de que os preços futuros não são estimadores [estimados e] não-viesados do preço à vista

esperado para o futuro, e, assim, operações no mercado futuro somente seriam possíveis se esses *hedgers* pagassem uma taxa de risco (*risk premium*) aos especuladores. Desta forma, o preço futuro contratado deveria ser inferior ao preço à vista esperado para a data de vencimento do contrato futuro. O trabalho testou para o futuro do Ibovespa, futuro de dólar comercial, futuro de boi gordo e futuro de café arábico, e encontrou que o *normal backwardation* não é normal no mercado futuro brasileiro.

Ende (2002) testa a hipótese de normal *backwardation* no mercado futuro de soja, milho, boi, açúcar, café e algodão, a hipótese, já abordada por Santos (1998), pressupõe que os preços futuros são estimativas viesadas do preço à vista no futuro e devem crescer até a data de vencimento, uma vez que especuladores exigem um prêmio assumido pelo risco. Os resultados apontados por Ende (2002) confirmam a hipótese de *backwardation*, o que implica a existência de um prêmio de risco para os especuladores e também a ineficiência do mercado futuro brasileiro; sendo ainda que tais resultados vão a oposição aos encontrados por Santos (1998).

Pereira (2009) tratou da formação de preços de *commodities* agrícolas relacionadas à produção de bioenergia. Para especificação de seu modelo foram utilizadas as premissas de interdependência com os preços do petróleo, teoria de estocagem (estocagem), a sazonalidade e a volatilidade do mercado. O modelo foi especificado na forma de três equações: a primeira teve como base a condição de não arbitragem entre os preços do mercado futuro e a vista, em que o preço do contrato futuro é calculado pela diferença entre a taxa livre de risco e o retorno de conveniência aplicada sobre o preço a vista da *commodity*, a segunda define o processo de reversão a média do retorno de conveniência, e a terceira é uma equação que define o movimento do retorno do preço à vista.

O resultado da primeira equação indicou que os preços do etanol são causados pelos preços do açúcar, a segunda indicou a presença de *backwardation* forte, positivo e significativo, concluindo que a média do retorno de conveniência é maior que a taxa livre de risco, e a partir da terceira conclui-se que *commodities* agrícolas relacionadas à produção de biocombustíveis sofrem alteração na tendência de preços com a alteração na cotação do barril de petróleo.

Sykora (2013) discute a relação entre preços *spot* e futuro e o comportamento de Mercado Invertido (*backwardation*) em *commodities*. Sykora (2013) afirma que seja pela existência de prêmio de risco que afete a replicação do preço futuro, seja pela taxa marginal de conveniência, prepondera uma incerteza sobre esse “fator de desconto”, que muitas vezes é simplificado e absorvido de modo confuso como parte do risco de base (*basis risk*). Conforme

fica evidenciado, as simulações e a expectativa de preços gerada caracterizam forte presença de mercado invertido (*backwardation*).

Este comportamento tem explicação recente pelos choques ocorridos na *commodity* em razão do clima adverso que afetou safras na América do Sul e na América do Norte em 2012. O mercado invertido, sob a perspectiva de custo de carregamento negativo, tem suas raízes na propagação instantânea dos choques de curto prazo sobre os preços *spot* que comumente tem sido atribuído à taxa de conveniência (SYKORA, 2013).

Quando analisado sob a perspectiva neutra ao risco, sua análise com dados da soja de 1994 a 2012 evidenciou um comportamento de Mercado Invertido ainda mais acentuado pela incorporação do ajuste da tendência ou *drift* sob a forma de prêmio de risco conforme a ótima pioneira de Mercado Invertido, a partir de Keynes (1930).

Todos os trabalhos referenciados estão relacionados com os preços à vista e futuro e também com a base, entretanto, dois trabalhos encontrados que tratam especificamente da teoria da estocagem e o benefício de conveniência são mostrados a seguir.

Corsini e Ribeiro (2008) desenvolve um modelo de apreçamento de contratos à vista de *commodities* baseados no preço de contratos futuros dos ativos subjacentes. O modelo utilizado pelo citado autor utilizou-se do Filtro de Kalman e a teoria de arbitragem entre contratos à vista e futuros no mercado brasileiro de açúcar, e desta forma o retorno de conveniência foi estimado a partir de um modelo de otimização quadrática. Seu modelo híbrido foi capacitado para avaliar o retorno de conveniência do ativo em questão, parâmetro de mensuração que depende de fatores como níveis de estoques, custos de armazenagem, safras melhores sucedidas que outras. Utilizou-se uma otimização dinâmica do retorno de conveniência, e o objetivo foi possibilitar o modelo a reagir a mudanças de conjuntura. Os resultados reforçam o fato que o retorno de conveniência varia no tempo e, portanto, um modelo dinâmico possui uma capacidade de previsão maior.

Pinto (2015) realiza uma análise empírica do benefício de conveniência decorrente da estocagem de petróleo no mercado norte-americano no período compreendido entre 1990 e 2014. Enfoca-se em subperíodos selecionados segundo o patamar da taxa de juros com o fim de comparar a influência dos diferentes componentes do benefício de conveniência. O trabalho de Pinto (2015) fornece uma análise conjunta das tendências de comportamento do benefício de conveniência marginal e do nível de estoques. Os resultados da análise empírica são compatíveis com a teoria tradicional da estocagem. Constatou-se que o benefício de conveniência marginal é função decrescente do nível de estoques na maior parte do período em estudo.

A revisão da literatura brasileira abrange os trabalhos que de alguma forma tratam os preços a vista e futuros de *commodities*. No que diz respeito à cointegração dos preços, alguns trabalhos como o de Costa, Martines-Filho e Miqueleto (2006), Gonçalves et al. (2007), Tonin, Tonin e Tonin (2011), Abitante (2008), Moraes, Lima e Melo (2009), Silva e Takeuchi (2010), Fraga e Silva Neto (2016), Silveira, Maciel e Ballini (2014), Ataíde et al. (2015), mostram que os preços a vista e futuro estão relacionados no seu valor e volatilidade, por vezes de forma fraca ou forte dependendo da mercadoria e período analisado. A relação dos dois preços implica que estes mercados podem oferecer mecanismos de proteção através do *hedge*, como mostrado nos trabalhos de Fileni, Marques e Machado (1999), Silveira e Ferreira Filho (2002), Oliveira Neto e Figueiredo (2010), Oliveira Neto (2013) e Martins e Aguiar (2015).

A proteção dos agentes de mercado através do *hedge* proporciona redução de risco de preços, entretanto o agente ainda fica exposto ao risco de base, a análise do comportamento da base e seus riscos podem ser observados nos trabalhos de Fontes, Castro Junior e Azevedo (2005), Barros e Aguiar (2005), Fernandes, Lima e Aguiar (2005), Ribeiro, Sousa e Rogers (2006), Tonin e Alves (2007), Alves et al. (2011), Gavotti (2012). Eles relacionam seu comportamento com o nível de estoque da mercadoria mensurado pela época do ano associada à safra. Os trabalhos que testam a teoria do *backwardation*, ou do prêmio de risco, são os de Santos (1998), Ende (2002), Pereira (2009), Sykora (2013), que apresentam conclusões controversas com mais trabalhos em favor do *backwardation*, também suscetíveis à mercadoria e períodos analisados. Corsini e Ribeiro (2008) e Pinto (2015) abordam especificamente a teoria da estocagem e concluem que o benefício de conveniência marginal varia com o tempo é que função decrescente do nível de estoque.

A partir do contexto das pesquisas brasileiras encontradas, tem-se como objetivo desta pesquisa analisar o comportamento recente da base nos contratos futuros de soja negociados na BMF&BOVESPA, verificar se ela apresenta sazonalidade, e qual o impacto que possui as variáveis de estocagem, são elas o custo de oportunidade do capital, o custo de estocagem e o benefício de conveniência, as duas últimas são ambas afetadas pelo nível de estoque. A próxima seção trata da metodologia aplicada pelo estudo, será aplicada uma metodologia similar à de Fama e French (1987) para testar o impacto das variáveis de estocagem sobre a base nos contratos futuros de soja da BM&F-BOVESPA.

3. METODOLOGIA

A metodologia proposta pelo trabalho tem o objetivo de responder a seguinte questão de pesquisa: a variável base é afetada pelas variáveis de estocagem? Dessa forma, a presente seção contém três subseções, a primeira delas contendo informações referentes à amostra coletada para a construção da base do trabalho, a segunda contendo as variáveis construídas no trabalho, e por fim, a terceira contendo os modelos propostos.

3.1. Dados e Amostra

A amostra coletada para construção da base do trabalho possui periodicidade diária, totalizando 842 observações. O período da base de dados inicia-se em 28/10/2013 até 27/03/2017. Optou-se por analisar os últimos cinco anos de contratos de soja, com a intenção de captar comportamentos recentes da variável base, que é a diferença entre o preço futuro e o preço *spot*. Além disso, com periodicidade diária somada a cinco anos de contratos formados, fornece observações suficientes para que os testes estatísticos tenham robustez.

As informações referentes ao preço *spot* e ao preço futuro dos contratos de soja foram coletadas no *software* Thomson Reuters®, que possui informações referentes aos Minicontratos Futuros de Soja CME (SJC) da BM&FBOVESPA. As informações referentes a taxa de juros dos certificados de depósitos interbancários (CDI) foram coletadas a partir da base de dados da Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos (CETIP).

3.2. Variáveis

A variável utilizada para representar a base neste trabalho é a mesma utilizada por Fama e French (1987), e pode ser observada na equação 2.

$$\bullet \quad Base = \frac{F(t,T) - S(t)}{S(t)} \quad (2)$$

Como *proxy* para o preço *spot* (à vista), $S(t)$, foi utilizado o preço futuro do contrato mais próximo do vencimento. Já para o preço futuro, $F(t, T)$, foi utilizado o preço do contrato com vencimento seis meses posterior ao preço *spot*, portanto a base ou a diferença temporal é

de seis meses. A variável base foi construída de forma a sempre possuir o intervalo fixo de seis meses, para alcançar este objetivo e considerando a periodicidade diária, os dois preços coletados no dia deveriam ser de contratos distintos com vencimentos separados pelo intervalo temporal de seis meses. Por exemplo, para definir o valor da base para determinado dia foi utilizado como *proxy* para o preço *spot* o preço de fechamento do dia do contrato mais próximo do vencimento, que foi subtraído do preço do contrato com vencimento em seis meses. Segundo a BM&FBOVESPA, os contratos possuem data de encerramento no segundo dia útil anterior ao mês de vencimento, ou seja, no final do mês anterior. A variável “base” foi calculada como variação percentual, assim como em Fama e French (1987), sendo pela diferença entre o preço futuro e o preço *spot*, dividido pelo preço *spot*.

Ainda sobre a base, a mesma metodologia aplicada por Fama e French (1987) foi utilizada quanto à utilização da *proxy* de preço futuro na maturidade para representar o preço à vista, assegurou que os preços fossem retirados do mesmo local e ao mesmo tempo, evitando vies quanto à coleta das informações dos contratos. A periodicidade diária dos dados possibilitou que para qualquer dia que for coletado a variável Base, tenha-se o intervalo temporal fixo de seis meses.

A taxa de juros, que representa o custo de oportunidade do capital dos agentes de mercado, foi calculada pela taxa de juros dos certificados de depósitos interbancários (CDI). A taxa do CDI coletado foi diária anualizada, porém com o intuito de compreender o mesmo intervalo temporal da variável Base, esta variável foi semestralizada. Com o objetivo de testar a hipótese da teoria da estocagem, espera-se que o β seja positivo, ou seja, a variável Base deve variar de forma diretamente proporcional à taxa de juros CDI.

As *dummies* sazonais são uma maneira de capturar a variação nos retornos de conveniência devido à sazonalidade na produção (FAMA; FRENCH, 1987). Para esta pesquisa, foram estimados dois modelos. O primeiro utilizou a mesma variável estabelecida por Fama e French (1987), onde os valores 1,0 foram utilizados para os meses de maturação ou vencimento do contrato, como o dado da pesquisa é diário, o valor 1,0 foi repetido diariamente no mês de maturação do contrato, o valor 0,0 foi utilizado para os dias dos meses que o contrato não está em maturidade.

O segundo modelo estimado pelo trabalho estabeleceu as *dummies* sazonais com base no período mais usual de colheita, ou seja, essa *dummy* proposta pelo trabalho visa capturar o estoque do produto, e desta forma ela captura também o custo de estocagem e o rendimento de conveniência. Pela teoria, o custo de estocagem é diretamente proporcional ao estoque e o rendimento de conveniência é inversamente proporcional. Neste caso, a

construção da variável foi baseada nas datas mais usuais de plantio e colheita da soja nos Estados Unidos da América (EUA). O Minicontrato Futuro de Soja CME (SJC) da BM&FBOVESPA tem seu preço referenciado aos contratos futuros de soja da bolsa de Chicago (CME), assim a *dummy* sazonal proposta pelo trabalho mensurou os períodos de colheita da safra americana na tentativa de mensurar o nível de estoque mundial do produto caracterizado pela safra e entressafra do mercado como um todo.

Segundo a própria BM&FBOVESPA, o Futuro de Soja do CME faz parte da gama de produtos da parceria com o CME Group. O preço do Contrato Futuro de Soja divulgado pelo CME Group é amplamente utilizado como referência para a negociação da *commodity* e de seus derivados em mercados internacionais. A criação deste derivativo possibilitou ao investidor brasileiro acessar produtos referenciados nesse preço sem ter acesso direto ao mercado norte-americano, sua cotação difere do seu contrato de referência da Bolsa de Chicago, o qual é cotado em USD/bushels, no entanto, utiliza-se o mesmo preço de ajuste do contrato negociado no mercado norte-americano.

Para estabelecer os valores das *dummies* foi utilizado o relatório da *USDA Field Crops Usual Planting and Harvesting Dates* de outubro de 2010 dos EUA (USDA, 2010), que apresentou o calendário exposto na Tabela 1 abaixo, como sendo as datas mais usuais de plantio e colheita da soja nos EUA.

Tabela 1 - Datas de plantio e colheita de Soja nos EUA.

Soybean Usual Planting and Harvesting Dates – States

State	2009 Harvested acres (1,000 acres)	Usual planting dates			Usual harvesting dates		
		Begin	Most active	End	Begin	Most active	End
Alabama	430	Apr 15	May 25 - Jun 25	Jul 3	Sep 3	Oct 28 - Nov 28	Dec 15
Arkansas	3,270	Apr 19	May 5 - Jun 22	Jul 5	Sep 10	Sep 29 - Nov 13	Nov 26
Delaware	183	May 11	May 30 - Jun 28	Jul 11	Oct 5	Oct 22 - Nov 14	Nov 25
Florida	34	Apr 20	May 1 - Jun 15	Jul 1	Oct 1	Oct 15 - Nov 25	Dec 1
Georgia	440	May 5	May 17 - Jun 26	Jul 5	Oct 11	Oct 25 - Dec 8	Dec 17
Illinois	9,350	May 2	May 8 - Jun 12	Jun 24	Sep 19	Sep 26 - Oct 26	Nov 7
Indiana	5,440	May 1	May 5 - Jun 10	Jun 25	Sep 20	Oct 1 - Nov 1	Nov 10
Iowa	9,530	May 2	May 8 - Jun 2	Jun 16	Sep 21	Sep 28 - Oct 20	Oct 31
Kansas	3,650	May 5	May 15 - Jun 20	Jul 1	Sep 20	Oct 1 - Nov 1	Nov 15
Kentucky	1,420	May 4	May 16 - Jun 27	Jul 7	Sep 25	Oct 10 - Nov 14	Nov 25
Louisiana	940	Apr 18	Apr 23 - Jun 4	Jun 16	Aug 28	Sep 3 - Oct 25	Oct 31
Maryland	475	May 11	May 28 - Jun 26	Jul 16	Oct 5	Oct 18 - Nov 15	Dec 1
Michigan	1,990	May 2	May 11 - Jun 9	Jun 18	Sep 25	Oct 3 - Nov 3	Nov 13
Minnesota	7,120	May 2	May 8 - Jun 2	Jun 13	Sep 20	Sep 27 - Oct 20	Oct 31
Mississippi	2,030	Apr 19	Apr 26 - May 31	Jun 17	Sep 10	Sep 13 - Oct 31	Nov 9
Missouri	5,300	May 2	May 13 - Jun 24	Jul 4	Sep 25	Oct 3 - Nov 8	Nov 23
Nebraska	4,760	May 5	May 11 - May 31	Jun 8	Sep 23	Sep 29 - Oct 24	Nov 2
New Jersey	87	May 10	May 20 - Jul 1	Jul 10	Oct 1	Oct 20 - Nov 10	Nov 15
New York	254	May 12	May 19 - Jun 22	Jun 29	Sep 27	Oct 7 - Nov 14	Nov 20
North Carolina	1,750	May 1	May 20 - Jun 30	Jul 20	Oct 10	Nov 10 - Dec 5	Dec 20
North Dakota	3,870	May 7	May 14 - Jun 3	Jun 11	Sep 17	Sep 24 - Oct 21	Nov 5
Ohio	4,530	Apr 26	May 3 - May 30	Jun 10	Sep 23	Sep 30 - Oct 31	Nov 12
Oklahoma	390	Apr 15	Apr 27 - Jun 27	Jul 9	Sep 9	Sep 22 - Nov 20	Dec 1
Pennsylvania	445	May 10	May 20 - Jun 10	Jul 5	Oct 5	Oct 20 - Nov 10	Nov 30
South Carolina	565	May 10	May 27 - Jun 27	Jul 11	Oct 20	Nov 10 - Dec 10	Dec 30
South Dakota	4,190	May 8	May 15 - Jun 11	Jun 21	Sep 22	Sep 28 - Oct 24	Nov 3
Tennessee	1,530	May 5	May 15 - Jun 25	Jul 5	Sep 25	Oct 5 - Nov 20	Nov 30
Texas	190	Mar 24	Mar 30 - May 30	Jun 12	Aug 18	Aug 22 - Oct 17	Nov 7
Virginia	570	May 5	May 15 - Jul 3	Jul 9	Oct 4	Oct 16 - Nov 28	Dec 4
West Virginia	19	May 5	May 10 - Jun 30	Jul 5	Sep 25	Oct 5 - Nov 30	Dec 1
Wisconsin	1,620	May 7	May 12 - Jun 5	Jun 14	Sep 29	Oct 4 - Oct 29	Nov 8

Fonte: Relatório da *USDA Field Crops Usual Planting and Harvesting Dates* (USDA, 2010).

O período indicado como o começo da colheita nos EUA é 28 de agosto e dura até 30 de dezembro, as *dummies* sazonais para o mercado americano assumiram a condição de oferta mínima de estoque a partir de setembro até fevereiro e escassez de estoque de março a agosto.

Dessa forma, o valor zero (0.0) foi assumido para os dias dos meses de setembro até fevereiro para representar abundância de estoque, ou o período safra, e o valor um (1.0), para os dias dos meses de março a agosto para representar escassez de estoque, ou período entressafra. Dessa forma, espera-se que o coeficiente referente ao estoque, mensurada pela *proxy* de estoque, que é estabelecida pela *dummy* sazonal da produção, seja negativo, ou seja, que a base apresente comportamento negativo nos momentos de escassez do produto, e positivo nos momentos de oferta.

Pode-se dizer que a *dummy* sazonal captura também, mesmo que indiretamente, o efeito dos custos de estocagem. Uma vez que o preço de estocagem, que tem em si embutido o custo de estocagem, varia em função dos estoques, e que o preço de estocagem é determinado em um livre mercado através da concorrência daqueles que procuram fornecer serviços de armazenagem, e a partir de que a maioria dos custos para empresas de estocagem são fixos sob um ponto de vista de curto prazo e conjuntos (WORKING, 1948). Na escassez

do produto, os rateios destes custos em menor quantidade de produtos aumentam o seu custo de estocagem unitário, por isso a *proxy* para estoque captura também os custos de estocagem, e por isso na fórmula original da estocagem a base é diretamente proporcional ao custo de estocagem e inversamente proporcional ao benefício da conveniência, e as duas últimas inversamente proporcionais entre si.

3.3. Modelos

Para testar as duas hipóteses propostas pelo trabalho, relacionadas ao custo de oportunidade e ao estoque, foi proposto o modelo referente à “teoria da estocagem”, o mesmo estudado por Fama e French (1987). O modelo pode ser observado a partir da equação (3).

$$Base_t = \beta_0 + \beta_1 Taxa\ de\ Juros\ CDI_t + \beta_2 Dummie\ Sazonal_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

Em que:

- *Base_t*: representa o preço base para os contratos de soja, e foi calculado pela diferença entre o preço futuro e o preço *spot*, dividido pelo preço *spot*;
- *Taxa de Juros CDI_t*: representa a *proxy* para o custo de oportunidade do capital dos agentes de mercado;
- *Dummie Sazonal_t*: representa a variável *proxy* que capta fatores sazonais no estoque de produção da soja.

O modelo proposto na equação (3) será estimado três vezes, a primeira delas sem a variável *dummy* sazonal, a segunda vez com a variável *dummy* proposta por Fama e French (1987), e, por fim, a variável *dummy* sazonal proposta pelo presente estudo. A principal diferença entre as duas últimas estimações está na divergência entre a variável *dummy* proposta por Fama e French (1987) e a variável *dummy* proposta pelo presente trabalho. A *dummy* utilizada por Fama e French (1987) considerou valores 1,0 se o contrato entrasse em maturidade naquele mês, se não, considerou valores 0,0, levando em conta que as maturidades dos contratos são uma *proxy* para padrões de produção e demanda. Já a *dummy* proposta pelo trabalho considera o calendário de produção americana de soja de acordo com o relatório da *USDA Field Crops Usual Planting and Harvesting Dates* (USDA, 2010). As *dummies* sazonais para o mercado americano assumiram a condição de abundância de estoque a partir

de setembro até fevereiro, e escassez de estoque de março a agosto, portanto, foi assumido valores 1,0 para representar escassez de estoque, e 0,0 para representar abundância.

Para as estimações referentes ao modelo proposto pela equação (3), serão realizados testes para verificar os pressupostos da metodologia de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Dentre os testes, encontram-se: o teste para existência de multicolinearidade por meio do Fator de Inflacionamento de Variância (VIF), segundo Fávero (2015), se o VIF médio for maior que cinco, pode ser considerado que os coeficientes do modelo estimado possuem uma alta correlação; o teste de Breusch-Pagan e Cook-Weisberg para testar a hipótese de homocedasticidade dos resíduos, sob a hipótese nula do teste de que a variância dos resíduos é constante, assim caso a hipótese nula for rejeitada, a estimação da matriz de covariância deve ser robusta; e, por fim, o teste de normalidade da distribuição dos resíduos a fim de se observar a curva de normalidade das matrizes e demais detalhes estatísticos, como desvio padrão.

A próxima seção do trabalho apresenta os resultados das estimações propostas pelo modelo apresentado aqui, além dos testes estatísticos e as discussões dos resultados encontrados com os previamente estabelecidos pela literatura.

4. RESULTADOS

Na presente seção do trabalho serão expostos os resultados encontrados a partir do modelo proposto na seção de metodologia. Além destes, serão expostos em subseções: as estatísticas descritivas de cada variável presente no modelo e a tabela de correlação entre as variáveis, uma análise gráfica para verificar o comportamento da variável de interesse do trabalho, a base, com a variável *dummy* proposta pelo trabalho para verificar a sazonalidade dos estoques do produto no mercado, e, por fim, os testes estatísticos para verificar os pressupostos da metodologia utilizada para testar o modelo.

4.1. Estatísticas Descritivas

As estatísticas descritivas apresentam um leque de estatísticas que auxiliam a análise dos resultados de cada variável previamente as estimações que serão realizadas pelo trabalho. Referente à variável base, variável que representa o fenômeno de pesquisa do estudo, pode ser observado que a média apresentou valor negativo de -1,818%, com valores por vezes negativos e por vezes positivos. O valor negativo observado indica que o preço à vista fica, em média, maior que o preço futuro, assim sob a ótica da teoria da estocagem há indícios de que, quando o estoque é baixo e o benefício da conveniência é grande, consequentemente, o preço à vista neste período poderá estar acima do preço futuro. Da mesma forma, o preço futuro se mostra abaixo do preço à vista, uma vez que tem vencimento após o início da colheita onde terá abundância do produto no mercado, fazendo com que o diferencial de preços, ou seja, a base seja negativa (*backwardation*).

Como pode ser observado no Gráfico 1 da subseção 4.2, há um período entre fevereiro e agosto de 2014 que a base atinge patamares negativos altos quando comparado ao período total da série, dessa forma a estatística de média pode ser afetada drasticamente por este período, cabendo assim ser analisada também a estatística da mediana, pois é uma estatística que reduz o impacto de períodos com valores extremos da série. De acordo com a Tabela 2 abaixo, a mediana apresentou um valor de -0,226%, valor menor que a média, ainda negativo. A série apresenta um valor relativamente alto de desvio padrão, atingindo um valor mínimo de -18,047%, em maio de 2014, e máximo de 1,98%, em fevereiro de 2017.

Tabela 2 - Estatísticas Descritivas das Variáveis do Modelo.

Estatísticas	BASE	CDI 6 Meses	Dummy Fama	Dummy Trabalho
Média	-1,818%	6,093%	0,56	0,47
Mediana	-0,226%	6,358%	1,00	0,00
Desvio Padrão	4,747%	0,752%	0,50	0,50
Mínimo	-18,047%	4,537%	0,00	0,00
Máximo	1,980%	6,836%	1,00	1,00
Observações	842	842	842	842

Legenda: Base: representa a variável *proxy* para o preço base para os contratos de soja, e foi calculado pela diferença entre o preço futuro e o preço *spot*, dividido pelo preço *spot*; CDI 6 meses: representa a *proxy* para o custo de oportunidade do capital dos agentes de mercado; *Dummy* Fama: é a variável *proxy* que captura fatores sazonais do estoque de produção da soja no mercado, esta variável foi proposta pelo trabalho de Fama e French (1987); *Dummy* Trabalho: é a variável *proxy* proposta pelo presente trabalho que captura fatores sazonais do estoque de produção da soja no mercado.

Fonte: Autoria Própria.

Ainda em relação à Tabela 2, porém agora analisando a variável CDI 6 meses, *proxy* para o custo de oportunidade dos agentes de mercado, a variável apresentou uma média de 6,093%, e sua mediana ficou próxima a variável atingindo 6,358%. O desvio padrão da variável é relativamente pequeno quando comparado a variável base, e o valor mínimo observado atingiu 4,537%, enquanto o máximo atingiu 6,836%.

A Tabela 3 abaixo apresenta a matriz de correlação entre as variáveis do modelo proposto pela equação (3). Pode ser observado que não há alta correlação entre as variáveis do modelo, fornecendo indícios de inexistência de multicolinearidade entre as variáveis, porém ainda é necessário realizar o teste VIF proposto na seção da metodologia.

Espera-se, de acordo com a primeira hipótese proposta pelo trabalho, uma relação positiva entre a variável *proxy* para o custo de oportunidade, CDI 6 meses, e a variável Base. A matriz de correlação apresentou uma correlação positiva entre ambas variáveis, no valor de 0,4594. Esse coeficiente positivo fornece indícios estatísticos que há uma relação diretamente proporcional entre ambas variáveis. Cabe ressaltar que a correlação não dá indícios de causa e efeito, apenas inferência quanto ao sinal, comportamento, entre variáveis.

Quanto à segunda hipótese proposta pelo trabalho, de que o estoque impacta positivamente a base dos contratos futuros de soja no Brasil, a correlação das duas variáveis *dummies* com a base é negativa, porém a correlação entre a base e a *dummy* calculada pela metodologia de Fama e French (1987) é menor do que a correlação com a *dummy* proposta pelo trabalho.

Tabela 3 – Matriz de Correlação entre as Variáveis do Modelo.

Correlograma	BASE	CDI 6 meses	Dummy Trabalho	Dummy Fama
BASE	1,0000			
CDI 6 meses	0,4594	1,0000		
Dummie Trabalho	-0,5201	0,0969	1,0000	
Dummie Fama	-0,0257	0,0681	0,1889	1,0000

Legenda: Base: representa a variável *proxy* para o preço base para os contratos de soja, e foi calculado pela diferença entre o preço futuro e o preço *spot*, dividido pelo preço *spot*; CDI 6 meses: representa a *proxy* para o custo de oportunidade do capital dos agentes de mercado; *Dummy* Fama: é a variável *proxy* que captura fatores sazonais do estoque de produção da soja no mercado, esta variável foi proposta pelo trabalho de Fama e French (1987); *Dummy* Trabalho: é a variável *proxy* proposta pelo presente trabalho que captura fatores sazonais do estoque de produção da soja no mercado.

Fonte: Autoria Própria.

A próxima subseção apresenta uma análise gráfica entre a variável base e variável *dummy* sazonal proposta pelo trabalho, com o intuito de verificar o comportamento das variáveis ao longo do tempo.

4.2. Análise Gráfica das Variáveis

A partir do Gráfico 1 da base, e apesar do curto período analisado, fica claro, que independente da época a base apresenta um comportamento sazonal, esta é uma informação relevante aos agentes de mercado que podem antecipar seu comportamento com base na sazonalidade da produção.

Gráfico 1 - Variável Base com a *dummy* sazonal de estoque proposta pelo trabalho.

Fonte: Autoria Própria.

O período que vai de fevereiro a setembro de 2014 é caracterizado por uma forte queda da base, o período sugere que ela deveria ter um comportamento negativo, porém não tão intenso, uma análise dos dados permite observar que os preços à vista nesse momento seguiram uma tendência de alta, devido à falta de produto no mercado, enquanto os preços futuros apresentaram forte queda, devido à projeção de boas safras, segundo o próprio Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA, a safra de soja de 2014 apresentou recordes históricos.

A partir do Gráfico 1 acima, pode ser observado que a base, independente do ano, apresenta um comportamento sazonal, e esta é uma informação relevante aos agentes de mercado que podem tentar antecipar seu comportamento com expectativa na sazonalidade da produção de soja no mercado.

A variável que representa a *dummy* sazonal para estoque provê com uma informação ainda mais relevante, que é justamente a coincidência dos períodos de comportamento da base com a *proxy* para o estoque, a base se comporta quase fielmente aos períodos determinados pela existência ou não de estoque, entretanto, faz-se necessário o uso de análises estatísticas mais robustas para capturar o real efeito das variáveis explicativas, custos de oportunidade e estoque, sobre a variável dependente, base.

4.3. Resultados dos Modelos

A presente subseção apresenta os testes estatísticos expostos na Tabela 4, e os resultados do modelo proposto pela equação (3), na Tabela 5.

De acordo com a Tabela 4, pode ser observado que nos 3 modelos estimados, com resultados presentes na Tabela 5, a estatística VIF apresenta valor médio menor que 5, valor que segundo Fávero (2015) indica que os coeficientes dos modelos estimados possuem uma baixa correlação, evidenciando a inexistência de problemas de multicolinearidade.

Referentes aos testes de normalidade propostos, a hipótese de que os resíduos da equação seguem uma distribuição normal é rejeitada. Sendo assim, segundo Fávero (2015), o p-valor e testes t e F não seriam válidos com a não observância da normalidade dos resíduos, porém, segundo Wooldridge (2010) essa violação é amenizada com a utilização de grandes amostras. No caso do presente trabalho, a base de dados apresentou 842 observações de dados diários, portanto espera-se que o problema referente à normalidade dos resíduos seja amenizado.

Por fim, a estatística de teste da heterocedasticidade que testa o pressuposto de que os resíduos não apresentam correlação com qualquer variável explicativa do modelo foi rejeitado para os três modelos. De acordo com Fávero (2015), a presença de heterocedasticidade gera estimadores dos parâmetros não-viesados, porém ineficientes, o que acarreta problemas com os testes de hipótese das estatísticas *t*. Como correção para este problema, as estimações nos três modelos foram realizadas por meio da matriz de variância/covariância dos parâmetros robustas (matriz robusta).

Tabela 4 - Testes Estatísticos dos Modelos Estimados.

Modelos	1	2	3
Multicolinearidade			
<i>VIF</i> médio	1,00	1,01	1,00
Normalidade			
Teste W de <i>Shapiro-Wilk</i> (Prob > z)	0,000	0,000	0,000
Teste W de <i>Shapiro-Francia</i> (Prob > z)	0,000	0,000	0,000
Heterocedasticidade			
Chi2	384,19	365,84	376,09
Prob > Chi2	0,000	0,000	0,000

Fonte: Autoria Própria.

A partir da Tabela 5, pode ser observado as estimações propostas pelo modelo da equação (3). Inicialmente deve ser verificado a estatística F, que indica se a combinação linear entre as variáveis explicativas afeta conjuntamente a variável dependente estimada pelo modelo. Nos três modelos estimados, a estatística rejeitou a hipótese nula de que a combinação linear dos estimadores é igual a zero (0). Portanto, os estimadores conjuntamente afetam a variável Base.

Analizando primeiramente o modelo 1, observa-se que assim como esperado para a relação entre a variável CDI 6 meses, *proxy* para o custo de oportunidade dos agentes de mercado, possui relação positiva e significativa a um nível de 1% de significância. O primeiro modelo apresentou uma estatística de R^2 igual a 0,2111, indicando que a variável *proxy* do custo de oportunidade dos agentes explica, aproximadamente, 21,1% das variações ocorridas na variável Base.

O segundo modelo foi estimado com a variável do CDI 6 meses, mais a variável *proxy dummy* proposta por Fama e French (1987) para representar o benefício da conveniência. Referente à variável *proxy* para o custo de oportunidade foi obtido o mesmo sinal, positivo e significativo a 1%. De acordo com a literatura estudada, a variável que capta o benefício da conveniência deve apresentar sinal negativo com a base. Na Tabela 4, nota-se que o sinal encontrado é negativo e significativo a um nível de 10%. A estatística do R^2 ficou próxima da estatística encontrada no primeiro modelo, pois, houve um aumento do poder de explicação do modelo de apenas 0,32 p.p. ao ser inserido a *dummy* proposta pela metodologia do trabalho de Fama e French (1987).

O último modelo estimado foi testado com uma variável *dummy* que é utilizada como *proxy* para o estoque, associada ao rendimento de conveniência e custo de estocagem, porém, diferente da metodologia utilizada pelo trabalho de Fama e French (1987). A variável *dummy* proposta pelo trabalho foi construída com base no relatório da *USDA Field Crops Usual Planting and Harvesting Dates* de outubro de 2010 dos EUA, exposto na Tabela 1 na seção 3 de metodologia, que apresentou o calendário com as datas mais usuais de plantio e colheita da soja nos EUA.

A partir da nova variável *proxy* foi estimado o modelo 3 exposto na Tabela 5. A variável do CDI 6 meses apresentou coeficiente positivo e significativo a 1%, assim como nos dois modelos estimados anteriormente. A variável *proxy dummy* para o benefício da conveniência apresentou relação negativa estatisticamente significativa a um nível de 1%, nível menor e estatisticamente melhor quando comparado ao nível obtido pelo modelo dois. Observa-se uma estatística de R^2 igual a 0,5329, ou seja, as variáveis explicativas do modelo

três explicam aproximadamente 53% das variações que ocorrem na variável base. Assim, o modelo com a variável *proxy dummy* para o estoque proposto pelo trabalho aumentou o poder de explicação do modelo em 31,86 p.p. quando comparado ao segundo modelo estimado com a *proxy* para o benefício da conveniência pela metodologia de Fama e French (1987).

Tabela 5 - Resultados Estatísticos dos Modelos Propostos.

Variável Dependente	BASE								
Variáveis Independentes	Coef.	Est. t	p-valor	Coef.	Est. t	p-valor	Coef.	Est. t	p-valor
CDI 6 meses	2,902	13,42***	0,000	2,926	13,66***	0,000	3,251	19,85***	0,000
Dummy Fama				-0,005	-1,86*	0,063			
Dummy Trabalho							-0,054	-21,88***	0,000
Constante	-0,195	-13,50***	0,000	-0,193	-13,34***	0,000	-0,191	-19,14***	0,000
Modelos	1			2			3		
N	842			842			842		
Prob > F	0,000			0,000			0,000		
R ² :	0,2111			0,2143			0,5329		

Variáveis: Base: representa a variável *proxy* para o preço base para os contratos de soja, e foi calculado pela diferença entre o preço futuro e o preço *spot*, dividido pelo preço *spot*; CDI 6 meses: representa a *proxy* para o custo de oportunidade do capital dos agentes de mercado; *Dummy Fama*: é a variável *proxy* que captura fatores sazonais do estoque de produção da soja no mercado, esta variável foi proposta pelo trabalho de Fama e French (1987); *Dummy Trabalho*: é a variável *proxy* proposta pelo presente trabalho que captura fatores sazonais do estoque de produção da soja no mercado. **Rejeição da hipótese nula:** ***nível de significância 1%; **nível de significância 5%; *nível de significância 10%.

Fonte: Autoria Própria.

A partir dos testes estatísticos realizados e dos resultados encontrados podem ser realizadas inferências quanto às duas hipóteses propostas pelo trabalho, com o objetivo de responder a seguinte questão de pesquisa proposta pelo mesmo: a variável base é afetada pelas variáveis de estocagem?

Referente à primeira hipótese proposta por este estudo de que o custo de oportunidade dos agentes de mercado impacta positivamente a base dos contratos futuros de soja no Brasil, pode ser inferido que a relação esperada foi encontrada empiricamente. Dessa forma, um aumento no custo de oportunidade dos agentes de mercado, afeta de forma positiva a variável base, ou seja, se o custo de oportunidade dos agentes aumentar, o agente que comprou a soja com expectativa de venda no futuro precisa remunerar seu capital, com pelo menos a taxa de juros livre de risco que ele tinha ao usar seu capital para comprar a soja.

A segunda hipótese proposta, de que estoque impacta positivamente a base e que o benefício da conveniência impacta negativamente a variável base, não é rejeitada a partir das evidências estatísticas encontradas. Assim, pode ser inferido que um aumento no benefício da

conveniência, que foi representada por uma variável *proxy dummy* que captura a variação nos estoques devido à sazonalidade na produção, leva a uma redução na base, ou seja, em períodos de baixo estoque de soja (alta conveniência), o preço *spot* é maior quando comparado ao preço futuro, porque o preço *spot* está alto pela escassez do produto, e preço futuro está mais baixo pois possui vencimento no período safra com maiores níveis de estoques. A redução da base é refletida pelo aumento do benefício de conveniência, pois é mais conveniente possuir o produto quando o seu estoque é baixo, e por isso o rendimento de conveniência tem sinal negativo no modelo.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado para períodos de alto estoque, há uma diminuição do benefício de conveniência, assim o preço *spot* é menor quando comparado ao preço futuro, ou seja, o preço *spot* está baixo devido ao alto estoque, e o preço futuro mais alto, pois possui vencimento na entressafra, onde há escassez de produto.

A simples observação da base, assim como os testes estatísticos mostraram sazonalidades confiáveis para a soja, esses achados, assim como os encontrados nos trabalhos de Fama e French (1987), Brooks et al. (2013) e Pinto (2015) validam empiricamente a teoria da estocagem.

Na próxima seção contém as considerações finais referentes aos resultados encontrados e apresenta as limitações da pesquisa, assim como sugestões para futuros trabalhos na área.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como principal objetivo analisar o comportamento da “base” nos contratos futuros da *commodity* agrícola soja no Brasil. A partir dos resultados encontrados que foram aplicados ao mercado brasileiro, observou-se uma gama de evidências que suportam a teoria da estocagem que foi proposta inicialmente por Kaldor (1939), Working (1948), Brennan (1958) e Telser (1958).

Em relação à evolução dos preços da base, constatou-se um comportamento sazonal, isto é, a base se mostra positiva em um período do ano, e negativa em outro, sendo que esses períodos estão fortemente relacionados aos períodos de produção sazonal relativo à safra anual. Esta evidência está de acordo com os achados identificados nos trabalhos aqui referenciados, segundo o qual a base é afetada pelo nível de estoque, que por sua vez afeta as variáveis de estocagem. Os trabalhos brasileiros que mostram o fortalecimento da base na safra são os trabalhos de Fontes, Junior e Azevedo (2005) e Fernandes, Lima e Aguiar (2005), para a atividade cafeeira, Tonin e Alvez (2007) para o milho e Maia e Aguiar (2010) para a soja.

Ainda sobre os valores da base, nota-se que o período anterior a agosto de 2014, é caracterizado fortemente por valores negativos, o que indica a presença de *backwardation* ou mercado invertido. De acordo com Sykora (2013), o mercado invertido, sob a perspectiva de custo de carregamento negativo, tem suas raízes na propagação instantânea dos choques de curto prazo sobre os preços *spot*. Este comportamento pode estar associado aos choques de preço ocorridos devido a quebras de safra a partir de adversidades climáticas no período. No entanto, após este período, o mercado se comportou de forma prevista pela teoria da estocagem, com valores positivo e negativos alternando-se anualmente de acordo com a sazonalidade da produção americana.

As análises estatísticas realizadas no trabalho testaram o impacto das variáveis de estocagem, dentre elas: o custo de oportunidade do capital e o benefício de conveniência, esta última variável derivada de possuir o estoque fisicamente. A análise realizada testou a base como variável dependente, sendo explicada pelo custo de oportunidade do capital e o benefício de conveniência. A principal relação observada é de que a base varia diretamente proporcional aos estoques e ao custo de oportunidade do capital, e inversamente proporcional ao benefício de conveniência, assim como observados nos trabalhos de Fama e French (1987), Milonas e Thomadakis (1997), Nielsen e Schwartz (2004), Nakajima (2015), Joseph, Irwin e

Garcia (2015), Dockner, Eksi e Rammerstorfer (2015), Milonas e Paratsiokas (2017), Kim, Kim e Heo (2017) e Nakajima (2017), além do trabalho brasileiro de Pinto (2015).

Essa última relação deriva da situação em que se encontra um período em que a safra proporciona aos níveis de estoques estarem elevados, por isso o preço à vista é relativamente baixo. Sendo assim, a base deve ser maior ou positiva, o que explica o alto nível de estoque e baixo benefício de conveniência. Já o preço futuro com vencimento no período de entressafra, período ao qual se pressupõe baixo estoque, então, o preço futuro é relativamente alto. No período da entressafra, os estoques são baixos por isso o preço à vista é relativamente alto, enquanto o preço futuro com vencimento na safra, período o qual se pressupõe alto nível de estoques, é relativamente baixo. Dessa forma a base seria menor, ou até mesmo negativa, o que explica baixos níveis de estoque e alto benefício de conveniência.

Os resultados sugerem que o comportamento da base nos contratos de soja no Brasil está mais relacionados com a safra de soja americana, ainda o maior produtor de soja do mundo. Além disso, o mercado futuro na BM&FBOVESPA é fortemente relacionado ao mercado americano na CBOT, pois utilizam os mesmos ajustes de preço.

Com relação às estratégias de operação neste mercado, o momento em que a base está maior, ou então, ela excede os custos de estocagem (*contango*), Fernandes, Lima e Aguiar (2005) afirma que pode ser interessante para o agricultor fazer um *hedge* de venda, visando o estreitamento da base. No momento em que a base é menor, ou até negativa (*backwardation*), subentende-se que o mercado oferece um prêmio de risco ao especulador, sendo interessantes praticar posições de compra no mercado futuro, visando o aumento dos valores da base.

Os resultados aqui encontrados são úteis aos produtores de soja, as empresas que utilizam a soja como *input* – insumos, entrada para alimentar processos produtivos – para a produção de derivados e, também, aos agentes que operam neste mercado, pois podem antecipar a evolução futura de preços e realizar suas operações de forma mais eficiente, seja ela para fim de cobertura de risco (*hedge*) ou de caráter especulativa.

Para estudos futuros, cabem análises com outras periodicidades, que estiveram fora do escopo do presente trabalho, além de análises da base para outras *commodities* também importantes ao mercado brasileiro, com o objetivo de identificar padrões específicos para cada tipo de *commodity*, além de trabalhos que utilizem modelos baseados nas duas teorias, tanto a da estocagem, como a do *backwardation*.

REFERÊNCIAS

- ABITANTE, K. G. Co-integração entre os mercados *spot* e futuro: evidências dos mercados de boi gordo e soja. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 1, p. 75-96, 2008.
- BITENCOURT, W.; SANTOS SILVA, W.; SÁFADI, T. Hedge dinâmicos: uma evidência para os contratos futuros brasileiros. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 8, n. 1, 2006.
- ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. de C.; BACCHI, M. R. P.; BENDINELLI, W. E. Risco de base e causalidade no mercado de milho em grão no Brasil. In: **Anais I Conferência de Gestão de Riscos e Comercialização de Commodities**. São Paulo: BM&FBovespa, 2011 . Disponível em < http://www2.bmf.com.br/cimConteudo/W_Hemeroteca/Risco-de-base-e-causalidade-no-mercado-de-milho-em-grao-no-brasil.pdf>. Acesso em 21 de ago. de 2017.
- ATAIDE, J. A. R., et al. Análise da Eficiência Fraca do Mercado Futuro de Soja Da BM&FBOVESPA e do CME group. **Latin American Journal of Business Management**, v. 6, n. 3, 2016.
- BARROS, Á. de M.; AGUIAR, D. R. D. Gestão do risco de preço de café arábica: uma análise por meio do comportamento da base. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 3, p. 443-464, 2005.
- BASU, D.; MIFFRE, J. Capturing the risk premium of commodity futures: The role of hedging pressure. **Journal of Banking & Finance**, v. 37, n. 7, p. 2652-2664, 2013.
- BESSEMBINDER, H. Systematic risk, hedging pressure, and risk premiums in futures markets. **The Review of Financial Studies**, v. 5, n. 4, p. 637-667, 1992.
- BIGNOTTO, E. C.; BAROSSO-FILHO, M.; SAMPAIO, R. Gestão do risco de mercado em organizações do agronegócio. **Resenha BM&F-BOVESPA**, v. 4, n. 161, p. 26-32, 2004.
- BREEDEN, D. T. Consumption risk in futures markets. **The Journal of Finance**, v. 35, n. 2, p. 503-520, 1980.
- BRENNAN, M. J. The supply of storage. **The American Economic Review**, v. 48, n. 1, p. 50-72, 1958.
- BROOKS, C.; PROKOPCZUK, M.; WU, Y. Commodity futures prices: More evidence on forecast power, risk premia and the theory of storage. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 53, n. 1, p. 73-85, 2013.
- CASASSUS, J.; COLLIN-DUFRESNE, P. Stochastic convenience yield implied from commodity futures and interest rates. **The Journal of Finance**, v. 60, n. 5, p. 2283-2331, 2005.
- Confederação da Agricultura e Pecuária (CNA). Agropecuária supera obstáculos e segue liderando a economia brasileira em 2016. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/agropecuaria-supera-obstaculos-e-segue-liderando-economia-brasileira-em-2016>> Acesso em: 27 de jun. de 2017.

COOTNER, P. H. Returns to speculators: Telser versus Keynes. **Journal of political Economy**, v. 68, n. 4, p. 396-404, 1960.

CORSINI, F. P.; RIBEIRO, C. de O. Dinâmica e previsão de preços de commodities agrícolas com o filtro de Kalman. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2008.

COSTA, F. A.; ISHII, K. S.; MARTINES-FILHO, J. G.; MIQUELETO, G. J. Relação entre os preços dos mercados futuro e físico da soja: evidências para o mercado brasileiro. In: **Anais XLIV Congresso da Sober**, 2006, Fortaleza, Ceará, Brasil. Disponível em: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/149189/2/1031.pdf>.

DALL'AGNOL, A. The impact of soybeans on the brazilian economy. **AGJacto**, n.2, p.16-17, 2000.

DEATON, A.; LAROQUE, G. On the behaviour of commodity prices. **The Review of Economic Studies**, v. 59, n. 1, p. 1-23, 1992.

DOCKNER, E. J.; EKSI, Z.; RAMMERSTORFER, M. A Convenience Yield Approximation Model for Mean-Reverting Commodities. **Journal of Futures Markets**, v. 35, n. 7, p. 625-654, 2015.

DUARTE JÚNIOR, A. M. **Risco: definições, tipos, medição e recomendações para seu gerenciamento**. São Paulo: Atlas, 2001.

DUSAK, K. Futures trading and investor returns: An investigation of commodity market risk premiums. **Journal of Political economy**, v. 81, n. 6, p. 1387-1406, 1973.

EKELAND, I.; LAUTIER, D.; VILLENEUVE, B. Hedging pressure and speculation in commodity markets. **Working paper /SSRN**, jan. de 2017. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2323560

ENDE, M. V. **Comportamento dos preços dos contratos agropecuários negociados na BM&F: a hipótese de "normal backwardation" no mercado futuro brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Administração – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002

ERB, C. B.; HARVEY, C. R. The strategic and tactical value of commodity futures. **Financial Analysts Journal**, v. 62, n. 2, p. 69-97, 2006.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Commodity futures prices: Some evidence on forecast power, premiums, and the theory of storage. **Journal of Business**, v. 60, n. 1, p. 55-73, 1987.

FARHI, M. et al. **O futuro no presente: um estudo dos mercados de derivativos financeiros**. Tese de Doutorado – Instituto de Economia, Unicamp, Campinas, 1998.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Análise de dados: técnicas multivariadas exploratórias com spss e stata**. Rio de Janeiro - RJ: Elsevier Campus, 2015.

FERNANDES, E. A.; LIMA, A. M. S.; DE AGUIAR, D. R. D. O Comportamento do Preço à Vista e Futuro de Café no Brasil: o Hedge como Opção de Redução de Risco. In: **Congresso Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**. 2005.

PEREZ, A.; FUERTES, A. M.; MIFFRE, J. Commodity Markets, Long-Run Predictability, and Intertemporal Pricing. **Review of Finance**, v. 21, n. 3, p. 1159-1188, 2017.

FILENI, D. H.; MARQUES, P. V.; MACHADO, H. M. O risco de base e a efetividade do hedge para o agronegócio do café em Minas Gerais. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 1, n. 1, p. 42-50, 1999.

FONTES, R. E.; CASTRO JUNIOR, L. G. de; AZEVEDO, A. F. Estratégia de comercialização em mercados derivativos-descobrimiento de base e risco de base da cafeicultura em diversas localidades de Minas Gerais e São Paulo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 382-389, 2005.

FRAGA, G. J.; DA SILVA NETO, W. A. Eficiência no mercado futuro de commodity: evidências empíricas. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 42, n. 1, p. 125-137, 2016.

FRANKEL, J. A. Effects of speculation and interest rates in a “carry trade” model of commodity prices. **Journal of International Money and Finance**, v. 42, p. 88-112, 2014.

FRENCH, K. R. Detecting spot price forecasts in futures prices. **Journal of Business**, p. S39-S54, 1986.

GAVOTTI, F. S. M. **Oportunidades de hedge no mercado de açúcar: uma análise por meio da base**. 2012. 66f. Dissertações de Mestrado Profissional em Agronegócios – Escola de Economia de São Paulo – MPAGRO, São Paulo, 2012.

GONÇALVES, D. F.; FRANCISCHINI, A. A.; ALVES, A. F.; PARRÉ, J. L. Análise de co-integração, causalidade e efetividade do hedge para os preços à vista e futuro do contrato de boi gordo para a região noroeste do Paraná. In: **XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, 2007.

GORTON, G.; ROUWENHORST, K. Geert. Facts and fantasies about commodity futures. **Financial Analysts Journal**, v. 62, n. 2, p. 47-68, 2006.

HAZUKA, T. B. Consumption betas and backwardation in commodity markets. **The Journal of Finance**, v. 39, n. 3, p. 647-655, 1984.

JOSEPH, K.; IRWIN, S. H.; GARCIA, P. Commodity Storage under Backwardation: Does the Working Curve Still Work? **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 38, n. 1, p. 152-173, 2015.

KALDOR, N. Speculation and economic stability. **The Review of Economic Studies**, v. 7, n. 1, p. 1-27, 1939.

KEYNES, J. M. **Treatise on money**: Pure theory of money. v.1, 1930.

KIM, S.; KIM, J.; HEO, E. Convenience yield of accessible inventories and imports: A case study of the Chinese copper market. **Resources Policy**, v. 52, p. 277-283, 2017.

MAIA, F. N. C. S.; AGUIAR, D. R. D. Estratégias de *hedge* com os contratos futuros de soja da *Chicago Board of Trade*. **Gestão Produção**, v. 7, n. 3. p. 617-626, 2010

MARQUES, P. V.; MELLO, P. C.; MARTINES, J. G. Mercados futuros e de opções agropecuárias. **Piracicaba, SP. Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq-USP, Série Didática, n. D-219**, 2006.

MARTINS, A. G.; AGUIAR, D. R. Efetividade Do Hedge De Soja Em Grão Brasileira Com Contratos Futuros De Diferentes Vencimentos Na *Chicago Board Of Trade*. **Revista de Economia e Agronegócio-REA**, v. 2, n. 4, 2015.

MILONAS, N. T.; THOMADAKIS, S. B. Convenience yields as call options: an empirical analysis. **Journal of Futures Markets**, v. 17, n. 1, p. 1-15, 1997.

MILONAS, N.; PARATSIOKAS, N. Convenience Yields in Electricity Prices: Evidence from the Natural Gas Market. **Journal of Futures Markets**, v. 37, n. 5, p. 522-538, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Dados da Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/soja-representa-quase-50-das-exportacoes-brasileiras-do-agronegocio-em-maio/nota-maio-2017.docx>> Acesso em: 04 de jul. de 2017.

MORAES, A. S.; LIMA, R. C.; MELO, A. de S. Análise da eficiência do mercado futuro brasileiro de boi gordo usando co-integração. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 3, p. 601-614, 2009.

NAKAJIMA, K. Commodity spot and futures prices under supply, demand, and financial trading. **Browser Download This Paper**, 2015.

NAKAJIMA, K. Commodity Spot, Forward Prices, and Convenience Yield Under Incomplete Market. **Working paper /SSRN**, mar. de 2017. Disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2952662.

NG, V. K.; PIRRONG, S. C. Fundamentals and volatility: Storage, spreads, and the dynamics of metals prices. **Journal of Business**, p. 203-230, 1994.

NIELSEN, M. J.; SCHWARTZ, E. S. Theory of storage and the pricing of commodity claims. **Review of Derivatives Research**, v. 7, n. 1, p. 5-24, 2004.

OLIVEIRA NETO, O. J. D.; FIGUEIREDO, R. S. Análise das operações de hedge do boi gordo no mercado futuro da BM&F para o estado de Goiás. **Rev. Gestão & Planejamento-G&P**, v. 9, n. 1, 2010.

OLIVEIRA NETO, O. J. **Efetividade do cross hedging dos novilhos argentinos e uruguaios no mercado futuro do boi gordo brasileiro**. 2013. Tese (Doutorado em Finanças) - Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2013.

OMURA, A.; WEST, J. Convenience yield and the theory of storage: applying an option-based approach. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 59, n. 3, p. 355-374, 2015.

PEREIRA, L. M. **Modelo de formação de preços de commodities agrícolas aplicado ao mercado de açúcar e álcool**. 2009. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PINDYCK, R. S. The dynamics of commodity spot and futures markets: a primer. **The energy journal**, v. 22, n. 3, p. 1-29, 2001.

PINTO, L. T. B. M. **Estoques De Óleo Cru E O Benefício De Conveniência (*Convenience Yield*): Uma Análise Do Mercado Norte-Americano**. 2015. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

RIBEIRO, K. C. S.; SOUSA, A. F.; ROGERS, P. Preços do café no Brasil: variáveis preditivas no mercado à vista e futuro. **REGE Revista de Gestão**, v. 13, n. 1, p. 11-30. 2006.

SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; ROESSING, A. C. Os limites de expansão da soja. **Informe GEPEC**, v. 9, n. 1, 2004.

SANTOS, J. E. **Normal backwardation é normal no mercado futuro brasileiro?** Relatório de Pesquisa nº 15/1998. Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, Núcleo de Pesquisas e Publicações, 1998. Disponível em: http://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/publicacoes/P00138_1.pdf

SILVA, R. da; TAKEUCHI, R. Mercados Futuro e à Vista de Açúcar: uma análise empírica de eficiência versus arbitragem. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 2, p. 307-330, 2010.

SILVEIRA, R. L. F.; MACIEL, L.; BALLINI, R. Derivativos sobre Commodities Influenciam a Volatilidade dos Preços à Vista? Uma análise nos mercados de boi gordo e café arábica no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 3, p. 417-436, 2014.

SILVEIRA, R. L. F.; 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, p. 881- 889, 2002.

SYKORA, N. D. **Preços de Commodities Agrícolas e o Comportamento de Mercado Invertido (*Backwardation*): o caso da soja**. 2013. Dissertações (Mestrado em Finanças e Economia Empresarial) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-graduação em Economia, Rio de Janeiro, 2013.

TELSER, L. G. Futures trading and the storage of cotton and wheat. **Journal of Political Economy**, v. 66, n. 3, p. 233-255, 1958.

TONIN, J. M.; ALVES, A. F. Análise de base para o milho na região de Maringá. **Revista Cesumar–Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, v. 12, n. 1, 2007.

TONIN, J. M.; TONIN, J. R.; TONIN, G. M. Operações de Hedge no Mercado da Soja: uma análise comparativa para o Estado do Paraná. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, n. 115, p. 7-30, 2011.

USDA. United States Department of Agriculture Field Crops Usual Planting and Harvesting Dates - October 2010. Agricultural Handbook Number 628.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. Cambridge: The MIT Press, 2010.

WORKING, H. Theory of the inverse carrying charge in futures markets. **Journal of Farm Economics**, v. 30, n. 1, p. 1-28, 1948.