

IDP
INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO, DESENVOLVIMENTO E
PESQUISA

ALEXANDRE VASCONCELOS LIMA

AVALIAÇÃO DO PREÇO FUTURO DE
COMMODITIES COMO PREDITOR DO
MERCADO À VISTA

BRASÍLIA – DF

2020



ALEXANDRE VASCONCELOS LIMA

**AVALIAÇÃO DO PREÇO FUTURO DE
COMMODITIES COMO PREDITOR DO
MERCADO À VISTA**

Artigo apresentado ao programa de Mestrado do Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre.

Área de Interesse: Finanças

Orientador

Prof. Dr. Rogério Boueri Miranda

BRASÍLIA – DF

2020

RESUMO

Este artigo testa e avalia os preços futuros de commodities agrícolas como preditores do mercado à vista. Para tanto, foi aplicado o escore proposto por *Brier*, a fim de comparar a probabilidade de ocorrência com o evento que efetivamente aconteceu. Foram analisados os dados de janeiro de 2015 a julho de 2020 para sete ativos de diferentes segmentos. Observou-se que as curvas dos preços, *spot* e futuro, possuem mesma trajetória e, considerando, a mesma data, apresentam valores próximos. Apesar desse comportamento, ao calcular o escore, notou-se que o preço futuro não é um bom preditor. O menor escore foi encontrado para o boi gordo com *block bootstrap* para 60 dias e intervalo de confiança de 90%. Nesse cenário o escore foi de 0,47. Para os outros produtos o escore variou de 0,6 a 0,8, exceto o dólar que possui o maior valor para índice, o que indica ser o ativo em que o preço futuro tem o pior poder de previsão.

Palavras-chave: Escore de *Brier*, Preços Futuros, *Commodities*.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Tema

Desde a antiguidade, procura-se conhecer e prever o futuro. Sábios, anciões, oráculos, entre outros tinham a incumbência de predizer eventos e, em virtude dessa tarefa especial, gozavam de prestígio e regalias. Entretanto, aqueles que usavam essas informações para tomada de decisão, enfrentavam ao menos dois problemas. O primeiro consiste em assegurar que o especialista compartilhou sua melhor previsão, ou seja, seu melhor julgamento. Já o segundo é um problema de avaliação da previsão. O tomador de decisão, após decorrido o evento, precisa ter uma forma de avaliar a qualidade das estimativas que recebeu (FRIEDMAN, 1983).

Em geral, os especialistas acabam realizando julgamentos considerando outros fatores. Empreendedores subestimam a probabilidade de o negócio falir, assim como investidores tendem a avaliar positivamente ativos que possuem na carteira. Em síntese, as pessoas confiam em demasia em seus conhecimentos e opiniões prévios, gerando um viés pessoal e ilusões positivas (BARON, 2000; GILOVICH, GRIFFIN e KAHNEMAN, 2002).

Nesse sentido, as previsões são, por muitas vezes, subjetivas e algumas análises contêm apenas indicações de possibilidades como prováveis, quase certo, impossível, entre outros. Para quantificar esses termos, Sherman Kent, professor de Yale e, posteriormente, pesquisador no órgão de inteligência americano, propôs uma solução de associar as indicações às probabilidades de ocorrência do evento. Com o passar do tempo, a análise estatística tornou-se cada vez mais importante, especialmente para prover medidas de incerteza e fazer previsões para o futuro (GNEITING e RAFTERY, 2007).

A fim de tornar as previsões mais acuradas, foram desenvolvidas várias técnicas de predições. Mais recentemente, algoritmos baseados em grande quantidade de dados, reduziram significativamente o erro das predições. Entretanto, há ainda um erro associado a estimativa e a necessidade de avaliar, *a posteriori*, a qualidade das estimativas. Além disso, os modelos matemáticos possuem diversas premissas, muitas vezes subjetivas, e, em especial, consideram que

os dados passados são capazes de prever o futuro. Nesse sentido, estudos apontaram grandes diferenças entre as previsões e os dados observados posteriormente (LEITCH e TANNER, 1991; BRAND e BESSLER, 1981; DORFMAN e MCINTOSH, 1997).

No mercado agrícola, a incerteza sobre os preços futuros, bem como a produção e o nível de consumo são os maiores obstáculos do planejamento e as estratégias de investimento (BRAND e BESSLER, 1983). A fim de proteger de possíveis volatilidades nos preços, os mercados de bolsa negociam os ativos com preços pré-estabelecidos. Dessa forma, independente de eventos que possam ocorrer, vendedores e compradores eliminam riscos fixando preços, quantidade e prazos das transações futuras.

Entretanto, o método de precificação futura, apesar de ser determinado por oferta e demanda, precisa ser confiável. Assim, a estimativa de preço deve ter uma probabilidade alta de acontecer. Dessa forma, os agentes envolvidos terão segurança de que, no presente, aquele preço futuro é um valor justo. Porém, os preços futuros das commodities, são frequentemente criticados por não serem informativos para fins de previsão. Isso ocorre, pois aparentemente não geram melhores estimativas do que um passeio aleatório ou por não considerarem o aumento da demanda global (REEVE e VIGFUSSON, 2011).

Nesse contexto, faz-se necessário avaliar a qualidade das estimativas, a partir da comparação das previsões com os preços observados, a fim de se concluir quão bom preditor é o preço futuro dos ativos.

1.2 Problema de Pesquisa

Este estudo pretende avaliar a acurácia dos preços futuros como preditores dos preços *spot*, mercado à vista, dessas mercadorias. O estudo em lide também tem a intenção de comparar as previsões de ativos distintos, a fim de comparar se os preços futuros são mais acurados para determinada *commodity*.

1.3 Hipóteses da Pesquisa

A hipótese norteadora desse estudo reside no fato de que não se conhece a qualidade dos preços futuros como preditores no mercado de bolsa. Assim, há o questionamento se eles podem ser utilizados como estimativas dos preços do mercado à vista. Então, existe a dúvida se os preços futuros, em sua data de vencimento, carregam informação em relação aos preços do mercado à vista.

1.4 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo desse estudo é realizar uma avaliação dos preços futuros de ativos, negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuro (BM&F), a partir da comparação com os preços do mercado à vista. Para tanto, é proposto a aplicação de um escore baseado probabilidade de ocorrência do evento.

1.5 Delimitação do Escopo do Estudo

O presente estudo é referente aos ativos comercializados na BM&F, ou seja, em ambiente de bolsa. Nesse sentido, foram escolhidos setes ativos distintos (boi gordo, café, milho, soja, etanol, ouro e dólar). A análise comparou os preços futuros e do mercado à vista no período de janeiro de 2015 a junho de 2020.

Dessa forma, não serão contemplados os preços dos ativos em outras bolsas, bem como período diferente daquele da coleta das informações. Contudo, buscar-se-á comparar as previsões dos preços dos ativos e o preço observado e o resultado poderá ser generalizado.

1.6 Justificativa do Tema

Atualmente, a Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) visa garantir uma rentabilidade mínima ao produtor rural, incentivando-o, uma vez realizado o planejamento e

investimento, a produzir. Assim, o papel da política de preços mínimos é de assegurá-lo de que, uma vez que ele já esteja comprometido com seus custos fixos, será sempre mais vantajoso produzir do que deixar o empreendimento ocioso.

De certa forma, o Governo Federal atua como um segurador ou um lançador de uma opção de venda, no qual garante um preço mínimo ao produtor rural para determinado produto. Em outras palavras, quando o preço de mercado for menor que o preço mínimo pré-estabelecido, o Estado intervém e adquire a produção.

A forma de se calibrar a magnitude de tais preços é equipará-los aos custos médios variáveis de produção. Na teoria microeconômica, se o preço de um produto está acima do seu custo médio variável o produtor tem incentivo a continuar produzindo, pelo menos no curto prazo, mesmo que esses preços sejam inferiores ao custo total médio de produção, isto é, mesmo que a produção implique em prejuízo.

Naturalmente, o produtor não dispõe ex-ante de informações precisas sobre o preço de venda do seu produto e, na maioria das vezes, dispõe apenas de estimativas sobre a produtividade a ser atingida pelo seu empreendimento. Dessa forma, em certos casos, ele não pode, com margem adequada de erro, deduzir se o preço de venda ficará em patamares superiores ao seu custo médio variável de produção.

Ao atuar no mercado como garantidor de um preço mínimo, o Governo dispõe de um risco fiscal, pois poderá ser obrigado a adquirir a produção, o que acarretará uma despesa estatal. Nesse sentido, considerando a lei nº 13.986, de 7 de abril de 2020, que dispõe sobre a subvenção econômica a produtores rurais e a cooperativas agropecuárias, uma alternativa para eliminar o risco fiscal do Tesouro Nacional é o incentivo a mercado de derivativos, no qual o Estado daria uma subvenção ao produtor. A referida lei, em seu Artigo 2º, inciso VI, parágrafo 1º expressa que a concessão da subvenção exonera o Governo da obrigatoriedade de adquirir o produto, que deverá ser comercializado pelo setor privado.

Entretanto, a fim de operacionalizar essa alternativa, é necessário que o preço futuro seja um bom preditor do preço do mercado spot. Ou seja, que o preço futuro seja uma boa estimativa do preço do mercado à vista na sua data de vencimento e, dessa forma, incentivar que os produtores rurais optem pelo mercado derivativo produto que produz.

Dessa forma, esse estudo contribui para a literatura ao apresentar a aplicação de um escore, proposto por Brier (BRIER, 1950) para avaliar os preços do mercado futuro dos ativos. Assim, será possível avaliar o nível de informação que um preço futuro possui e, conseqüentemente, analisá-lo como preditor do mercado *spot*.

1.7 Organização do Trabalho

A estrutura do estudo em lide inicia-se por esta seção introdutória. A segunda seção apresenta a fundamentação teórica sobre pesquisas já realizadas sobre o julgamento de previsões, além de mostrar como é feita a precificação futura de ativos. Na terceira seção, descreve-se o método de avaliação das estimativas o cálculo a ser realizado. Nessa parte também são expostas as fontes dos dados, bem como o período e os ativos selecionados para o presente estudo. Na quarta seção encontram-se reportados as análises dos dados e os cálculos dos escores para avaliação as precificações de cada ativo. Finalmente, na última seção, são feitas as considerações finais a partir dos resultados obtidos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cálculo do Preço Futuro

A formação do preço futuro de um contrato é definida por um valor consensual entre os compradores e vendedores daquele ativo. Entretanto, quanto mais próxima é a data de vencimento menor tende a ser a disparidade entre o preço acordado previamente e aquele observado, no futuro, no mercado à vista.

O manual de apuração da Bolsa de Mercadorias e Futuro (BM&F) aborda o preço futuro e, apesar de sua valor ser determinado a partir da oferta e demanda, propõe que o cálculo do preço futuro seja dado pela seguinte equação:

Preço a Vista + custo de carregamento + prêmio pela incerteza = preço futuro, onde o preço de carregamento é composto pelo custo de armazenagem, transporte, seguro e financiamento.

Ressalta-se que os dois primeiros termos da equação, preço a vista e custo de carregamento, são conhecidos e não dependem de nenhuma estimativa dos agentes. Já o terceiro fator, prêmio pela incerteza, é dado pelas expectativas dos agentes quanto ao mercado, considerando sazonalidade e tendência.

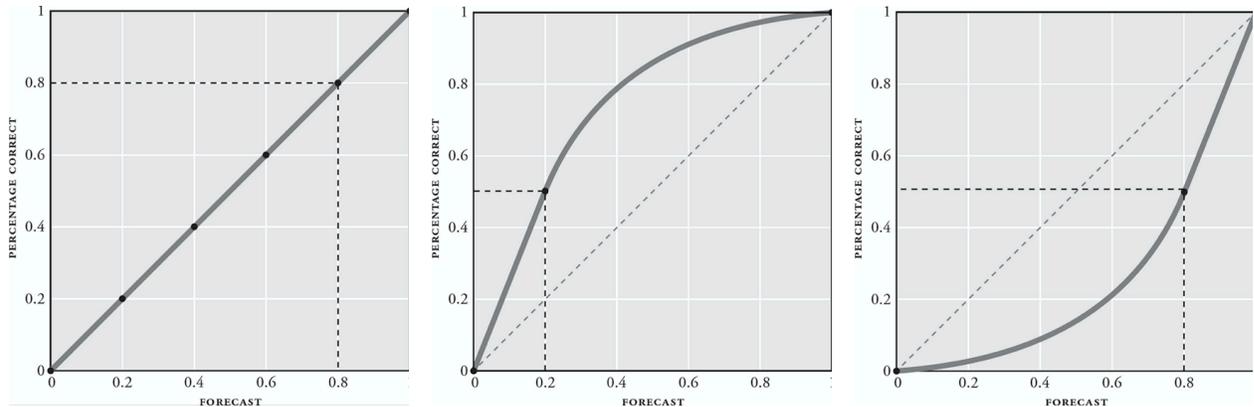
2.2 *Scoring Rule* a partir das Probabilidades de Ocorrência

Há inúmeras razões para se avaliar as previsões (JOLLIFFE e STEPHENSON, 2003). Os limites das previsões devem ser reconhecidos, contudo não se pode desconsiderá-las (TETLOCK e GARDNER, 2015). Nesse sentido, Glenn Brier publicou um artigo seminal em 1944 (BRIER, 1944) e em seguida propôs uma construção de um escore para identificar quão boa é a previsão comparando com o valor observado (BRIER, 1950).

A ideia por trás de um *score* para verificar as previsões em termos de probabilidade é de que se o evento possui uma certa chance de ocorrer, ele deverá acontecer na mesma proporção no

futuro. A figura abaixo apresenta exemplos com a variação entre uma calibração perfeita, em que a proporção de ocorrência do evento é igual aquela predita e quando há diferença entre as probabilidades estimadas e a porcentagem que o evento efetivamente aconteceu.

Figura 1 – Exemplos de calibração perfeita, *underconfident* e *overconfident* quando comparada a probabilidade de ocorrência predita e a porcentagem correta do evento.



Fonte: TETLOCK e GARDNER, 2015.

O método apresentado por Brier refere-se à verificação das previsões climática (BRIER, 1950). O escore é obtido a partir de uma fórmula que comparar as probabilidades de ocorrência de um evento e a observação se o evento de fato aconteceu. Supondo que f_{ij} representa as probabilidades do evento e E_{ij} a observação do evento, o escore é definido por:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n (f_{ij} - E_{ij})^2, \text{ onde } \sum_{j=1}^r f_{ij} = 1, \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, n$$

O escore varia de 0 a 1, em que o valor máximo se refere quando há uma discordância total entre o valor predito e aquele que foi observado. Enquanto, se a diferença entre a estimativa e o evento for pequena, o escore aproxima-se de zero.

Nota-se que E_{ij} assume os valores 0 ou 1, dependendo da ocorrência ou não do evento esperado. Assim, o escore proposto refere-se a uma métrica em que a predição é em termos de probabilidade e o evento observado é binário.

Quanto o evento não assume comportamento dicotômico, deve-se transformar os dados para que tenham distribuição binomial. Uma opção para tratar os valores contínuos é categorizar os dados. Em artigo de 1972, Von Hosten propõe utilizar escore baseado em probabilidades para verificar a predição no mercado de ações, considerando que o preço possui pouca variação, até 1% de diferença, variação de 1% a 3% no preço e variação acima de 3% (VON HOLSTEIN, 1972). A fim de avaliar as estimativas, o escore, quando considerada diversas classes, deve ser composto por uma função não-linear (MURPHY e WINKLER, 1970). Nesse sentido, os escores obtidos por meio das funções quadráticas, esféricas e logarítmicas são mais apropriadas (VON HOLSTEIN, 1972).

Mason apontou um problema quando os dados possuem uma autocorrelação temporal. A fim de contornar esse problema, ele sugere a realização de *block bootstrap* antes da aplicação de outras análises estatísticas. Ou seja, é feita a divisão dos dados em diversos blocos e aplicado o processo de reamostragem em cada bloco (MASON, 2008).

2.3 Literatura

A literatura aborda a comparação entre os valores preditos e os observados em diversos campos de pesquisa. Na área da meteorologia é onde, provavelmente, há mais estudos. São propostos diversos escores para mensurar a qualidade da predição. Gneiting e Raftery, em 2007, abordam a comparação de quatro escores distintos - Brier Score, Logarithmic Score, Zero-One Score e Winkler's Score -, a depender da distribuição da função de probabilidade.

Há, também, uma vasta literatura sobre a avaliação de predições em mercados futuros. Esses artigos buscam analisar o comportamento dos preços futuros e avaliar se há informação que pode servir de preditor do preço *spot* (mercado à vista).

Em seu artigo sobre o poder de previsão, prêmios e a teoria de armazenamento de commodities, Fama e French avaliam duas visões comuns sobre os preços futuros nesse mercado. A teoria de armazenamento explica a diferença entre o preço futuro e o preço do mercado à vista

em termos de juros perdidos na estocagem do produto, os custos envolvidos nesse processo e um rendimento do estoque. A segunda visão divide o preço futuro em um prêmio esperado e uma previsão do preço à vista. Entre as conclusões do estudo, foi possível inferir que os preços futuros têm poder de prever, em sua data de vencimento, os preços do mercado à vista naquela data (FAMA e FRENCH, 1987).

Embora o preço futuro contenha o prêmio de risco, o desempenho das predições não melhora significativamente com o controle desse fator para as estimativas, ou seja, a estimativa dada pelo preço futuro do ativo supera, mas por uma margem pequena, a previsão dada por um passeio aleatório (REEVE e VIGFUSSON, 2011). Para chegar nessa conclusão, Reeve e Vigfusson adotaram uma abordagem econométrica, onde a diferença entre o preço no mercado à vista e o seu preço no futuro foi regredido em termos de uma constante, um fator de inclinação entre a estimativa do preço e o preço presente e um erro. Também concluíram que, quando as commodities são armazenáveis, os preços à vista refletem as condições atuais de oferta e demanda, bem como as expectativas para essas condições no futuro, porque os agentes do mercado podem arbitrar entre o preço à vista atual e o preço futuro. Conseqüentemente, trajetórias de futuros são relativamente estáveis, não havendo indicação de disfunção por parte dos mercados de futuros.

Já Moosa e Al-Loughani analisaram os preços futuros e do mercado à vista para o petróleo WTI. As análises econométricas indicaram que os preços futuros são estimativas enviesadas dos preços *spot*, portanto, não geram previsões eficientes do mercado à vista. (MOOSA e AL-LOUGHANI, 1994)

No Brasil, alguns estudos analisaram a relação entre o mercado futuro e o mercado *spot*. Abitante avaliou a eficiência do mercado futuro como preditor do mercado à vista para as commodities boi gordo e soja. As séries temporais apresentaram cointegração significativa, o que indica que há uma relação entre os mercados futuro e à vista no longo prazo. O indicador de eficiência proposto no artigo mostrou-se elevado para o boi gordo, assim, conclui-se que o preço futuro pode auxiliar na descoberta do preço do mercado *spot* (ABITANTE, 2008).

Silva e Takeuchi propuseram uma análise empírica no mercado de açúcar para avaliar a possibilidade de arbitragem para o produto com base nas diferenças entre os preços futuros e *spot*. Os pesquisadores abordaram o problema por meio da análise de séries temporais. Aplicaram o teste de cointegração e o modelos de correção de erros para avaliação da existência de relação entre preços à vista e futuros de açúcar devidamente defasados. Os resultados encontrados mostram uma relação de longo prazo entre os preços futuros e *spot* e geram evidências fracas de ineficiência no mercado de açúcar (SILVA e TAKEUCHI, 2010).

3. METODOLOGIA

O presente estudo busca avaliar os preços futuros como preditores dos preços à vista. Trata-se de uma pesquisa quantitativa, que, a partir dos dados coletados analisa a inter-relação entre os valores preditos, preços futuros, e do mercado *spot* no mercado financeiro. As análises foram realizadas utilizando o software R, versão 3.6.

3.1 Base de dados

Para o estudo em lide são utilizadas as informações de preços de ativos na Bolsa de Mercadorias e Futuro. Foram escolhidos sete ativos: boi gordo, café, milho, soja, etanol, ouro e dólar.

A coleta dos preços do mercado à vista ocorreu por meio dos dados disponibilizados no sítio eletrônico do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), unidade da Universidade de São Paulo (USP).

Os preços futuros foram obtidos no sítio eletrônico <https://br.investing.com/>, que proporciona acesso aos dados dos ativos na BM&F. As informações são disponibilizadas na forma de futuro contínuo (F_c), calculado como média ponderada dos preços com datas de vencimento distintas. A ponderação é feita considerando o número de dias restantes até o fechamento da negociação do contrato. A fórmula abaixo apresenta o cálculo quando há dois contratos de acordo com a seguinte fórmula:

$$F_c = F_1 * \frac{T_1}{T} + F_2 * \frac{T_2}{T}$$

Assim, o preço do futuro contínuo (F_c) de determinado ativo é uma média ponderada entre o contrato de vencimento mais próximo, onde T_1 representa a quantidade de dias até o vencimento do primeiro contrato do futuro, T_2 o número de dias até a data de vencimento do segundo contrato e T a diferença de dias entre T_1 e T_2 . Já os preços futuros são representados por F_1 para o primeiro contrato e F_2 para o segundo.

A escolha pela utilização do preço futuro contínuo deve-se a vantagem dessa forma mitigar as distorções que ocorrem durante a transição entre os meses de vencimento. Assim, facilita a análise com um prazo mais longo.

3.4 Técnica quantitativa

A partir dos dados de preços dos mercados futuro e à vista para cada produto, foi realizada a visualização das informações e transformação dos dados no formato de série temporal.

Observou-se a necessidade de imputação de alguns poucos valores, pois há datas em que o mercado à vista operou, mas não houve negociação em bolsa de valores para o mercado futuro. A imputação desses dados foi realizada usando o pacote `imputeTS`, que considera a série temporal para a estimativa a ser atribuída no lugar do valor faltante.

Para contornar o problema da autocorrelação, presente em séries temporais, foi feito o `block bootstrap` nos dados do futuro contínuo. Nesse processo, foram simulados e reamostrados considerando blocos de 30, 60, 90, 180 e 360 dias.

Após a aplicação do processo de reamostragem, foi calculado o intervalo de confiança aos níveis de 90% e 95%. A partir dessa distribuição, foi possível transformar os dados observados em termos binários. Quando os preços spot estavam dentro do intervalo de confiança receberam o valor igual a 1 e, caso contrário, 0. Dessa forma, foi possível calcular o `escore de Brier`, usando a seguinte fórmula:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n (f_{ij} - E_{ij})^2$$

A variável f_{ij} corresponde a um nível de confiança do intervalo (90% ou 95%) e E_{ij} receberá o valor de 1 ou 0, a depender se o preço spot está ou não contido no intervalo de confiança.

4. RESULTADOS

A análise dos dados iniciou-se com a visualização da série temporal do mercado de cada produto. Dessa forma, é possível comparar de forma descritiva as trajetórias dos preços futuros e *spot*.

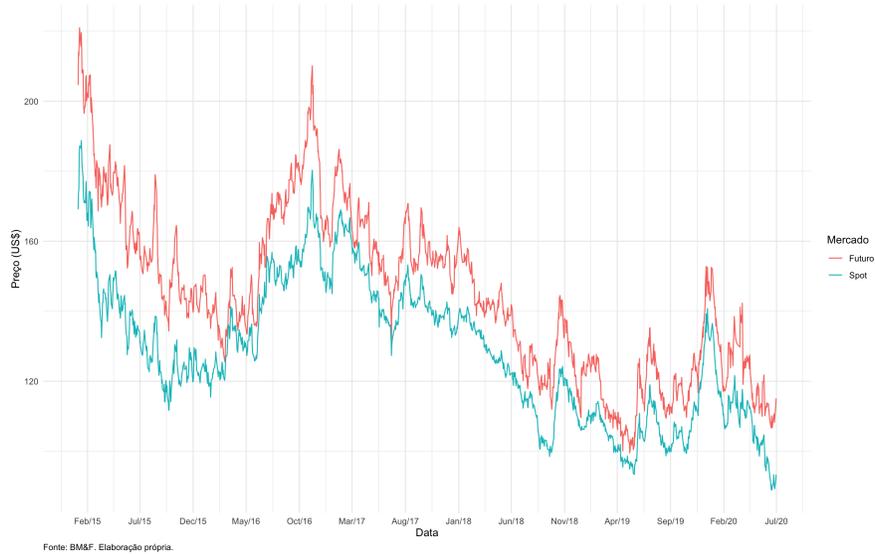
Ao analisar os preços do mercado à vista e futuro para o boi gordo, nota-se que as curvas possuem valores bem próximos quando comparados na mesma data. O aumento observado a partir da segunda metade de 2019 ocorreu tanto no mercado à vista quanto nos preços futuros da *commodity*.

Gráfico 1 - Preço do boi gordo nos mercados à vista e futuro no período de janeiro de 2015 a junho de 2020.



No mercado de café é observado que o mercado futuro está constantemente acima do mercado à vista no período analisado. Contudo, observa-se que as curvas possuem o mesmo comportamento, ou seja, quando há uma mudança nos preços *spot*, o mercado futuro também apresenta uma alteração na mesma direção.

Gráfico 2- Preço do café nos mercados à vista e futuro no período de janeiro de 2015 a junho de 2020.



As curvas dos mercados à vista e futuro para o milho apresentam trajetórias semelhantes, havendo pequeno descolamento dos preços observados em pequenos períodos. Entretanto, na maior parte do tempo analisado, os preços para o produto, tanto *spot* quanto futuro, estiveram próximos.

Gráfico 3 - Preço do milho nos mercados à vista e futuro no período de janeiro de 2015 a junho de 2020.



Para a soja, os preços spot, em quase todo o período analisado, esteve superior àquele observado no mercado futuro. Contudo, da mesma forma que acontece com os produtos descritos acima, o comportamento das curvas dos mercados é semelhante.

Gráfico 4 - Preço da soja nos mercados à vista e futuro no período de janeiro de 2015 a junho de 2020.



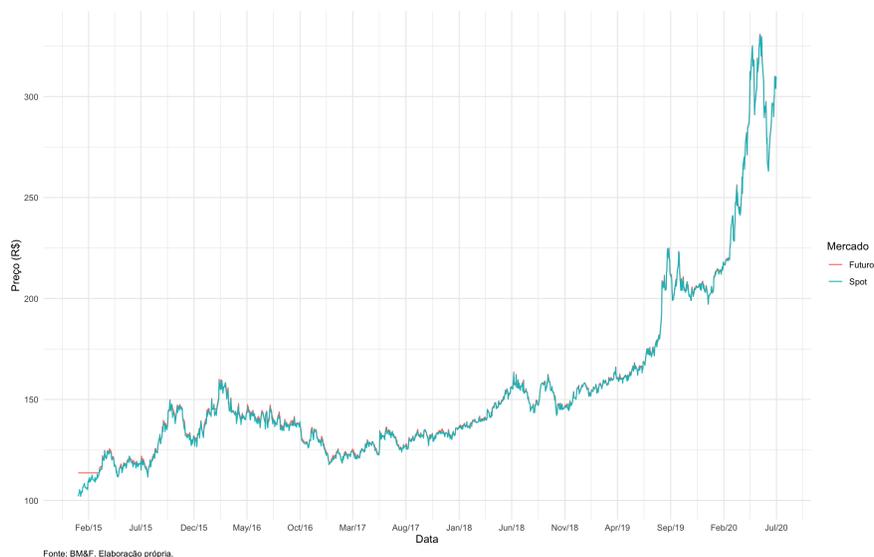
No mercado de etanol, os preços à vista e futuro possuem trajetórias semelhantes. Porém, no final de 2016, notou-se uma alteração nos preços futuros, ocorrendo uma queda brusca. Em 2017, entretanto, a curva retornou ao mesmo nível do mercado spot.

Gráfico 5 - Preço do etanol nos mercados à vista e futuro no período de janeiro de 2015 a junho 2020.



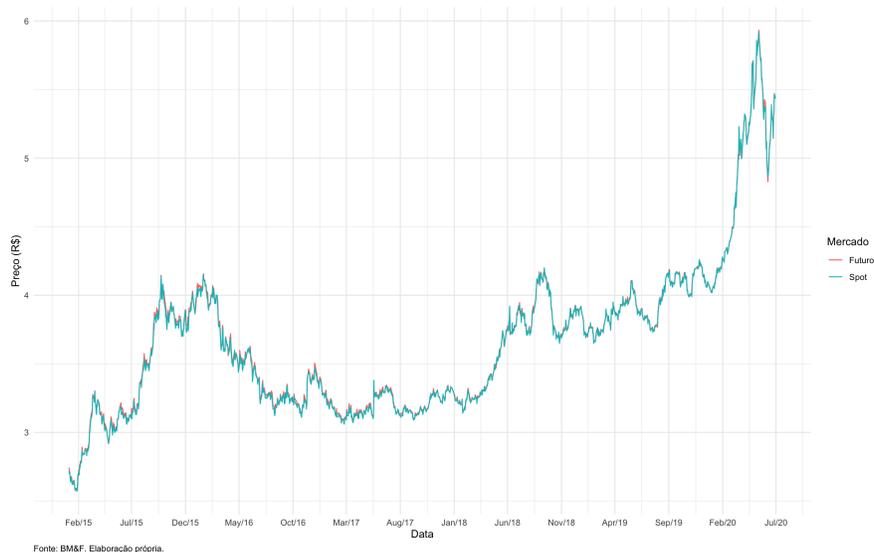
Os preços *spot* e futuro do ouro possuem comportamentos semelhantes e valores muito próximos em ambos mercados. Dessa forma, para a mesma data, a precificação do mercado futuro segue o preço observado no mercado à vista.

Gráfico 6 - Preço do ouro nos mercados à vista e futuro no período de janeiro de 2015 a junho de 2020.



Assim como o ouro, o mercado à vista e futuro do dólar possuem comportamentos semelhantes e, considerando a mesma data, possuem valores bem próximos.

Gráfico 7 - Preço do dólar nos mercados à vista e futuro no período de janeiro de 2015 a junho de 2020.



Após análise descritiva, foi realizada a reamostragem por blocos, considerando cem simulações em cada agrupamento, para os preços futuros. Foram testados diversos períodos como parâmetro: 30, 60, 90, 180 e 360 dias. A tabela abaixo apresenta o resultado do *block bootstrap*. Nota-se que a aplicação da técnica resultou em um viés muito pequeno, ou seja, o processo não acarretou viés quando comparada a média da distribuição original e aquela obtida pelo processo de *bootstrapping*.

Tabela 1 - Resultado do *block bootstrap* segundo os mercados e o período considerado para blocagem.

Ativo	Período considerado para o <i>block bootstrap</i>									
	30 dias		60 dias		90 dias		180 dias		360 dias	
	Viés	Erro Padrão	Viés	Erro Padrão	Viés	Erro Padrão	Viés	Erro Padrão	Viés	Erro Padrão
Boi Gordo	0,0	2,4	0,0	3,1	0,0	3,1	0,0	2,1	0,0	2,1
Cafê	0,0	3,3	0,0	4,5	0,0	5,4	0,0	6,5	0,0	4,2
Milho	0,0	1,0	0,0	1,4	0,0	1,5	0,0	1,8	0,0	1,6
Soja	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,3
Etanol	0,0	36,9	0,1	49,5	-0,1	54,3	-0,2	56,1	-0,1	58,4
Ouro	0,0	6,2	0,0	8,4	0,0	9,8	0,0	13,0	0,0	15,9
Dólar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: elaboração própria.

Em seguida, foram calculados os intervalos de confiança aos níveis de 90% e 95%. Assim, foi possível calcular o escore proposto por Brier, comparando se os valores observados estavam dentro do intervalo ou não. A partir do escore, verifica-se quão bom o preço futuro é um bom estimador para o preço à vista.

Tabela 2 - Escore de Brier para os produtos segundo período utilizado para o bootstrapping.

Ativo	Período considerado para o <i>block bootstrap</i>									
	30 dias		60 dias		90 dias		180 dias		360 dias	
	IC 90%	IC 95%	IC 90%	IC 95%	IC 90%	IC 95%	IC 90%	IC 95%	IC 90%	IC 95%
Boi Gordo	0,62	0,66	0,47	0,68	0,67	0,71	0,61	0,64	0,61	0,64
Cafê	0,70	0,76	0,70	0,76	0,73	0,79	0,69	0,75	0,72	0,79
Milho	0,68	0,74	0,70	0,75	0,72	0,77	0,69	0,74	0,70	0,76
Soja	0,72	0,77	0,72	0,78	0,75	0,70	0,70	0,75	0,71	0,77
Etanol	0,72	0,79	0,73	0,79	0,74	0,81	0,73	0,80	0,73	0,80
Ouro	0,70	0,75	0,68	0,73	0,68	0,73	0,75	0,82	0,74	0,80
Dólar	0,81	0,90	0,81	0,90	0,81	0,90	0,81	0,90	0,81	0,90

Fonte: elaboração própria.

Os resultados acima mostram que o preço futuro, de forma geral, não é um bom estimador do preço do mercado à vista. O pior resultado ocorre para o dólar, em que o escore aproxima-se de 1.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao visualizar as séries temporais dos mercados à vista e futuro, notou-se que, para todos os produtos analisados, as curvas possuem mesma trajetória. Na maioria dos casos, quando a observação é realizada na mesma data, os preços spot e futuro estão bem próximos. Dessa forma, aparentemente há uma forte correlação entre os mercados spot e futuro, no entanto, não é possível, descritivamente, verificar se há relação de causalidade.

A fim de aplicar o escore de Brier, que compara as probabilidades de ocorrência com o evento que efetivamente aconteceu, foi calculado o intervalo de confiança das simulações obtidas pelo processo de *block bootstrap*. Esse processo é adequado quando se trata de séries temporais e adota um período para agrupamento e, posteriormente, executa a reamostragem dos dados.

O processo de reamostragem não acarretou viés e, dessa forma, a execução da simulação mostrou-se adequada, sendo que os dados gerados espelham aqueles que realmente ocorreram.

O escore de Brier mostrou que os preços futuros não são bons preditores dos valores observados no mercado à vista. O valor do escore é superior a 0,5 para todos os produtos e em muitos casos fica aproxima-se a 1, que indica discordância total entre a previsão e o evento real.

É observada, também, uma diferença entre os ativos analisados. O dólar teve o pior desempenho, enquanto os outros produtos apresentaram resultados mais próximos, com o escore variando de 0,6 a 0,8. O boi gordo é a *commodity* que apresenta o menor escore, assim é aquele onde o preço futuro melhor prevê o preço do mercado à vista. Entre as simulações do parâmetro para a blocagem do processo de *bootstrapping*, foram testados diversos períodos distintos. Verifica-se que, quanto maior o período para o agrupamento da série temporal, maior é o escore, evidenciando uma piora do preço futuro como preditor do preço *spot*.

Apesar de não haver indicação de que os preços futuros conseguem prever de forma satisfatória os valores encontrados no mercado à vista, observou-se que as trajetórias das curvas

são semelhantes. Além disso, quando considerada a mesma data, os valores são bem próximos. É provável que os custos de armazenagem são desprezíveis e, assim, o valor do mercado à vista aproxima-se do mercado futuro, pois caso sejam diferentes os agentes poderiam arbitrar, aproveitando essas diferenças de preços.

Como continuidade desse trabalho, sugere-se que sejam analisadas séries de outros ativos, bem como a aplicação de outras técnicas, como de séries temporais, a fim de avaliar a correlação cruzada entre os mercados e se há relação causal entre eles.

6. REFERÊNCIAS

ABITANTE, Kleber G. Co-Integração entre os Mercados Spot e Futuro: Evidências dos Mercados de Boi Gordo e Soja. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, vol. 46, nº 1, 2008, 75-96.

BACHA, C. J. (2012). *Economia e Política Agrícola no Brasil*. 2ª ed. São Paulo: Atlas.

BARON, J. (2000). *Thinking and Deciding* (3rd ed.). New York, NY: Cambridge University Press.

BRANDT, JON A.; BESSLER, DAVID A. Composite Forecasting: An Application with U.S. Hog Prices. *American Journal of Agriculture Economics*, Vol. 63, 135-140, 1981.

BRANDT, JON A.; BESSLER, DAVID A. Price Forecasting and Evaluation: an application in agriculture. *Journal of Forecasting*, Vol. 2, 237-248, 1983.

BRASIL BOLSA BALCÃO. Manual de Apreçamento Contratos Futuros. Disponível em www.b3.com.br, consultado em 31/03/2020.

BRIER, Glenn W. Verification of a Forecaster's Confidence and the Use of Probability Statements in Weather Forecasting. Research Paper No.16, U.S. Weather Bureau, Washington, 1944.

BRIER, Glenn W. Verification of Forecasts Expressed in Terms of Probability. *Monthly Weather Review*, Vol. 78, 1950.

CANTY, Angelo; RIPLEY, Brian (2020). *boot: Bootstrap R (S-Plus) Functions*. R package version 1.3-25.

DAVISON, A. C.; HINKLEY, D. V. (1997) *Bootstrap Methods and Their Applications*. Cambridge University Press, Cambridge. ISBN 0-521-57391-2

DORFMAN, Jeffrey H.; MCINTOSH, Christopher S. Economic Criteria for Evaluating Commodity Price Forecasts. *Journal of Agriculture and Applied Economics*, Vol. 29, 1997, 337-345.

FAMA, Eugene F.; FRENCH, Kenneth R. Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage. *The Journal of Business*, 60(1), 1987, 55-73.

FEUSER, Carlos Eduardo P. Influência do Risco de Base na Comercialização da Soja em Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento Regional). Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2014.

FRIEDMAN, Daniel. Effective Scoring Rules for Probabilistic Forecast. *Management Science*, Vol. 29, No. 4. 1983, 447-454.

GILOVICH, T., GRIFFIN, D., & KAHNEMAN, D. (2002). *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*. New York, NY: Cambridge University Press.

GNEITING, Tilmann; RAFTERY, Adrian E. Strictly Proper Scoring Rules, Prediction, and Estimation. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 102, No. 477, 2007, 359-378.

GROLEMUND, Garrett; WICKHAM, Hadley (2011). Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1-25.

JOLLIFFE I.T.; STEPHENSON D.B. *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science*. Wiley: Chichester, 2003, 1–12.

MASON, S. J. Understanding Forecast Verification Statistics. *Meteorological Applications* Vol. 15, 31–40.

MOOSA, Imad; Nabeel AL-LOUGHANI. Unbiasedness and Time Varying Risk Premia in the Crude Oil Futures Market. *Energy Economics* 16(2), 1994, 99-105.

MORITZ S, Bartz-Beielstein T (2017). “imputeTS: Time Series Missing Value Imputation in R.” *The R Journal*, *9*(1), 207-218.

MURPHY, Allan H. WINKLER, Robert L. Scoring Rule in Probability Assessment and Evaluation. *Acta Psychologica* 34, 1970, 273-286.

R CORE Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REESE, Trevor A.; VIGFUSSON, Robert J. Evaluating the Forecasting Performance of Commodity Futures Prices. Board of Governors of the Federal Reserve System. *International Finance Discussion Papers*, Number 1025, 2011.

STAËL VON HOLSTEIN, C. A. S. Probabilistic Forecasting: An Experiment Related to the Stock Market. *Organizational Behavior and Human Performance* 8, 1972, 139-158.

SILVA, Roseli da; TAKEUCHI, Rodrigo. Mercados futuro e à vista de açúcar: uma análise empírica de eficiência versus arbitragem. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol.48, No.2, 2010.

STEFANELO, E. (2005) A política de garantia de preços mínimos no Brasil: classificação e operacionalização dos seus instrumentos no período 1990-2004. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TETLOCK, Philip E.; GARDNER, Dan. *Superforecasting: the Art and Science of Prediction*. Crown Publisher. New York, 2015.

WICKHAM et al., (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686

WINKLER, Robert L. Evaluating Probabilities: Asymmetric Scoring Rules. *Management Science*, Vol. 40, 1994, 1395-1405.