

INSPER

MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA

ARTUR ORNELAS LOURENÇO GOMES

O risco de base e a efetividade do hedge do café arábica no Brasil

São Paulo

2015

ARTUR ORNELAS LOURENÇO GOMES

O risco de base e a efetividade do hedge do café arábica no Brasil

Tese de mestrado apresentada ao
INSPER, como requisito para conclusão
do Mestrado Profissional em Economia.

Campo de conhecimento: Finanças

Orientador: Gustavo Soares

São Paulo

2015

Gomes, Artur Ornelas Lourenço.

O risco de base e a efetividade do hedge do café arábica
no Brasil /

Artur Ornelas Lourenço Gomes. — São Paulo, 2015.

37f.

Mestrado em Economia — Insper, 2015.

Orientador: Gustavo Soares

1. Hedge. 2. Café. 3. Derivativos. 4. Finanças.

ARTUR ORNELAS LOURENÇO GOMES

O risco de base e a efetividade do hedge do café arábica no Brasil

Tese de mestrado apresentada ao
INSPER, como requisito para conclusão
do Mestrado Profissional em Economia.

Data de aprovação: 02/02/16

Banca examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Barbosa Soares

Orientador

Instituição: Insper

Assinatura: _____

Prof. Dr. Rodrigo Menon Moita

Instituição: Insper

Assinatura: _____

Prof. Dr. Angelo Gurgel

Instituição: FGV

Assinatura: _____

Resumo

O trabalho buscou mensurar e analisar os valores da base do café arábica nas principais regiões produtoras, assim como demonstrar que é possível conhecer previamente o comportamento da base no Brasil. Se inovou ao realizar a análise da base utilizando o preço da Intercontinental Exchange (ICE) e mensurar o impacto do câmbio no comportamento da base. Ao avaliar os resultados dos testes aplicados sobre uma amostra com dados diários dos anos de 2005 a 2014 para as principais regiões produtoras: do Cerrado Mineiro, Mogiana, Sul de Minas, Zona da Mata, Paraná e Noroeste Paulista, foi possível identificar intervalos de confiança para o valor da base e o coeficiente entre preço futuro e o preço a vista para cada região analisada. Por fim, o modelo econométrico trouxe informações importantes sobre o comportamento da base, tais como a relação negativa entre o valor da base e a PTAX e o impacto da volatilidade no comportamento da base.

Palavras chave: Finanças, hedge, derivativos, café.

Abstract

The objective of this paper was to measure and analyze the basis of arabica coffee at the main producing regions, as well as to demonstrate that is feasible to know beforehand the behavior of the basis in Brazil. The approach was innovative as the basis was calculated with the future prices of the Intercontinental Exchange (ICE) and also to measure the impact of the foreign exchange rate in the basis behavior. When assessing the results of the tests applied in daily data through the years of 2005 until 2014 from main producing origins: Cerrado Mineiro, Mogiana, Sul de Minas, Zona da Mata, Paraná and Noroeste Paulista, was possible to identify confidence intervals for the basis and the ratio between futures price and the cash price for each region. Finally, the econometric model provided important information about the behavior of the basis, such as the negative relationship between the basis value and PTAX and also the impact of the volatility in the behavior of the basis.

Keywords: Finance, derivatives, hedge, coffee trading.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

TABELA 1- DEFINIÇÃO DO PRIMEIRO VENCIMENTO.....	26
TABELA 2 - ESTATÍSTICAS PARA DADOS DIÁRIOS	28
TABELA 3 - ESTATÍSTICAS DA BASE PARA DADOS DIÁRIOS.....	28
TABELA 4 - TESTE DE RAIZ UNITÁRIA	29
TABELA 5 – COEFICIENTE DE LONGO PRAZO.....	30
TABELA 6 - TESTE SHAPIRO-WILK.....	31
TABELA 7 - INTERVALOS DE CONFIANÇA	32
TABELA 8 - TESTE DE HAUSSMAN	33
TABELA 9 - TESTE ECONOMÉTRICO.....	34
TABELA 10 - ESTATÍSTICA U THEIL.....	36
FIGURA 1 – HISTÓRICO DE PREÇOS DAS BASES E PTAX	29

LISTA DE SIGLAS

ICEINTERCONTINENTAL EXCHANGE

KC CONTRATO FUTURO DE CAFÉ NEGOCIADO NA ICE

PTAX TAXA MÉDIA DE CÂMBIO DIVULGADA PELO BANCO CENTRAL

BACEN BANCO CENTRAL DO BRASIL

CPR CÉDULA DO PRODUTOR RURAL

SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	10
2. INTRODUÇÃO	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4. METODOLOGIA	15
4.1. DEFINIÇÃO DA BASE	16
4.2. HEDGE DE VENDA.....	17
4.3. HEDGE DE COMPRA.....	18
4.4. OUTRAS FORMAS DE HEDGE.....	19
4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	20
4.5.1. <i>Cointegração</i>	20
4.5.2. <i>Aderência à Distribuição Normal</i>	21
4.5.3. <i>Modelo Econométrico</i>	22
5. DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	24
6. RESULTADOS	27
6.1. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS.....	27
6.2. RELAÇÃO ENTRE MERCADO FÍSICO E MERCADO FUTURO	29
6.3. NORMALIDADE DA BASE	30
6.4. RESULTADOS DO MODELO COM DADOS EM PAINEL	32
6.5. APLICAÇÃO PRÁTICA DO RESULTADO	36
7. CONCLUSÕES	38
8. BIBLIOGRAFIA	40
APÊNDICE A	42

1. Sumário Executivo

Ao contrário de uma empresa que produza bens de consumo, que usualmente não enfrenta grandes oscilações no preço final de mercado de seus produtos e não possui instrumentos para se proteger dessas eventuais oscilações, uma empresa que negocie fisicamente *commodities* está exposta a grandes variações de preços assim como possui no mercado futuro uma ferramenta de grande valia para a adequada gestão destes riscos.

Diariamente tais preços são cotados tanto no mercado físico como no mercado futuro, variando em função dos mais diversos fatores e impactando diretamente no resultado financeiro dos participantes deste mercado. Sendo assim, a utilização dos mercados futuros para mitigar estas oscilações elimina o risco de preço.

Esta constante oscilação é a maior preocupação do participante do mercado agrícola ao negociar sua produção ou estoque mesmo podendo utilizar os mercados futuros para a realização de *hedge*. Especialmente para os participantes do mercado de café, este é um fator de grande impacto nos resultados financeiros já que esta é a *commodity* que apresenta a maior volatilidade de preços no Brasil.

Os preços do café no mercado físico e no mercado futuro não são exatamente iguais. Esta diferença se justifica por inúmeros fatores tais como o valor do dinheiro no tempo, custo de armazenagem, custos de frete, qualidade do produto negociado, entre outros fatores. A essa diferença de valores, entre o mercado à vista e o mercado futuro, se dá o nome de Base e sua variação é chamada de Risco de Base.

Com isso, isso um participante do mercado cafeeiro no Brasil que busque se proteger das oscilações de preço utilizando os mercados futuros conseguirá eliminar o risco de preço, mas não o Risco de Base que irá variar em função da variação dos fatores que compõe a Base.

Quando o valor da Base aumenta se diz que ela se fortaleceu ou alargou. Caso seu valor diminua, é dito que a Base estreitou ou enfraqueceu.

Como o Risco de Base persiste mesmo com a eliminação do Risco de Preço, o conhecimento prévio do comportamento da Base permitiria aos participantes do mercado cafeeiro precificar corretamente tal Risco e com esta informação definir estratégias de negociação mais efetivas.

Um exportador, por exemplo, ciente em um dado momento de que a expectativa é de fortalecimento da base deveria aumentar seu estoque de café físico, conjuntamente com *hedge* via mercado futuro para eliminar o risco de preço, para se beneficiar deste movimento.

Alguns trabalhos estudaram o comportamento da base do café arábica no Brasil, mas com resultados de difícil aplicação prática para os participantes do mercado. Este estudo, realizado com dados diários, no período de 2005 a 2014, das seis principais regiões produtoras de café arábica no Brasil, tem como objetivo validar que o conhecimento prévio do comportamento da Base aumenta a efetividade do *hedge*, assim como comprovar que existe uma correlação negativa do dólar no comportamento da base, informações fundamentais para a correta precificação da Base nas principais origens de café arábico do mercado Brasileiro.

2. Introdução

Os participantes da cadeia produtiva de qualquer *commodity* agrícola tem no mercado futuro a oportunidade de se proteger contra a variação dos seus custos ou receitas. Oliveira e Aguiar (2004) observaram, ao analisar seis *commodities* agrícolas produzidas no Brasil, que o café é aquela que apresenta a maior volatilidade de preços no mercado físico. Este fato já justificaria que os participantes do mercado de café utilizem alguma forma de *hedge* para se proteger das variações de preço.

Esta oportunidade de *hedge* apresenta alguns desafios que devem ser considerados. O desafio que mais se destaca ao se negociar *commodities* é a variação na Base, que é a diferença entre o preço à vista da mercadoria física e o preço futuro.

Especificamente no mercado de *commodities* agrícolas essa diferença se deve a fatores como custos de armazenagem e frete da mercadoria física, características distintas entre o produto físico negociado e o contrato futuro padrão, expectativas de taxas de juros, expectativa cambial, impossibilidade de negociação em todos os meses, entre outros.

Refletindo a variação dos itens expostos acima, a base não é constante ao longo do tempo e esta inconstância caracteriza o risco de base. Este risco influencia diretamente a efetividade do *hedge*.

Dado a impossibilidade de se *hedgear* a totalidade dos fatores que compõem a base, o risco de base não pode ser eliminado, mas é fundamental a sua correta mensuração e gestão para que o *hedge* da exposição à *commodity* seja efetivo. Assim, é possível afirmar que o mercado futuro possibilita o *hedge* do risco de preço e não o do risco de base.

A mensuração e a interpretação do risco de base são fundamentais para aumento da efetividade das operações de *hedge* com café. Segundo Hull (2012) o risco da base é fator decisivo para o resultado final do *hedge*, podendo levar à piora ou melhora na posição do *hedger*.

Dado os fatores que compõem a base e o fator tempo, de acordo com Lopes, Galdi e Lima (2009), à medida que o contrato futuro se aproxima da data de vencimento se espera que haja uma conversão entre o valor do contrato futuro e do contrato à vista para que não ocorra oportunidade de arbitragem. E mais, se espera que o comportamento preço à vista e do contrato futuro seja na mesma direção, mesmo que não apresentem a mesma ordem de grandeza, para que não haja arbitragem no *carry cost* do ativo.

De acordo com Thompson e Myers (1989), ao negociar commodities é um desafio definir a proporção ótima de *hedge* entre o mercado físico e o mercado futuro. Estes ainda afirmam que diversos agentes realizam o *hedge* na mesma proporção, o que invariavelmente não reflete adequadamente o risco de base de determinada origem.

A relação entre o mercado físico e o mercado futuro é variável importante na definição da base. Segundo Anderson e Danthine (1981), quanto mais próxima essa relação, maior a importância que o *hedger* deve dar aos preços futuros para a sua expectativa para a base.

De maneira geral, os artigos existentes na literatura brasileira tais como Fileni e Marques (1999), Nogueira, Aguiar e Lima (2002) e Fontes, Castro Júnior e Azevedo (2003), avaliam de forma empírica o comportamento do hedge e da base no mercado brasileiro apresentando resultados similares, com variações sutis na abordagem, regiões analisadas e no período de análise.

Assim, de maneira geral, este trabalho busca avaliar se o conhecimento do comportamento da base do café arábica, com sua eventual correlação com o câmbio, permite ao *hedger* melhorar o resultado das suas operações.

O trabalho almeja ser utilizado de forma prática por aqueles que negociam café físico no Brasil, já que através dos resultados deve gerar insumos que possibilitem a avaliar adequadamente se o valor da base de uma determinada região é justo, dado diversos insumos analisados.

3. Revisão Bibliográfica

A bibliografia sobre commodities agrícolas é extensa e evoluiu à medida que os mercados financeiro e agrícola evoluíram e se tornaram mais dinâmicos e complexos.

Especificamente sobre base e o risco base de café no Brasil, como já exposto anteriormente o número de trabalhos é pequeno, especialmente se considerarmos a relevância do país para o mercado mundial de café. Os trabalhos mais relevantes se iniciam com Fileni e Marques (1999), avaliando o desempenho do mercado futuro de café através do risco de base, efetividade do *hedge* e razão de *hedging* de mínima variância. Outros autores seguiram a mesma abordagem, como Fontes *et al* (2003) e Gabriel (2011), com variações de período e regiões analisadas.

Outros trabalhos avaliaram o mercado futuro de café, especialmente sobre a efetividade do *hedge* no mercado local, tais como Pacheco (2000), Nogueira, Aguiar e Lima (2002) e Correa e Raíces(2005). Destes, apenas o último trabalho avaliou o comportamento da base, mas ainda assim em poucas regiões produtoras (origens) e sem analisar a evolução da base ao longo do tempo.

Barros e Aguiar (2005) e Miceli (2006) utilizaram abordagens mais elaboradas para avaliar o comportamento da base, como modelos ARCH, obtendo resultados consistentes com a literatura. Ambos os trabalhos sugerem sinais de assimetria na volatilidade das séries mais distantes do vencimento do contrato e que a volatilidade média não sofre grandes alterações e, à medida que sua magnitude cresce, a probabilidade desse efeito continuar se reduz.

Já internacionalmente, é extenso o número de trabalhos sobre base e o risco da base para commodities agrícolas. Existem artigos fundamentais sobre o tema, como Peck (1975) e Gillis (1986) que discorrem sobre os fatores que impactam o *hedge* de maneira geral e como o risco da base é fundamental para o *hedge* adequado no mercado agrícola, de forma específica.

Com uma abordagem alternativa, Castelino (1989) avaliou como a volatilidade da base impactava a efetividade do *hedge*, identificando quais fatores influenciavam nesta volatilidade. Castelino (1992) apontou que a definição do instrumento de *hedge* ótimo depende dos fatores de risco e do tamanho da base, sendo que a proporção ótima do *hedge* tende a unidade quando próximo ao vencimento.

Anderson e Dantine (1981) argumentaram que quanto maior a correlação entre o mercado à vista e o mercado futuro, mais importância o *hedger* deve dar para os preços futuros na sua definição de expectativa para a base.

Inúmeros artigos buscaram definir modelos para previsão da base, tais como Naik e Leuthold (1988) e Trapp e Eilrich (1991), para diferentes tipos de commodities. Vale destacar o trabalho de Naik e Leuthold(1988), que inovou ao desenvolver um modelo teórico para relação do preço do mercado físico e do mercado futuro, utilizando as condições de equilíbrio de mercado e expectativas racionais. Outros trabalhos sobre o mercado futuro incluem Parroush e Wolf (1992), Li e Vukina (1993) e Parroush e Wolf (1989). Tais trabalhos são úteis para o presente trabalho pois as conclusões encontradas sobre a base irão auxiliar na definição de qual a metodologia mais adequada e como realizar a análise da base utilizando o mercado futuro norte americano e o mercado físico brasileiro.

Dado o exposto acima fica claro que, apesar do número reduzido de artigos no Brasil, a análise da base e o risco associado ao tema para os *hedgers* é um tema bastante explorado. Baseado nestes trabalhos, o presente artigo busca avaliar qual o impacto do conhecimento prévio do comportamento da base na efetividade do *hedge*, conjuntamente com o impacto do dólar no comportamento da base, para o *hedger* que atua nas principais origens de café arábico do mercado Brasileiro.

O trabalho inova ao buscar quantificar o impacto do câmbio no comportamento da Base e, especialmente, por quantificar ao inédito na literatura nacional que a Base utilizando os preços de Nova York como referência para o mercado futuro.

4. Metodologia

4.1. Definição da Base

Como já dito anteriormente, se dá o nome de base à diferença entre o preço à vista de um ativo e o preço do primeiro vencimento do contrato futuro. Hull (2012) define que, em uma estratégia de *hedge*, a base pode ser definida como:

$$Base = PV - PF \quad (1)$$

Onde:

PV = preço à vista no mercado físico

PF = preço do primeiro vencimento do contrato futuro

Ainda segundo Hull (2012), mercados cujos preços futuros são uma função crescente da maturidade são conhecidos como normais ou *contango*. Quando o preço decresce com a maturidade dos futuros, o mercado é conhecido como invertido ou *backwardation*.

Esta mesma definição vale para a base, sendo que quando diminui a diferença entre o preço à vista e preço futuro, o mercado chama este efeito de estreitamento ou enfraquecimento da base. No caso de aumento entre preço à vista e preço futuro se diz que houve um alargamento ou fortalecimento da base.

Já segundo Pacheco (2000) esta diferença não pode ser eliminada, mas pode ser identificada e gerenciada, comparando o preço ao longo de um período entre diversas praças de negociação da mercadoria física e estimando o desvio padrão da base, para incorporar no *hedge*. A equação 2 demonstra como estimar o risco de base:

$$Risco\ de\ base = \sqrt{\frac{\sum_1^n [Base_t - média(Base)]^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

Onde:

Base = preço à vista – preço do contrato do primeiro futuro

n = observações da amostra

Espera-se que o fortalecimento da base melhore o resultado dos que possuem posições compradas no futuro e piore a posição daqueles com posição vendida. Utilizando a mesma lógica, o enfraquecimento da base piora o resultado

dos comprados e melhora a dos vendidos em futuro. Para demonstrar este efeito da variação da base no resultado para os participantes do mercado, a seguir temos exemplos criados a partir de dados reais.

Vale dizer que para efeito de simplificação apenas, não será levado em conta a grau de correlação entre a origem e mercado o futuro para cada exemplo, item fundamental para a efetividade do *hedge*.

4.2. Hedge de Venda

Em Julho 2014, um produtor em Varginha/MG, no Sul de Minas, estima que sua produção será de 10.000 sacas de café e decide que irá vendê-las para entrega em Dezembro de 2014, pelo preço à vista da data do vencimento.

A estratégia de hedge do produtor é vender no mercado futuro sua expectativa de produção para aquele período se protegendo assim do risco de preço. No vencimento do contrato futuro ele liquida esta posição, vendendo a mercadoria física na sua região. Isso se deve ao frete e outros custos de se executar a entrega física de um contrato futuro.

Para se proteger de uma eventual desvalorização da sua produção, no mesmo momento, o produtor vende 35 contratos futuros com vencimento Dezembro/14 para se *hedgear*.

O mercado físico no Sul de Minas em Setembro de 2014, de acordo com o CEPEA , era de US\$ 186,98/ saca ou US\$¢ 131,36/ libra-peso¹ , já o contrato futuro negociado na ICE com vencimento em Dezembro negociava a US\$¢ 195,05/ libra-peso. Portanto, a base desta origem era de US\$¢ -63,7/ libra-peso.

No vencimento da operação, o mercado negociou da seguinte maneira: o mercado físico em Varginha/MG fechou a US\$¢ 128,08/ libra-peso e o contrato futuro foi negociado a US\$¢ 166,6/ libra-peso. Assim, a base não se manteve constante, passando de US\$ -63,7 para US\$¢ -38,52/ libra-peso, um fortalecimento de US\$¢ 25,17.

No mercado físico o produtor recebeu US\$ 1.694.200,00 (US\$¢ 128,08 x 132,2751¹ x 10.000 sacas). Já no mercado futuro o ajuste acumulado entre o preço

¹ Os preços à vista foram convertidos para dólar pela PTAX do dia. Os preços à vista, cuja notação é US\$/saca, precisam ser convertidos para US\$¢/libra-peso. Como uma libra-peso tem 0,4536kg e uma saca de café tem 60 kg, dividindo-se 60 por 0,4536, obtém-se 132,2751libras-peso. Isto é, uma saca de café tem 132,2751libra-peso.

de venda e o vencimento foi de US\$ 373.306 (US\$¢ 195,05 - US\$¢ 166,6 x 35 contratos). Somando o resultado do *hedge* ao preço à vista, o produtor obtém uma receita total de US\$ 2.067.606,25 (US\$ 206,76/saca).

Com o exemplo acima fica claro que o risco de preço foi mitigado, mas o fortalecimento da base favoreceu o produtor. Assim, uma mensuração correta do risco de base para essa região possibilita que o produtor ajuste o tamanho do seu *hedge* para diminuir(ou potencializar) o efeito da variação da base em seu resultado final.

Como o estreitamento da base foi favorável ao produtor, o agente que busca proteção contra a alta, realizando um *hedge* de compra, deverá reduzir seu resultado na proporção do fortalecimento da base conforme demonstrado no exemplo a seguir.

4.3. Hedge de Compra

Suponha que, em Julho 2014, uma torrefadora varejista com produção em Varginha/MG, no Sul de Minas, tenha adquirido 10.000 sacas de café, para entrega em Dezembro de 2014 com preço do spot na data do vencimento. Acreditando que o mercado estava pressionado, havendo o risco de alta e conseqüente redução em sua margem, a torrefadora faz *hedge* da sua exposição comprando 35 contratos futuros para o vencimento Dezembro/14.

Em Setembro de 2014, o preço café físico no Sul de Minas, de acordo com o CEPEA, era de US\$¢ 131,36/ libra-peso e o preço do contrato futuro negociado na ICE com vencimento em Dezembro era de US\$¢ 195,05/ libra-peso. Assim, a base ou diferencial, desta origem era de US\$¢ -63,7/ libra-peso.

Passado quatro meses, no vencimento da operação, o mercado negocia da seguinte maneira: o mercado físico em Varginha/MG está US\$¢ 128,08/ libra-peso e o contrato futuro fechou a US\$¢ 166,6/ libra-peso em seu vencimento. Percebe-se que a base não se manteve constante, passando de US\$ -63,7 para US\$¢ -38,52/ libra-peso, com um fortalecimento de US\$¢ 25,17.

No mercado físico o torrefador pagou US\$ 1.694.200,00 (US\$¢ 128,08 x 132,2751¹ x 10.000 sacas). Já no mercado futuro o ajuste acumulado entre o preço de venda e o vencimento foi de US\$ -373.406 (US\$ 195,05 - US\$ 166,6 x 35 contratos), neste caso negativo pois o ativo comprado perdeu valor. É importante

salientar que o resultado negativo obtido pelo torrefador advém justamente do fortalecimento da base. Segundo o exemplo, se a torrefadora não houvesse feito o *hedge*, o custo para a compra do café seria 18% menor (US\$ 169,42/US\$ 206,76). O exemplo demonstra a importância de conhecer o comportamento da base e incorporá-lo na estratégia de *hedge*.

Apesar de hipotético, mas com dados reais, este exemplo mostra como o comportamento da base deve ser incluído no planejamento do *hedge*. Os exemplos acima demonstram como o *hedge* feito através de futuros elimina o risco do preço, mas não o risco de base.

4.4. Outras formas de hedge

Os participantes do mercado de café possuem outras opções para *hedgear* suas exposições, que não o mercado futuro. Tais opções são menos utilizadas por inúmeros motivos, seja por restrições de liquidez, volume financeiro necessário, complexidade do produto, entre outros.

A mais comum destas opções é a Cédula do Produtor Rural (CPR). A CPR pode ser física, financeira ou financeira por índice. No primeiro tipo, o emissor da CPR, um produtor, por exemplo, vende antecipadamente sua produção para uma data futura com o objetivo de garantia de preço e adiantamento da receita. Na data de vencimento este entrega a mercadoria na qualidade pré-determinada no momento da contratação e a obrigação se extingue. Já a modalidade financeira é liquidada com o acerto financeiro e não com a entrega física da mercadoria, se assemelhando a um financiamento com garantia e não podendo ser utilizado de forma isolada como forma de *hedge*. Por fim a modalidade financeira por índice é a mais inovadora, por permitir a liquidação utilizando o preço da BM&F (ou outro índice pré-acordado), permitindo o adiantamento de recursos conjuntamente com o *hedge*. A CPR é utilizada usualmente por produtores não capitalizados, dadas suas características de adiantamento de caixa ao emissor.

Outra forma de *hedge* é o Accumulator, um derivativo onde o emissor é o obrigado a vender (comprar) o ativo objeto a um preço pré-determinado (*strike*), em datas específicas. Isso permite que o comprador acumule o ativo objeto (ou o *short*) durante o termo do contrato. Usualmente o Accumulator possui uma barreira *knock-*

out embutida, fazendo com que quando o preço do ativo atinja esta barreira o derivativo deixa de existir. Existem inúmeras outras estruturas de Accumulator, como *one sided*, *range*, *double up*, que possibilitam flexibilizar o *payoff* o investidor, mas embutem um alto nível de complexidade para o investidor.

Outras estruturas interessantes para o *hedge* são estruturas com opções, como *straddle*, *condor*, *butterfly* e *collar*. Esta última é especialmente interessante dado que é possível replicar um *forward* com menor custo de carregamento e através de um *zero cost collar* reduzir o custo do *hedge*. As estruturas com opções são bastante atrativas, mas ainda pouco exploradas dada sua complexidade.

4.5. Análise Estatística

4.5.1. Cointegração

De acordo com Gujarati (2006) duas variáveis econômicas são cointegradas se existir entre estas uma relação de equilíbrio ou de longo prazo. Ainda segundo Gujarati, grande parte das séries temporais financeiras é estacionária em diferença, mas não em nível. Assim, é possível obter uma relação espúria entre as variáveis.

No presente trabalho o teste de cointegração das séries temporais busca identificar se há uma relação de longo prazo entre os preços do mercado físico das regiões produtoras e o preço do mercado futuro. A partir desta constatação, se define o coeficiente de longo prazo desta relação destes preços.

Assim, caso a série de preços futuros seja cointegrada com a série de preços à vista, podemos identificar um coeficiente de longo prazo entre as séries. Na prática o *hedger* que identificar valores diferentes deste coeficiente poderia arbitrar estes preços, comprando no mercado físico e vendendo futuro caso o coeficiente estiver desvalorizado ou fazendo o contrário em caso de coeficiente valorizado.

Segundo Wooldridge (2007), o teste de Engle-Granger é uma das maneiras de avaliar a cointegração entre duas variáveis. Aplica-se o teste de Dickey-Fuller

Aumentado (ADF) nos resíduos estimados da regressão ($\hat{\varepsilon}_t$), como especificado na equação 3:

$$\Delta\hat{\varepsilon}_t = \gamma\hat{\varepsilon}_{t-1} + v_t \quad (3)$$

Caso seja rejeitada a hipótese nula de que os resíduos de mínimos quadrados não são estacionários, conclui-se que as séries são cointegradas e que existe relação de longo prazo entre o preço futuro e o preço do mercado físico à vista. Por fim, estima-se o mecanismo de correção de erros que busca identificar qual velocidade em que as distorções de curto prazo retornam para o equilíbrio de longo prazo, demonstrado pela equação 4

$$\Delta y_t = \beta_1 \Delta x_t + \delta \varepsilon_{t-1} + v_t \quad (4)$$

4.5.2. Aderência à Distribuição Normal

Neste trabalho o intuito de analisar se as séries de dados seguem uma distribuição normal é justificada pelo fato de que caso isso seja verdade, será possível identificar intervalos de confiança para os valores da Base nas diversas regiões. Ou seja, podemos definir com um nível de significância, um intervalo de confiança esperado para os valores da base. Esta informação gera um importante insumo de *trading*.

Para testar a hipótese de que as bases regionais de café seguem uma distribuição normal, podemos aplicar o Teste de Shapiro-Wilk. Este teste busca identificar se uma amostra qualquer segue uma distribuição normal, calculado através da estatística W . O teste é realizado a partir da seguinte equação:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

Onde:

$x_{(i)}$ = valores da amostra

a_i = constantes das médias, variâncias e covariâncias das estatísticas que sigam uma distribuição normal

O teste, descrito por Shapiro e Wilk (1965), assume que a hipótese nula é que a população segue uma distribuição normal. Sendo assim, se o p-valor é menor do que o nível de significância escolhido (α) a hipótese nula é rejeitada e há evidências de que os dados não são de uma população com distribuição normal. Caso o p-valor é maior do que o alfa, então a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal não pode ser rejeitada. O teste apresenta melhores resultados para grandes amostras, como a do presente trabalho.

Outros testes que poderiam ser feitos, com o intuito de testar a hipótese de normalidade das bases regionais seriam o de Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors e Anderson-Darling. A escolha por este em específico se justifica por trabalhos como Razali e Wah (2011), que demonstram que o Teste de Shapiro-Wilk tem o maior poder, dado um nível de significância.

4.5.3. Modelo Econométrico

O modelo proposto neste trabalho testa a relação entre a base do café arábica e algumas de seus determinantes, utilizando dados em painel. Esta técnica combina o *cross section* (seis cortes, um para cada origem de café arábica) e séries de tempo (10 anos de dados), gerando uma análise com duas dimensões diferentes de variabilidade de dados: uma temporal e outra espacial.

Segundo Gujarati (2006), esta técnica se destaca pela capacidade de captar heterogeneidade, por apresentar estatísticas mais eficientes e por captar a dinâmica do comportamento dos dados. Como pontos negativos, é preciso se preocupar com problemas de auto correlação, correlação cruzada e heterocedasticidade dado que as séries variam em duas dimensões.

A especificação geral do modelo não busca explicar as variáveis que compõem a base. Fatores que influenciam a base, tais como pluviometria, *carry*

cost, armazenagem entre outros já foram explorados em trabalhos como Fileni e Marques (1999). Estes fatores são de difícil obtenção e impossibilitariam que o modelo fosse utilizado de forma prática pelos *hedgers*.

O objetivo é, utilizando dados defasados de mercado de fácil obtenção, construir um modelo preditivo do comportamento da base do café arábica no Brasil. Ou seja, o modelo não busca explicar os componentes da base e sim busca prever qual será o valor da base no próximo período, dado as informações disponíveis neste momento.

Assim, foi definido um modelo após a análise de diversas outras variáveis explicativas, com variação na quantidade de defasagens e períodos utilizados. O modelo final foi aquele que apresentou os melhores indicadores como um maior R² e os sinais dos coeficientes coerentes e consistentes, como serão demonstrados na seção de resultados.

Com isso, a especificação do modelo consiste em:

$$BASE_{it} = \alpha_i + \beta_1 LAGBASE_{it-2} + \beta_2 LFUT_{t-1} + \beta_3 LPTAX_{t-1} + \beta_4 VarBase_t + \omega_{it}$$

α_i = componente fixo que capta a heterogeneidade entre as unidades de análise

$BASE_{it}$ = Variável dependente que representa os diferenciais de preços nas diversas origens

$LAGBASE_{it}$ = Diferenciais de preços nas diversas origens, com *lag* de dois períodos.

$LFUT_{t-1}$ = LN do Preço Futuro no período anterior

$LPTAX_{t-1}$ = LN do PTAX venda no período anterior

$VarBase_t$ = Variação da Base entre o período anterior e o antecedente

ω_{it} = o termo de erro [$\omega_{it} \sim iid(0, \sigma^2)$]

BASE = é a variável dependente do modelo, representando a diferença entre o preço a vista na origem produtora no Brasil e o preço do primeiro vencimento do contrato futuro de café arábica negociado na ICE (KC1)

LFUT= Logaritmo Natural do preço primeiro vencimento do contrato futuro de café arábica negociado na ICE (KC1). Essa variável foi utilizada com defasagem de um período, para avaliar qual a influencia do mercado futuro sobre a base.

LPTAX= Logaritmo Natural da Ptax divulgada pelo Banco Central do Brasil. Essa variável foi utilizada com defasagem de um período, buscando avaliar a relevância do câmbio na definição da Base do próximo período.

VARBASE= Variação no valor da base das diversas origens entre os dois períodos anteriores à data de análise, buscando avaliar a influencia da volatilidade no preço da Base na definição da Base para o próximo período.

Neste modelo o termo de erro ω_{it} segundo Gujarati (2006) é composto por dois fatores: ε_i sendo o corte transversal, e u_{it} , sendo o fator que combina a série temporal e o corte transversal.

Para o modelo em questão foi utilizado o modelo de efeitos fixos, sendo esta a abordagem mais adequada de acordo com os testes realizados, testes estes que serão demonstrados e discutidos durante a apresentação dos resultados.

Desta maneira o modelo descrito acima deverá apontar quais variáveis afetam a base nas diversas regiões, de que maneira afetam e em qual magnitude. Com essas informações, através de dados de fácil obtenção o *hedger* passa conhecer o comportamento da base e pode incorporar essa importante informação na sua estratégia de *hedge*.

5. Descrição da Amostra

Para este trabalho foram utilizadas três bases de dados distintas, para obtenção dos preços à vista do café arábica foi utilizado os dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), para obtenção dos preços dos contratos

futuros foi utilizada os preços dos contratos KC² da ICE e para obtenção dos preços dos contratos de câmbio USDBRL foi utilizada a PTAX divulgada pelo Banco Central do Brasil (Bacen). Todos os dados foram obtidos através de um terminal Bloomberg.

Para ampliar o escopo da análise e verificar eventuais efeitos de auto correlação e sazonalidade entre o preço do café e da base, dando maior flexibilidade de modelagem, as análises utilizaram dados diários, sendo que neste último caso se excluiu da amostra as datas nas quais um dos mercados utilizados para análise estava fechado.

Assim, o período de análise compreende os anos de 2005 a 2014, totalizando 119 meses de dados e 2406 observações diárias, que compreendem os preços diários do café arábica tipo 6, bebida dura, valor a retirar, nas seis principais origens brasileiras: Cerrado Mineiro, Mogiana, Sul de Minas, Zona da Mata, Paraná e Noroeste Paulista.

Como o café é uma *commodity* global e a maior parte da produção cafeeira do Brasil é exportada, mesmo o café físico tem seu preço baseado na cotação em dólares no mercado internacional. Para tornar comparável com os preços do mercado futuro, as cotações do mercado físico negociadas em reais foram convertidas para dólares utilizando a PTAX do dia divulgada pelo BACEN.

Para a construção da base com os preços do contrato futuro foi utilizado um terminal Bloomberg para a obtenção dos preços do primeiro vencimento (KC1) na ICE. Com a informação dos preços do mercado físico, já convertidos para dólar, e os preços do primeiro futuro da mesma data foi construída o histórico de cotações da base do café arábica nas regiões estudadas.

Como já brevemente comentado, os contratos futuros de café não possuem vencimentos para todos os meses do ano. Os meses de vencimento são Março, Maio, Julho, Setembro e Dezembro. Assim, é necessário esclarecer qual o critério utilizado para definição do primeiro futuro negociado para desenvolvimento do presente trabalho, conforme tabela 1.

² O contrato de café da ICE (KC) é o *benchmark* mundial para o café arábica, com 20 origens certificadas, lote padrão de 37.500 libras-peso e negociado em centavos de dólar.

Dado a falta de padrão entre os mercados físico brasileiro e futuro norte americano foi necessário converter os dados para uma mesma unidade de comparação de peso e moeda, com isso os preços dos contratos futuros e no mercado físico foram padronizados em US\$/libra peso, padrão do mercado futuro americano.

Assim, os preços do mercado à vista, negociados em reais, foram convertidos para dólar pela PTAX do dia para observações diárias e pela PTAX do mês no caso das observações mensais. O próximo passo foi converter o preço de US\$/saca para US\$/libra-peso. Como uma libra-peso tem 0,4536kg e uma saca de café tem 60 kg, dividindo-se 60 por 0,4536, obtém-se 132,2751libras-peso. Isto é, uma saca de café tem 132,2751 libra-peso.

Tabela 1- Definição do primeiro vencimento

Mês da observação	Primeiro vencimento do contrato futuro
Janeiro / Ano _t	Março/ Ano _t
Fevereiro / Ano _t	Março/ Ano _t
Março/ Ano _t	Maió/ Ano _t
Abril / Ano _t	Maió/ Ano _t
Maió / Ano _t	Julho/ Ano _t
Junho / Ano _t	Julho/ Ano _t
Julho / Ano _t	Setembro/ Ano _t
Agosto / Ano _t	Setembro/ Ano _t
Setembro / Ano _t	Dezembro/ Ano _t
Outubro / Ano _t	Dezembro/ Ano _t
Novembro / Ano _t	Dezembro/ Ano _t
Dezembro / Ano _t	Março/ Ano _{t+1}

Fonte: Do Autor

6. Resultados

6.1. Estatísticas Descritivas

Na tabela 2 é apresentado os resultados das principais estatísticas das séries de preços, com dados diários.

Ao analisar os dados é possível perceber que as diversas regiões possuem médias próximas, mas as regiões do Paraná, Noroeste Paulista e Zona da Mata apresentam médias mais baixas que as demais. Isso se justifica por estas regiões apresentarem um café de pior qualidade que as demais.

Por outro lado, estas mesmas regiões são aquelas que apresentam o menor Desvio Padrão, mesmo que com pouca diferença para as demais. Tais séries além de menores médias também são menos voláteis do que as outras séries analisadas.

Vale destacar também que a série de preços do mercado futuro é aquela que apresenta o maior desvio padrão entre todas as séries, o que pode demonstrar que a volatilidade dos mercados futuros e à vista não possuem correlação perfeita.

Já na tabela 3 são apresentados os resultados das mesmas análises, mas agora para as séries de dados da Base para as seis regiões analisadas neste trabalho.

Como era de se esperar as séries que apresentam as menores médias de preço também apresentam as menores médias de valores para a Base.

Um item que chama atenção é o fato do desvio padrão para a Base que, proporcionalmente, é muito maior do que no caso da série de preços. Assim, podemos inferir que outros itens que influenciam na base como frete e armazenagem possuem volatilidade ainda maior do que as séries de preço do mercado físico e mercado futuro.

A figura 1 demonstra o comportamento do valor da Base nas diversas regiões, assim como o comportamento do Dólar no mesmo período. É possível identificar, visualmente, uma correlação negativa entre as séries.

Tabela 2 - Estatísticas dos preços - dados diários

	KC1	Sul de Minas	Cerrado Mineiro	Paraná	Mogiana	Noroeste Paulista	Zona da Mata	Ptax
Media	148,89	121,44	123,35	116,84	122,33	114,90	119,07	2,02
Mediana	133,93	111,32	112,98	107,50	111,95	104,36	109,88	2,03
Desv Pad	46,43	42,26	42,82	40,67	42,43	40,41	40,82	0,28
Coef Var	0,31	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,14
Skew	1,20	1,44	1,44	1,38	1,45	1,37	1,40	0,21
Max	304,90	262,72	267,19	250,84	264,71	247,81	253,20	2,76
Min	84,45	68,98	70,50	65,83	70,18	65,33	66,85	1,53
Observações	2406	2406	2406	2406	2406	2406	2406	2406

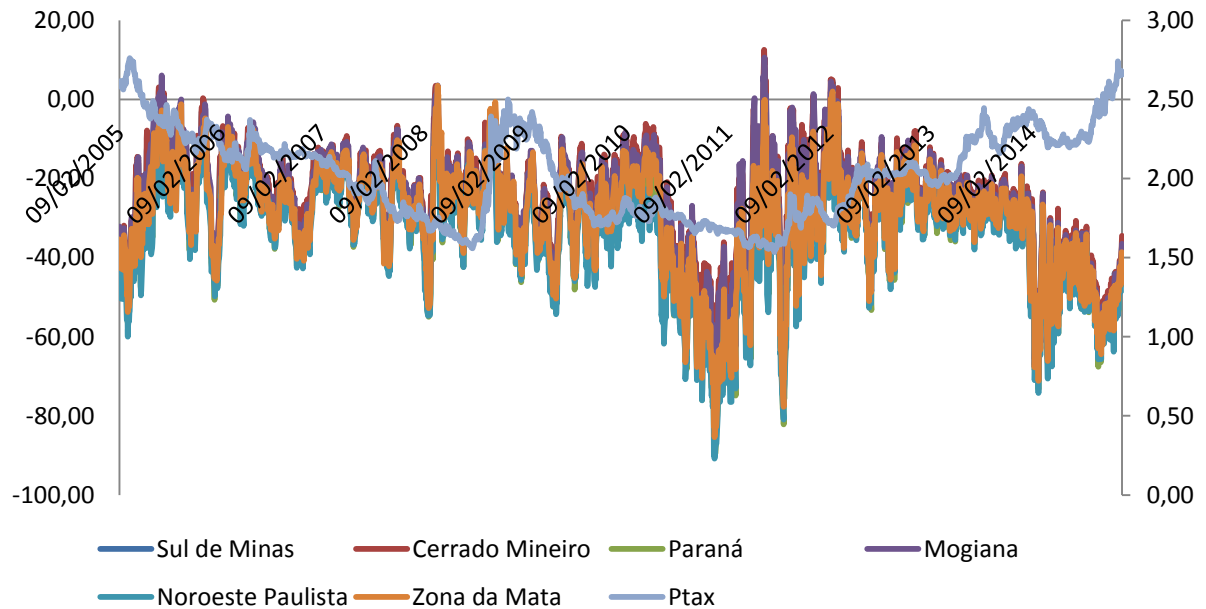
Fonte: do Autor

Tabela 3 - Estatísticas da Base para dados diários

	Sul de Minas	Cerrado Mineiro	Paraná	Mogiana	Noroeste Paulista	Zona da Mata
Media	-27,45	-25,54	-32,05	-26,56	-33,99	-29,82
Mediana	-25,01	-23,34	-28,83	-24,50	-30,92	-27,21
Desv Pad	12,93	12,94	13,84	13,51	13,69	13,77
Coef Var	0,47	0,51	0,43	0,51	0,40	0,46
Skew	-0,75	-0,68	-0,98	-0,65	-0,97	-0,83
Max	8,22	12,56	-1,42	10,61	-1,16	3,49
Min	-73,50	-71,26	-89,51	-74,43	-90,79	-85,40
Observações	2406	2406	2406	2406	2406	2406

Fonte: do Autor

Figura 1 – Histórico de Preços das Bases e PTAX



Fonte: do Autor

6.2. Relação entre mercado físico e mercado futuro

O primeiro passo da análise é realizar o teste de raiz unitária para verificar se as séries são estacionárias em nível ou em primeira diferença. Para isso, deve se rejeitar a hipótese nula de raiz unitária nas séries.

A tabela 4, a seguir, contém os principais resultados do teste ADF, para cada série o teste foi realizado com intercepto, tendência e uma defasagem:

Tabela 4 - Teste de raiz unitária

	Sul de Minas	Cerrado Mineiro	Mogiana	Zona da Mata	Paraná	Noroeste Paulista
ADF do nível	-2,00	-1,81	-1,82	-2,21	-2,07	-2,48
ADF da 1ª diferença	-3,92	-3,75	-3,88	-4,12	-4,02	-4,33

Fonte: do Autor

Com os resultados da tabela 4 podemos concluir que as séries não apresentam raiz unitária e, com isso, a condição de estacionaridade foi respeitada. Com isso o próximo passo é estimar qual é a relação entre os preços do mercado físico e os preços do mercado futuro.

Para estimação da regressão utilizou-se do preço do mercado físico à vista como variável dependente e preço futuro como variável explicativa. Embora na teoria o preço futuro seja formado a partir do preço à vista, na prática ocorre o contrário dado a maior liquidez e facilidade de obtenção de preços em tempo real.

A tabela 5 abaixo apresenta os resultados:

Tabela 5 – Coeficiente de longo prazo

Variável Dependente: Preço à Vista	Sul de Minas	Cerrado Mineiro	Mogiana	Zona da Mata	Paraná	Noroeste Paulista
Preço Futuro	0,83	0,84	0,83	0,80	0,79	0,77
R ² ajustado	93%	92%	92%	91%	91%	92%
Estatística DF do resíduo	-5,12	-5,07	-5,01	-4,78	-4,22	-4,02

Fonte: do Autor

Em todas as regiões, observa-se uma relação estatisticamente significativa e positiva entre o preço futuro e os preços à vista, com um nível de significância de 1%.

6.3. Normalidade da Base

Com o objetivo de identificar intervalos de confiança para as bases é necessário primeiramente testar se as bases seguem uma distribuição normal. Para isso foi realizado o teste de Shapiro-Wilk presente na tabela 6.

Tabela 6 - Teste Shapiro-Wilk

One Sample Shapiro-Wilk	Sul de Minas	Cerrado Mineiro	Paraná	Mogiana	Noroeste Paulista	Zona da Mata
N	2406	2406	2406	2406	2406	2406
Média	-27,45	-25,54	-32,05	-26,56	-33,99	-29,82
Desv Pad	12,93	12,94	13,84	13,51	13,69	13,77
Max	8,22	12,56	-1,42	10,61	-1,16	3,49
Min	-73,50	-71,26	-89,51	-74,43	-90,79	-85,40
Shapiro-Wilk W	1,03	1,06	1,12	1,08	1,04	1,05
P-Value	0,14	0,20	0,21	0,17	0,20	0,24

Fonte: do Autor

Considerando o P-valor das regiões, não se pode rejeitar a hipótese nula de que a base de café arábica nestas regiões segue uma normal. Com este resultado, é possível identificar intervalos de confiança para a base.

Na tabela 7 abaixo, são apresentados os intervalos de confiança identificados para as regiões analisadas.

Para cálculo do intervalo de confiança, utilizou-se um nível de significância de 5%. Essas informações auxiliam o *hedger* a implantar suas estratégias de proteção, especificamente quanto ao momento de compra ou venda da base.

Tabela 7 - Intervalos de Confiança

95% de confiança	Sul de Minas	Cerrado Mineiro	Mogiana	Zona da Mata	Paraná	Noroeste do Paraná
Limite Inferior	-59,76	-57,87	-66,64	-60,35	-68,22	-64,25
Limite Superior	4,87	6,80	-2,46	5,22	-3,76	1,60

Fonte: do Autor

Os dados da tabela 7 demonstram quais os limites inferiores e superiores para as seis regiões analisadas neste trabalho. Ou seja, com 95% de confiança, é esperado que os valores da Base se mantivessem dentro deste intervalo. Ao identificar um valor fora deste intervalo o *hedger* poderia arbitrar estes preços.

6.4. Resultados do Modelo com dados em painel

A última, e mais importante, análise feita neste trabalho é o modelo econométrico que busca entender quais são impactos, e suas respectivas magnitudes, das variáveis independentes na definição da base para as diversas regiões produtoras de café arábica no Brasil analisadas neste trabalho.

Definida a utilização da abordagem de dados em painel para este trabalho, o passo seguinte foi a identificação de qual modelo de efeitos seria o mais adequado para os dados utilizados: efeitos fixos ou efeitos aleatórios. Segundo Woolridge (2006) a correlação entre os regressores e o componente de erro do modelo define qual o modelo de efeitos adequado. Em caso de existir a correlação, efeito fixo é mais indicado e caso não haja, deve-se utilizar o modelo de efeitos aleatórios.

Para esta análise, foi utilizado o Teste de Hausman e os resultados deste teste são apresentados na tabela 8 abaixo:

Tabela 8 - Teste de Hausman

Sumário do Teste	Estatística		Qui		Prob.
	Qui	Quadrado	Quadrado	d.f.	
Cross-section	47.296445		4		0.0000

Variável	Fixo	Aleatório	Var(Dif.)	Prob.
LAGBASE	0.921819	0.927547	0.000001	0.0000
LPTAX	-2.909842	-2.715058	0.000802	0.0000
LFUT	-2.664494	-2.477877	0.000736	0.0000
VARBASE	0.887810	0.890345	0.000000	0.0000

Fonte: do Autor

Com este resultado, o Teste de Hausman rejeita a hipótese nula de que não existe correlação entre os erros. Como dito anteriormente, neste caso o modelo de efeitos fixos se mostra mais eficiente.

Assim, foi estimado o modelo de regressão com dados em painel, sendo que a diferença entre o preço no mercado físico e o mercado futuro em NY (BASE) é a variável dependente e tem como suas variáveis explicativas a diferença entre o preço no mercado físico e o mercado futuro em NY com um período de defasagem (LAGBASE), logaritmo do preço primeiro vencimento do contrato KC1(LFUT), o logaritmo da PTAX(LPTAX) e a variação no valor da base entre os dois períodos anteriores à data de análise(VARBASE). A utilização de variáveis explicativas com defasagem se justifica por o objetivo do trabalho é desenvolver um modelo de alguma forma preditivo, que ajude os participantes do mercado a ter insumos para se posicionarem quanto ao valor da base no próximo período.

Os resultados são apresentados a seguir, conforme a Tabela 9 abaixo:

Tabela 9 - Teste Econométrico

Variável	Coefficiente	Desv. Pad.	Estatística t	Prob.
C	12.06116	0.918627	13.12954	0.0000
LAGBASE	0.927547	0.002960	313.4100	0.0000
LPTAX	-2.715058	0.298730	-9.088658	0.0000
LFUT	-2.477877	0.166891	-14.84727	0.0000
VARBASE	0.890345	0.008231	108.1756	0.0000
R ²	0.917202	Moda da Variável Dependente		-29.22794
R ² Ajustado	0.917150	Desv Pad da Variável Dependente		13.79036
Erro Padrão da Regressão	3.969369	Soma dos Quadrados dos Resíduos		227105.4
Durbin-Watson	1.865367			

Fonte: Do Autor

Os resultados apresentados na tabela 9 demonstram que a regressão do modelo se mostrou significativa, já que pela estatística *t* constata-se que todos os parâmetros do modelo são estatisticamente significativos e os sinais dos coeficientes são coerentes com as expectativas, como detalhado a seguir.

Ao analisar os resultados é possível destacar também o valor do R², onde a capacidade de explicação do modelo é de 91%. Ou seja, o conjunto de variáveis explicativas conseguem explicar cerca de 91% do valor da Base do café arábica no Brasil para as origens analisadas.

Antes de avaliar os resultados para cada variável explicativa vale destacar que através do teste de Durbin-Watson foi possível avaliar a auto correlação dos

resíduos. Examinando os resultados da estatística na tabela 7, se observa que esta é muito próxima de 2,00, o que faz com que seja aceita a hipótese nula de que a correlação entre os resíduos é igual à zero, não existindo então evidência de auto correlação entre os resíduos.

Vale destacar também que, apesar do bom resultado no teste de Durbin-Watson, foram realizados os testes de Levin, Lin & Chu e ADF- Fischer nas séries de dados. Os resultados dos dois testes, disponíveis no Anexo A, rejeitam a hipótese nula de que as séries apresentam raiz unitária.

Passando a análise dos resultados, a primeira variável explicativa é a LAGBASE, que é o valor da Base nas diversas origens com *lag* de um período. Esta variável gera um efeito positivo sobre a variável dependente, ou seja, um aumento no valor da Base defasada gera um fortalecimento da base no período subsequente. Podemos afirmar que a base de café arábica no Brasil possui efeito de momento, onde o movimento de valorização ou desvalorização de curto prazo não acontece em sua totalidade, indicando que o movimento tende a se repetir no próximo período. Esta descoberta abre a possibilidade de desenvolvimento de estratégias de momento.

A segunda variável LFUT, que busca avaliar o impacto na variável dependente dada a variação percentual no mercado futuro de café. A variável possui sinal negativo, inferindo que melhora nos preços futuros leva a uma redução no valor da base, a cada aumento de 1% no preço futuro se espera uma redução de 2,5 pontos na base.

A próxima variável é a LPTAX, buscando avaliar qual o comportamento da base dada uma variação no preço do câmbio. Observa-se que a variável possui uma relação negativa com o preço da base, gerando uma queda de 2,8 pontos na base cada aumento de 1% no preço do dólar. Vale destacar este resultado, pois este item é muitas vezes ignorado pelos participantes da cadeia produtiva do café e com este resultado demonstra que existe um impacto negativo no valor da base dado um aumento na PTAX.

A última variável, VARBASE, busca capturar o efeito da volatilidade nos preços da base no período anterior na definição da base para o próximo período.

Esta variável apresenta sinal positivo, indicando que um aumento na variação dos preços da base no período prévio leva a um aumento no preço da base. Este resultado é interessante, pois demonstra que a volatilidade nos preços e consequente incerteza levam a um fortalecimento da base. A primeira vista o resultado pode não parecer intuitivo, mas podemos assumir que a volatilidade nos preços da base pode levar os participantes deste mercado a evitarem tomar posições, gerando menor oferta de café na origem e consequente fortalecimento da base.

Por fim, vale destacar a capacidade preditiva do modelo através do coeficiente U de Theil. O teste mede o quanto o modelo apresenta resultados melhores do que uma previsão simples, quando $U < 1$ o modelo pode ser considerado bom e quanto mais perto de 0 melhor a o modelo de previsão. A tabela 10 apresenta os resultados:

Tabela 10 - Estatística U Theil

Teste	Coefficiente
Coeficiente de Desigualdade de Theil	0,56562
Proporção de Viés	0,004199
Proporção de Variância	0,000212
Proporção de Covariância	0,995590

Fonte: Do Autor

Como o resultado da estática foi menor do que 1 ($U = 0,56562$), pode se afirmar que este é um bom modelo preditivo. Assim, o modelo pode ser utilizado para prever o comportamento da base e aumentar a efetividade do *hedge*.

6.5. Aplicação prática do resultado

Com o conhecimento prévio do comportamento da base, se reduz a incerteza sobre a efetividade do *hedge*. Assim, os resultados são relevantes para a atuação dos agentes que buscam proteção contra a variação dos preços e do risco de base,

já que identificou intervalos de confiança para os valores das bases das principais regiões, quantificou a relação entre o mercado físico e o mercado futuro nestas regiões e definiu um modelo econométrico para previsão da base.

O modelo deste trabalho, por combinar séries de tempo e *cross section*, possibilita que haja um componente de previsibilidade e outro de comparação entre duas origens. Isso possibilita que os agentes utilizem-no para prever como será o comportamento da base no próximo período, assim como possibilita construir estratégias de *trading* arbitrando os preços das origens, comprando uma região sobre valorizada e vendendo em outra sub-precificada.

Aplicando estes resultados nos exemplos do capítulo 3, dado o intervalo de confiança para os valores da base da região do Sul de Minas identificados neste trabalho, com limite inferior de US\$ -59,76, e a base negociando a US\$ -63,7 era esperado um fortalecimento da base. De fato este fortalecimento ocorreu, chegando a US\$ -38,52 no vencimento da operação em Dezembro. Por fim, ao aplicar no momento da contratação os dados disponíveis ao modelo econométrico o *hedger* iria perceber que o valor esperado para a base no próximo dia era US\$ -62,17 sendo outro indicador de que era esperado um fortalecimento da base, podendo esperar um melhor *timing* para a operação ou então arbitrado preços com outra origem.

Os resultados serão mais facilmente aplicados pelos participantes de mercado que tenham exposição à mercadoria física. Isso se dá pois como o modelo possibilita identificar possibilidades de arbitragem entre os preços no mercado físico das diversas regiões e o preço futuro em Nova York, sendo necessário negociar a mercadoria física para obter o resultado esperado. É possível desenvolver estratégias de *trading* sem a mercadoria física, por exemplo, utilizando uma CPR como *proxy* do mercado físico, mas tal estratégia embute outros riscos não analisados no presente trabalho.

7. Conclusões

O planejamento financeiro e o gerenciamento da margem de lucro dos participantes da cadeia produtiva do café dependem essencialmente da existência e efetividade do *hedge* contra o risco de preços desta *commodity*.

Como já descrito neste trabalho, na teoria se espera que exista uma convergência entre os preços do mercado futuro e do mercado à vista. Na prática, a variação dos preços no mercado futuro e físico usualmente não ocorre na mesma magnitude ou velocidade, fazendo com que não seja possível implementar o *hedge* perfeito. Este efeito é o risco de base, que não pode ser eliminado, mas deve ser mensurado e incorporado na estratégia de *hedge* do participante do mercado de café arábica no Brasil.

No presente trabalho foi realizado um estudo sobre o comportamento da Base do Café arábica brasileiro, comparando diversas regiões produtoras no Brasil versus o primeiro vencimento do contrato futuro negociado na ICE em Nova York. Este item em particular merece destaque por ser inovador, dado que a literatura brasileira sobre a base se baseia em resultados.

O objetivo final foi dar ao *hedger* insumos para que este aumente a efetividade do seu *hedge*. O trabalho se mostra importante por seu ineditismo em realizar as análises da base com dados diários e, especialmente, por utilizar a ICE como referência para os preços do mercado futuro.

O trabalho demonstrou que a base nas regiões avaliadas segue uma distribuição normal e com isso foi possível definir intervalos de confiança para os valores da base nestas regiões. Com a definição destes intervalos o *hedger* passa a ter uma métrica para saber se o valor da base está dentro do intervalo de confiança histórico da origem negociada e com isso pode tomar suas decisões de compra e venda com maior segurança.

O segundo resultado foi demonstrar que existe uma relação de estável entre os preços do mercado futuro e os preços à vista nas regiões. A partir disso, foram identificados os coeficientes entre estes preços gerando assim mais um insumo para decisão do momento de compra ou venda ao *hedger*.

Por fim, o resultado do modelo econométrico trouxe informações interessantes para a análise da base por trazer informações sobre a previsibilidade da base, dado que o modelo utiliza dados com defasagem.

Este se destaca por demonstrar uma relação negativa entre o valor da base e o câmbio, assim como a base e o preço futuro do café arábica, demonstrando que há um impacto negativo na base dado um aumento no câmbio ou no preço futuro. Estes resultados quantificam uma relação que é conhecida de forma empírica pelo mercado de café.

Adicionalmente o modelo identificou a existência do efeito de momento na base do café arábica no Brasil, efeito já conhecido para ativos financeiros e inflação, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de *trading* com base neste efeito. O modelo também trouxe outro *input* quanto ao efeito da volatilidade no preço, demonstrando que a base se fortalece quando há um aumento na variação do valor da base nos períodos anteriores.

Como um todo o trabalho trouxe informações úteis para o *hedger*, contribuindo com dados que podem ser incorporados tanto em seu planejamento como em suas operações diárias. O modelo assim, se mostrou mais adequado como uma ferramenta de *valuation* da base.

Por óbvio, uma das limitações da pesquisa é que todas as estimativas e modelos se baseiam em dados históricos, não havendo garantia de que o padrão se repetirá no futuro. O uso dos níveis de significância estatístico visa mitigar este problema.

Como sugestão para trabalhos futuros, aprofundar os estudos quanto o impacto da volatilidade na definição da base, a extensão do efeito de momento, assim como explorar qual a velocidade de resposta das origens quanto as variáveis explicativas podendo gerar informações adicionais aos participantes do mercado de café arábica no Brasil. Por fim seria interessante evoluir o modelo econométrico aqui proposto, passando de um modelo de *valuation* da base para um modelo de *trading*.

8. Bibliografia

ANDERSON, R.W., e J.P. DANTHINE "Cross Hedging" *Journal of Political Economy* 89, 1981.

BARROS, A. M.; AGUIAR, D. R. D. Gestão do risco de preço de Café Arábica: uma análise por meio do comportamento da base. *Revista de Economia Rural*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, 2005.

CASTELINO, M.G., Basis volatility: Implications for hedging. *Journal of Financial Research* 12, 1989.

Castelino, M.G. Hedge effectiveness: Basis Risk and Minimum-Variance Hedging. *Journal of Futures Markets*, 12, 1992.

CORRÊA, A. L.; RAÍCES, C. *Derivativos Agrícolas*. São Paulo: Globo, 2005.

FILENI, D. H. O risco de base, a efetividade do hedging e um modelo para a estimativa da base: uma contribuição ao agronegócio do café em Minas Gerais. Lavras, 1999.

FONTES, R. E. ; CASTRO JUNIOR, L. G.; AZEVEDO, A. F. Base e risco de base da cafeicultura em Minas Gerais e São Paulo. *Resenha BM&F*. São Paulo, n.153 2003.

FONTES, R. E. ; CASTRO JUNIOR, L.G.; AZEVEDO, A.F. Efetividade e razão ótima de hedge na cafeicultura em diversas localidades de Minas Gerais e São Paulo. 2003.

GUJARATI, D. *Econometria Básica*. 4. ed. Elsevier, 2006.

HULL, John *Options, Futures, and Other Derivatives*, 8th Edition, 2012.

LI,D.; VUKINA,T. The Effectiveness of Dual Hedging with Price and Yield Futures, *Jornal of Futures Markets*,18, 1998.

LOPES, A. L.; GALDI, F. C.; LIMA,I.S. *Manual de Contabilidade e Tributação de Instrumentos Financeiros*. São Paulo: Atlas, 2009.

MICELI, W. M. Derivativos de agronegócio: gestão de riscos de mercado. São Paulo: Saint Paul Editora, 2008.

Naik, G.; R.M. Leuthold. "Cash and Futures Price Relationships for Storable Commodities: A Theoretical Development." No. 88, February, 1988

NOGUEIRA, F. T. P.; AGUIAR, D. R. D.; LIMA, J. E. de. Efetividade do hedge no mercado brasileiro de café arábica. Resenha BM&F, São Paulo, n. 150, 2002.

NUEVO, P. A. S. "A cédula do produto rural (CPR) como alternativa para financiamento da produção agropecuária", 1996

OLIVEIRA, V. A. ; AGUIAR, D.R.D, Determinantes do desempenho dos contratos futuros de commodities agropecuárias no Brasil, 2003

PACHECO, F. B. P. Análise das operações de hedging em mercados futuros: o caso do café arábica no Brasil. Piracicaba, 2000.

PAROUSH, J.; WOLF, A. "Production and hedging decisions in the presence of basis Risk." Journal of Futures Markets, 9, 1989.

PAROUSH, J.; WOLF, A "The derived demand with hedging cost uncertainty in the futures markets." Economic Journal, 102, 1992.

PECK, A. E. "Hedging and Income Stability: Concepts, Implications, and an Example." American Journal of Agricultural Economics, 57, 1975.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. "An analysis of variance test for normality ", 1965.

Trapp, J. and F. Eilrich. An Analysis of Factors Affecting Cattle Basis. Forecasting, and Market Risk Management. Chicago, IL. 1991.

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

WOOLDRIGE, J. M. Introdução à econometria: uma abordagem moderna. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

Apêndice A

Null Hypothesis: Unit root (common unit root process)

Series: DIFERENCIAL

Date: 11/07/15 Time: 13:56

Sample: 2/09/2005 12/30/2014

Exogenous variables: Individual effects

Automatic selection of maximum lags

Automatic lag length selection based on SIC: 0 to 2

Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel

Total number of observations: 14425

Cross-sections included: 6

Method	Statistic	Prob.*
	-	
Levin, Lin & Chu t*	9.159 74	0.000 0

** Probabilities are computed assuming asymptotic normality

Intermediate results on DIFERENCIAL

Cross section	2nd Stage Coefficient	Variance of Reg	HAC of Dep.	Lag	Max Lag	Bandwidth	Obs
Sul de Minas	-0.04867	15.870	4.8457	0	26	35.0	2405
Cerrado Parana	-0.04462	16.412	5.2423	2	26	33.0	2403
Mogiana	-0.04235	15.862	7.3012	0	26	25.0	2405
Noroeste	-0.04408	16.706	6.8031	1	26	28.0	2404
Zona da Mata	-0.04257	15.629	5.0268	0	26	33.0	2405
	-0.03885	16.232	5.8112	2	26	32.0	2403

	Coefficient	t-Stat	SE Reg	mu*	sig*	Obs
Pooled	-0.04342	-17.321	1.000	-0.500	0.707	14425

Null Hypothesis: Unit root (individual unit root process)

Series: D(DIFERENCIAL)

Date: 11/07/15 Time: 13:58

Sample: 2/09/2005 12/30/2014

Exogenous variables: Individual effects

Automatic selection of maximum lags

Automatic lag length selection based on Asymptotic t-statistic ($p=0.1$): 22

to 25

Total number of observations: 14280

Cross-sections included: 6

Method	Statistic	Prob.**
ADF - Fisher Chi-square	901.002	0.0000
ADF - Choi Z-stat	-29.3243	0.0000

** Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

Intermediate ADF test results D(DIFERENCIAL)

Cross section	Prob.	Lag	Max Lag	Obs
Sul de Minas	0.0000	24	26	2380
Cerrado	0.0000	24	26	2380
Parana	0.0000	22	26	2382
Mogiana	0.0000	25	26	2379
Noroeste	0.0000	24	26	2380
Zona da Mata	0.0000	25	26	2379