**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil

Daniel Henrique Dario Capitani

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2013**

Daniel Henrique Dario Capitani
Bacharel em Ciências Econômicas

Viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO GOMES MARTINES FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Capitani, Daniel Henrique Dario

Viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil / Daniel Henrique Dario Capitani.-- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
176 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Arroz 2. Derivativos 3. Hedging - Finanças 4. Mercado futuro I. Título

CDD 338.17318
C244v

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me concedido uma oportunidade única, me abençoado e me dado forças para que seguisse esta jornada. Também a meu anjo da guarda, pela proteção e companhia ao longo de todo o caminho.

A meus pais, Luiz Roberto e Ana Maria, por todo o carinho, incentivo e amor, pelo suporte e educação que certamente possibilitaram todas estas conquistas, e por incentivarem e permitirem a busca por este sonho.

Aos meus irmãos Caroline e Raphael, que sempre estiveram na torcida, pelo afeto, companhia e amizade, e pelos bons exemplos de vida que são.

Aos meus familiares, em especial à Hercília e Maria Antônia, por toda a hospitalidade, ajuda e acolhimento.

À minha companheira Alessandra, que pôde vivenciar passo a passo desta jornada, incentivando, motivando e concedendo-me dias mais alegres.

Ao Professor Fabio Mattos, meus sinceros agradecimentos pela abertura de novas portas, pelo acompanhamento de cada passo deste trabalho, pela orientação e pronto atendimento sempre que necessário e por abrir minha mente a novos horizontes de pesquisa.

Ao Professor João Gomes Martines Filho, pela orientação, pela amizade e por fornecer todas as condições necessárias para que este trabalho fosse realizado.

À Professora Sílvia Miranda, por motivar o início desta pesquisa, por incentivar os estudos do setor orizícola, pelas muitas sugestões a este trabalho e pelos constantes conselhos e orientações.

Aos Professores Pedro Marques, Lucilio Alves, Waldemar Souza e José César Cruz pela amizade, pelas sugestões ao longo deste trabalho e pela solícita atenção sempre que necessária.

Aos professores e funcionários do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ, em especial aos Professores Joaquim Bento, Carlos Bacha, Mirian Bacchi, Evaristo Neves e Roberto Arruda, e à nossa querida Maielli.

Ao Pecege/ESALQ, agradeço especialmente ao Daniel Sonoda, pelas oportunidades concedidas e por permitir a aproximação da vivência entre a docência e pesquisa.

Aos colegas de doutorado e de todo o programa pós-graduação em Economia Aplicada, em especial aos amigos Leonardo Zilio, Leonardo Regazzini, Carlos Xavier, Fabio Guerra, Maria Alice Christofolletti, Rodolfo Margato, Daniel Weeks, Cassiano Bragagnolo, Camila Kretzmann e Marcelo Justus.

Aos professores e funcionários do Departamento de Economia Agrícola e Agribusiness da Universidade de Manitoba, pelo acolhimento e hospitalidade, em especial aos Professores Derek Brewin, Brian Oleson e Gary Johnson, à Judy Powell e Surinder Kamboz, e aos colegas Mehdi, Bingjie, Tanis, Curtis, Mark, Nandin, Jason, Matt, Edwin e Yuri.

À família Van Deynze por todo o carinho e hospitalidade durante minha estadia no Canadá, minha gratidão à Karen, Bradly, Jamie e Denise.

Ao Canadian Bureau for International Education pelo suporte concedido durante meu período no exterior, o qual me possibilitou dar início à esta tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

À Universidade de São Paulo, em especial à Pró-reitoria de pós-graduação, pelo seu excelente e sério trabalho.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", que me acolheu ao longo dos últimos onze anos, definitivamente minha segunda casa, e a quem espero manter vínculos por toda vida acadêmica, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
Referências	18
2 CONDIÇÕES PRIMÁRIAS PARA O SUCESSO DE UM CONTRATO FUTURO DE ARROZ NO BRASIL.....	21
Resumo	21
Abstract.....	21
2.1 Introdução	22
2.1.1 Hipótese	22
2.2 Revisão bibliográfica.....	23
2.2.1 Teoria de sucesso e fracasso em contratos futuros	23
2.3 Metodologia.....	29
2.3.1 Fonte dos dados	29
2.4 Discussão dos resultados	30
2.4.1 Análise dos principais pré-requisitos.....	30
2.4.1.1 Característica da <i>commodity</i>	30
2.4.1.1.1 Desenho do contrato	31
2.4.1.2 Dimensão do mercado	35
2.4.1.2.1 A estrutura da cadeia orizícola	37
2.4.1.3 Grau de competição	40
2.4.1.4 Intervenção governamental.....	43
2.5 Considerações finais	48
Referências	50
3 DIFERENTES ABORDAGENS PARA MENSURAÇÃO DO RISCO DE PREÇOS NA AGRICULTURA	55
Resumo	55
Abstract.....	55
3.1 Introdução	56
3.1.1 Hipótese	59
3.1.2 Justificativa.....	59
3.2 Revisão bibliográfica.....	59

3.2.1 Análise da média variância	59
3.2.2 <i>Lower partial moments</i> - LPM.....	64
3.2.3 <i>Value at Risk</i> - VaR.....	65
3.2.4 <i>Conditional Value at Risk</i> - CVaR	68
3.2.5 Mecanismos de proteção ao risco aplicados à agricultura	69
3.3 Metodologia	73
3.3.1 Cálculo da volatilidade e coeficiente de variação	73
3.3.2 Cálculo do <i>Lower partial moments</i> - LPM	75
3.3.3 Cálculo do <i>Value at risk</i> - VaR	77
3.3.4 Cálculo do <i>Conditional Value at risk</i> - CVaR	81
3.3.5 Fonte dos dados.....	83
3.4 Resultados	86
3.4.1 Análise gráfica	86
3.4.2 Estatística descritiva e cálculos das medidas de risco.....	90
3.5 Considerações finais	103
Referências.....	106
4 RISCO DE BASE E ALTERNATIVAS DE <i>CROSS-HEDGE</i> PARA O ARROZ BRASILEIRO	111
Resumo.....	111
Abstract	111
4.1 Introdução	112
4.1.1 Hipótese	114
4.2 Revisão bibliográfica	115
4.2.1 Conceituação de <i>cross-hedge</i>	115
4.2.2 Risco de base.....	120
4.2.3 Razão de <i>hedge</i> de mínima variância.....	125
4.3 Metodologia	128
4.3.1 Modelo de regressão linear para <i>cross-hedge</i>	129
4.3.2 Razão ótima e efetividade das operações de <i>hedge</i>	130
4.3.3 Procedimentos econométricos.....	134
4.3.4 Aplicação dos procedimentos para análise da efetividade do <i>hedge</i>	137
4.3.5 Fonte dos dados.....	139
4.4 Resultados	140
4.4.1 Análise do risco de base.....	140

4.4.2 Resultados dos testes de raiz unitária e cointegração	146
4.4.3 Razão de <i>hedge</i> ótima e efetividade das operações de <i>cross-hedge</i>	154
4.4.4 Análises do <i>cross-hedge</i> alternativo em relação ao indicador de preços de arroz	157
3.5 Considerações finais	161
Referências	164
ANEXOS	169

RESUMO

Viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil

O arroz é uma *commodity* de grande importância para o agronegócio brasileiro e alimento essencial para garantir a segurança alimentar de população de baixa renda do país. Porém, diferentemente de outras *commodities* de similar ou maior importância, o arroz não possui um contrato futuro em bolsa que auxilie seus agentes a uma melhor gestão do risco de preços. Neste sentido, este trabalho avaliou a viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil. Para isso, a presente pesquisa foi dividida em três capítulos distintos. O primeiro avalia as condições primárias necessárias para a implantação de um novo contrato futuro no país, sob a ótica da literatura acerca do sucesso e fracasso de novos contratos futuros. Utilizando-se de uma revisão de literatura crítica, foi possível identificar que, embora a orizicultura apresente algumas condições favoráveis a um novo contrato, como por exemplo, tamanho de mercado potencial, homogeneidade do produto e concentração de mercado, outras características mostram-se inibidoras à sua liquidez, como, por exemplo, uma baixa diversificação do produto final e, principalmente, uma participação estatal ainda ativa no setor, com diferentes programas de subvenção à produção e comercialização do cereal, o que desestimularia a demanda pelo *hedge* por parte dos agentes beneficiados em tais programas. O segundo capítulo procurou mensurar o grau de risco de preços para os produtores de arroz e para os produtores de outras *commodities* com contratos futuros negociados em bolsa doméstica. A análise central baseou-se no cálculo de diferentes medidas de dispersão e de risco, como a volatilidade, coeficiente de variação, *Lower Partial Moments*, *Value-at-risk* e *Conditional Value-at-risk*. Para cada uma destas ferramentas, foram assumidos alguns *benchmarks* centrais para a mensuração do risco. A principal constatação é de que a atividade arrozeira possui o maior grau de risco de preço entre todas as culturas analisadas. Porém, a política de garantia de preços mínimos do governo atua como um importante mecanismo para redução deste risco aos produtores. Considerando esta política, o arroz ainda possui um grau de risco elevado, porém, a patamares semelhantes aos do milho. Por fim, o terceiro capítulo centrou sua discussão na análise de *cross-hedge* entre os preços à vista de arroz no Brasil com o contrato futuro de arroz de Chicago e os contratos futuros de culturas graneleiras na BM&FBOVESPA, milho e soja. Focando-se as análises no risco de base, na razão de *hedge* ótima e na efetividade do *hedge*, constatou-se que nenhum destes contratos futuros são suficientemente efetivos para atender aos agentes atuantes na orizicultura brasileira, não sendo capazes de gerar concorrência com um possível novo contrato de arroz a ponto de reduzir a sua liquidez. A conclusão final é de que o arroz é uma cultura com elevado grau de risco de preços e com a maior parte das condições favoráveis a um novo contrato. Porém, deve-se atentar à intervenção do governo no setor, a qual deve ser reduzida para permitir liquidez suficiente à sobrevivência deste contrato.

Palavras-chave: Contratos futuros; Derivativos agrícolas; Hedge, Arroz; Brasil

ABSTRACT

The feasibility of a rice futures contract in Brazil

Rice is particularly an important agricultural commodity to Brazil and elementary for food security of the low income population. Unlike other important agricultural markets in the country, rice does not have a domestic futures contract. Thereby, the purpose of the thesis is to evaluate the feasibility of a rice futures contract development in Brazil. For that, the research was separated in three major chapters. The first chapter evaluates the primary conditions for a rice futures contract based on the literature of the success and failure of new futures contracts. By a critical literature review it was identified that some conditions are favorable for the contract creation, as the domestic potential market, the commodity homogeneity and the market concentration ratio. However, some features are not satisfactory enough for the new rice futures contract's liquidity. A low diversity of final product and also the current government intervention on the rice production and trade are considered as issues that might discourage the hedge demand from rice agents. The second chapter purposed the price risk measurement for rice producers as for producers of several Brazilian agricultural commodities that already have a domestic futures contract. The central analysis was based on dispersion and risk measures calculation, as volatility, coefficient of variation, lower partial moments, value-at-risk and conditional value-at-risk. At each downside risk framework were assumed some benchmarks. Results suggest that rice market presents the highest price risk. However, the government minimum price policy acts as an important mechanism for rice producers risk management. Considering this policy, although rice still have an elevated risk degree, this level decreases and reach a baseline similar than corn. The third chapter centralizes its discussion on the cross-hedge analysis among Brazilian rice cash prices and rice futures prices in Chicago as with corn and soybean futures prices in BM&FBOVESPA. The methods were focused on the basis risk behavior and on the estimation of the optimal hedge ratio and hedge effectiveness. Estimations suggest that none of those cross-hedge operations are enough feasible to attend Brazilian rice agents. Then, cross-hedge operations might not result in cannibalism against a new rice futures contract. Final conclusions lead to a comprehension that rice presents a high price risk level and many primary conditions favorable to the contract creation. Nevertheless, it is necessary carefully attention to the government agricultural policies impacts at this market.

Keywords: Futures contract; Agricultural derivatives; Rice; Brazil

1 INTRODUÇÃO

Com uma produção estimada de 12,8 milhões de toneladas para a safra 2010/11, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2011), o arroz é uma *commodity* representativa para a agricultura brasileira figurando entre as principais deste setor produtivo no país, atrás apenas da cana-de-açúcar, soja e milho, em volume produzido. A produção é concentrada principalmente na região Sul do país, em sistema irrigado, com o estado do Rio Grande do Sul representando 64,4% da produção nacional, e Santa Catarina, 8,3%. Mato Grosso e Maranhão, com 5,4% e 4,4%, respectivamente, ocupam a terceira e quarta posições, basicamente com o sistema de produção de sequeiro, ou de terras altas.

Além de sua importância econômica, o arroz, por ter seu consumo bastante difundido entre a população brasileira, possui também uma importância social estratégica, sendo fundamental na segurança alimentar da população de baixa renda. Segundo Brasil (2010), o consumo atual de arroz no Brasil foi superior a 13 milhões de toneladas nas últimas safras. Estes dados indicam o Brasil como o 9º maior produtor e consumidor deste cereal, e o maior fora do continente asiático, segundo dados da *Food and Agriculture Organization* - FAO (2010).

Apesar da expressiva produção, ao longo das últimas duas décadas, o setor apresentou um déficit na relação produção/consumo, condicionando o país a importador líquido do cereal, sobretudo após seu plano de estabilização monetária em 1994, com a valorização da moeda doméstica, concomitante ao estabelecimento do acordo de livre comércio com os países do Cone Sul, Argentina, Paraguai e Uruguai, ou Mercado Comum do Sul - Mercosul. Assim, a conjuntura de moeda valorizada e o livre comércio com os países do Mercosul contribuíram para uma demanda por importação de arroz suprida basicamente por Argentina e Uruguai (CAPITANI, 2009). Entretanto, esta importação tem decrescido desde 2003¹, ao mesmo tempo em que o país tem aumentado gradativamente suas exportações e diversificado o número de parceiros comerciais. Da mesma maneira, Argentina e Uruguai têm buscado novos mercados para exportação de arroz, e se consolidado como importantes ofertantes desta *commodity* no mercado internacional (BRASIL, 2011).

¹ Sobretudo em razão da valorização do Real. Porém, para anos em que a safra brasileira apresentou decréscimo na produção, as importações ainda mostram-se relevantes para abastecimento de seu mercado, uma vez que a redução no consumo de sua população ainda é discreta.

Nesse ambiente, Miranda² (*informação verbal*) destaca que a tendência de aumento das exportações brasileira, concomitante às atuais exportações de Argentina e Uruguai, pode indicar uma demanda crescente por novos instrumentos de proteção ao risco por parte das indústrias arroseiras e *traders* atuantes no comércio internacional. Além disso, com a gradual redução estatal no subsídio à produção, estoques e comercialização de arroz desde o início da década de 1990 (ADAMI, 2005; BRAGAGNOLO, 2006), sinaliza-se uma maior mobilização por parte dos produtores de arroz, principalmente no Rio Grande do Sul, por novos mecanismos de proteção ao risco.

De fato, produtores rurais, *traders*, e indústrias ligadas ao setor agropecuário, estão sempre à procura de ferramentas de redução do risco associado a variações de preço, consequentes de diversos fatores não esperados, como quebra de safra, excesso de oferta doméstica e externa, limitações de armazenagem, variações de preços em produtos substitutos, entre outros.

Para isso, os agentes procuram minimizar seus riscos com o uso, por exemplo, de programas de proteção e apoio governamentais - como garantia de preços mínimos, aquisição de estoques, leilões e opções - além de seguros agrícolas, investimentos na capacidade de armazenagem, contratos a termo, contratos futuros, opções, entre outros.

Os contratos futuros representam um dos principais instrumentos para administração de risco, sendo utilizados direta ou indiretamente pelos *hedgers*, como por exemplo, para precificação de outros instrumentos. Os contratos são geridos e negociados através de uma bolsa de mercadorias e futuros. Segundo Hull (1995), consistem basicamente no compromisso de compra e venda futura entre duas partes de determinada quantidade e qualidade de uma mercadoria ou ativo financeiro, representada por contratos padronizados para liquidação física ou financeira na data de vencimento. No Brasil, esta ferramenta de proteção ao risco e especulação tem se difundido cada vez mais, sobretudo nos últimos anos. Isto pode ser constatado ao analisar-se o volume financeiro e número de contratos negociados na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo - BM&FBOVESPA³. Esta bolsa mantém, atualmente, dez contratos futuros, sendo seis agropecuários, os quais açúcar, etanol, boi gordo, café, milho e soja. Além destes contratos, a BM&FBOVESPA negocia contratos futuros para o IBOVESPA, dólar, DI (juros) e FRC (*forward rate agreement* de cupom

² Entrevista concedida por MIRANDA, S.H.G. [set. 2011]. Professora, ESALQ/USP e coordenadora do Indicador Arroz do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, CEPEA/ESALQ/USP.

³ Até 2008, os contratos futuros eram negociados na Bolsa de Mercadorias e Futuros - BM&F, e partir de então, com a fusão da BM&F com a Bolsa de Valores - BOVESPA, passaram a ser negociados na BM&FBOVESPA.

cambial). Apesar de sua importância no setor agropecuário brasileiro, o arroz não possui um contrato futuro na BM&FBOVESPA.

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade para a implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil que atenda a produtores, indústrias e agentes ligados ao setor no Brasil.

Com este intuito, o presente trabalho dispõe-se em analisar os pré-requisitos essenciais para o estabelecimento de um contrato futuro de arroz no Brasil, em mensurar o nível de risco de preços aos produtores agrícolas a partir do uso de diferentes metodologias, e também, em testar a existência de relação entre os preços físicos de arroz no Rio Grande do Sul e preços futuros de arroz em outras bolsas e de outras *commodities* na BM&FBOVESPA.

Para tal objetivo, o trabalho é dividido em três capítulos. Primeiramente, discutem-se os pré-requisitos principais para um estudo de viabilidade de um novo contrato futuro, focando a análise à orizicultura e contrapondo sua realidade aos demais setores agropecuários que já possuam contratos futuros no Brasil. A seguir, no segundo capítulo, comparam-se o nível de risco de preços a produtores de arroz e de diferentes culturas agrícolas negociadas em bolsa de futuros no Brasil, aplicando diferentes metodologias, entre elas a volatilidade e medidas que foquem no risco de retornos indesejáveis, ou *downside risk*. Por fim, no terceiro capítulo, estimam-se alternativas de *cross-hedge* entre o arroz brasileiro e os contratos futuros de outras *commodities* na bolsa local, e analogamente aos principais contratos futuros de arroz em bolsas no exterior.

Além de permitir avanços nas discussões sobre introduzir ou não um novo contrato futuro de arroz, o trabalho pretende contribuir com a literatura nacional referente a mercados futuros agrícolas e criação de novos contratos, e à gestão de risco agrícola, com foco especial na cadeia orizícola.

Para tanto, no primeiro artigo, parte-se de um maior detalhamento de trabalhos semelhantes e presentes na literatura, preocupando-se em avançar além da análise dos pré-requisitos da teoria de sucesso e fracasso de novos contratos futuros, uma vez que tais trabalhos focaram-se apenas em algumas condições básicas do mercado orizícola brasileiro que poderiam ser inibidoras ou benéficas a um novo contrato, e pouco discutiram questões mais complexas, como por exemplo, o risco de preços para a atividade.

Primeiramente, ao se considerar a criação de um novo contrato, deve-se levar em conta um amplo número de variáveis que podem incorrer no sucesso ou fracasso do mesmo⁴.

⁴ Neste caso, vale ressaltar que algumas condições macro e microeconômicas gerais para implantação e sucesso de um contrato futuro – como estabilidade monetária nacional e a existência de uma *clearing house* com recursos

Encontra-se na literatura internacional um considerável número de trabalhos que abordam e discutem razões pelas quais determinados contratos tornaram-se atrativos a produtores, indústrias, *hedgers* e especuladores, ou por outro lado, que relacionam as causas de insucesso de outros contratos.

As bolsas de futuros, geralmente, têm certa dificuldade em prever o sucesso ou fracasso de um novo contrato. Segundo Brorsen e Fofana (2001), a maioria dos contratos fracassa em menos de dez anos de existência. Os autores estimaram que aproximadamente 70% deles fracassam, principalmente por não atrair um número suficiente de *hedgers* e especuladores, além de não sustentar um volume de negociação que cubra os custos operacionais de manutenção dos contratos.

Um dos trabalhos pioneiros que analisaram a teoria de sucesso e fracasso de um novo contrato futuro foi o de Black (1986). A autora apontou que o tamanho do mercado, a formulação dos contratos para reduzir riscos, as variações nos preços à vista e os custos líquidos influenciavam diretamente o volume de negociações no mercado futuro.

Outros pontos adicionais apresentados por Brorsen e Fofana (2001), além dos levantados por Black (1986), e que são necessários averiguar de forma a ajudar na previsão do sucesso ou fracasso de um novo contrato foram: características da *commodity*; homogeneidade da *commodity*; existência de integração vertical do mercado; existência de concentração na indústria demandante da *commodity*; mercado à vista ativo. Além disso, os autores sugerem observar as características de outros mercados que já possuem um contrato futuro.

Pennings e Leuthold (2001) reforçaram que um ponto fundamental para atrair *hedgers* e especuladores é o desenho do contrato, de forma que atenda às necessidades dos agentes demandantes do mesmo, em uma determinada cadeia. Meulenberg e Pennings (2001) enfatizaram a importância em se averiguar a presença do governo nos mercados, no que tange subsidiar parte da produção, controle de estoques ou garantia de preços mínimos a produtores. Os autores relatam que uma alta intervenção estatal pode funcionar como um mecanismo de redução de riscos para cadeia como um todo, e inibir a participação de agentes no mercado futuro.

Entretanto, os argumentos apresentados pelos autores citados nada mais são que pré-requisitos para se averiguar a viabilidade de implantação um novo contrato futuro. Outros mecanismos e métodos mais robustos e aplicados têm sido avaliados e estimados em

suficientes para garantir as transações – são consideradas como atingidas, dado que o sucesso de outros contratos futuros no país indica a existência dessas condições.

trabalhos publicados, sobretudo na literatura internacional. Entre estes podem-se citar trabalhos com temáticas referentes a algumas medidas de mensuração de risco e estimativas de *cross-hedge* com contratos de outras bolsas ou outros produtos, os quais serão discutidos adiante.

Assim, além do primeiro capítulo, baseado na discussão sobre os pré-requisitos essenciais apresentados na teoria do sucesso e fracasso de um contrato futuro, tem-se, no segundo capítulo, um foco na análise comparativa dos riscos de preço existentes tanto para o produtor de arroz no Rio Grande do Sul quanto para os produtores das outras *commodities* negociadas atualmente na BM&FBOVESPA. Para isso, as estimativas partem dos preços à vista destas *commodities* nas praças de referências de cada um dos contratos futuros atuais, tornando-se possível averiguar por diferentes mecanismos, o verdadeiro comportamento dos preços à vista do arroz no Rio Grande do Sul e dos outros produtos nas respectivas praças de referência, aprimorando, a partir de diferentes abordagens, a discussão sobre o risco em cada um dos setores produtivos. Os mecanismos abordados referem-se a medidas de risco. Calcula-se o *Lower Partial Moments* (LPM), *Value at Risk* (VaR) e *Conditional Value at Risk* (CVaR) para cada um dos segmentos produtores. Tais medidas permitem a mensuração do risco abaixo de um alvo/*benchmark* pré-estabelecido, ou seja, analisando apenas desvios em um lado da distribuição de probabilidade (*left-tail*) além de possibilitarem mensurar a magnitude de tais retornos não-desejáveis (SZEGÖ, 2002; RACHEV, MENN e FABOZZI, 2005).

O uso destes mecanismos se justifica, primeiramente, pelo escasso número de trabalhos que averigam medidas de mensuração de risco de preço ao produtor agrícola no Brasil, especialmente no setor orizícola, o que infere em um desconhecimento por parte de agentes sobre o comportamento dos preços físicos das *commodities*, e como estes se situam em relação aos custos de produção, o que infere diretamente no retorno das atividades dos mesmos. Neste caso, o trabalho aplica as principais ferramentas para mensuração de risco discutidas na literatura.

A estimação de tais medidas permite compreender, primeiramente, o real risco de preço da *commodity* para o produtor, mostrando em quais momentos da série temporal analisada tal risco pode resultar em reais perdas ao produtor. Estes resultados dão melhor embasamento ao estudo sobre a viabilidade de implantar um novo contrato futuro, à medida que permite deduzir o real grau de exposição ao risco os produtores se situam, além de contrapor a realidade de diferentes culturas que já possuem contratos futuros em bolsa.

No terceiro capítulo a discussão é pautada na alternativas de realização de *cross-hedge* entre o arroz produzido nas principais praças do Rio Grande do Sul e outros contratos futuros.

Neste caso, a análise é referenciada no principal contrato futuro de arroz vigente no mundo, da *Chicago Mercantile Exchange* - CME, bem como em dois dos atuais contratos futuros agrícolas negociados na BM&FBOVESPA, os quais, milho e soja.

Muitos trabalhos examinaram a possibilidade de utilização de um contrato futuro já negociado em bolsa para realização de *cross-hedge* com produto de mesma característica em um mercado diferente, ou mesmo, com contratos futuros existentes para outros produtos, em uma bolsa de futuros que melhor represente regionalmente produtores, *traders* e indústrias de um setor específico, como, por exemplo, Zacharias et al. (1987) e Parcell et al. (2008).

Para o entendimento desta questão, realiza-se inicialmente um estudo do comportamento das bases entre os preços físicos nas praças produtoras de arroz no Rio Grande do Sul com os preços futuros de arroz negociados em Chicago e de milho e soja na BM&FBOVESPA, de forma a compreender as flutuações destas bases. Outro ponto é analisar se a opção por *cross-hedge* maximiza a utilidade por parte dos agentes atuantes no setor orizícola brasileiro, de tal forma que seja vantajoso utilizar um ou mais dos contratos explicitados.

Desta maneira, é possível prever se um novo contrato futuro de arroz no Brasil pode vir a sofrer concorrência de outros contratos futuros, e dessa forma, apresentar pouca atratividade a *hedgers* e especuladores, e conseqüentemente, baixa liquidez, comprometendo sua viabilidade no médio e longo prazo.

Assim, pretende-se que os três capítulos deste estudo possibilitem ilustrar a viabilidade ou não de se implantar um contrato futuro para o arroz no Brasil, uma vez que, conjuntamente, focam em diferentes estudos acerca da estruturação e características deste setor, mensuram risco de preços da *commodity* e apontam alternativas existentes para *hedge* da produção brasileira.

Referências

ADAMI, A.C.O. **Contratos de opção:** análise do potencial de sustentação de preços para o mercado de arroz. 2005. 117 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BLACK, D.G. **Success and failure of futures contract:** theory and empirical evidences. 1986. 70 p. Monograph (Graduate) - School of Business Administration, New York University, New York, 1986.

BRAGAGNOLO, C. **Análise do armazenamento de arroz no Brasil sob condições de incerteza através de um modelo dinâmico de expectativas racionais**. 2006. 137 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Estatísticas**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 05 março 2011.

_____. **Estatísticas de comércio exterior: informe de produtos**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 24 março 2011.

BROSEN, B.W.; FOFANA, N.Z.F. Success and failure of agricultural futures contracts. **Journal of Agribusiness**, Athens, GA, v. 19, n. 2., p. 129-145, 2001.

CAPITANI, D.H.D. **Determinantes da demanda por importação de arroz do Mercosul pelo Brasil**. 2009. 151p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FAO. **Production: crops**. Roma, 2010. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 08 março 2011.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. 2. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros / Cultura Editores Associados/ Prentice Hall. 1995. 448 p.

MEULENBERG, T.G.; PENNINGS, J.M.E. A marketing approach to commodity futures exchange: a case study of Dutch hog industry. 2002. **Journal of Agricultural Economics**, Banbury, v. 53, n. 1, p. 51-64, 2002.

PARCELL, J.; BOESSEN, C.; ALTMAN, I.; SANDERS, D. Cross-hedging fishmeal: exploring corn and soybean meal futures contracts. In: SOUTHERN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION, ANNUAL MEETING, 2008, Athens, GA. **Anais...** Dallas: SAEA, 2008. 14 p.

PENNINGS, J.M.G.; LEUTHOLD, R.M. Introducing new futures contracts: reinforcement versus cannibalism. **Journal of International Money and Finance**, New York, v. 20, n. 1, p. 659-675, 2001.

RACHEV, S.T.; MENN, C.; FABOZZI, F.J. Risk measures and portfolio selection. In: _____. **Fat-tailed and skewed asset returns distributions: implications for risk management, portfolio selection, and option pricing**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005. p. 181-198.

SZEGÖ, G. Measures of risk. 2002. **Journal of Banking & Finance**, New York, v. 26, n. 1, p. 1253-1272, 2002.

ZACHARIAS, T.P.; LANGE, M.D.; GLEASON, W.J.; TRAYLOR, H.D. A producer-level cross-hedge for rough rice using wheat futures. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Athens, GA, p.75-82, dez. 1987.

2 CONDIÇÕES PRIMÁRIAS PARA O SUCESSO DE UM CONTRATO FUTURO DE ARROZ NO BRASIL

Resumo

A teoria do sucesso e fracasso de novos contratos futuros discorre sobre os pré-requisitos essenciais para garantir o sucesso de um novo contrato futuro, como por exemplo, o desenho do contrato, homogeneidade da *commodity*, grau de concentração do mercado, participação do governo no setor, volatilidade de preços, entre outros. Este capítulo objetivou avaliar tais condições essenciais para o estabelecimento de um contrato futuro de arroz no Brasil, a partir de uma revisão de literatura crítica e análise descritiva de alguns dados do setor no país em relação a outros setores que já possuem contratos futuros em bolsa. Observou-se que o arroz é um produto homogêneo, com um grande mercado potencial, e com um elevado número de produtores e indústrias que reduzem seu grau de concentração. Porém, a baixa diversificação do produto final, destinado basicamente à alimentação humana na forma de grão, e um aumento gradual na concentração de mercado são pontos que devem ser avaliados detalhadamente. Também, a participação ativa de algumas políticas agrícolas do governo brasileiro neste setor, embora venha sendo gradualmente reduzida, ainda é um forte fator inibidor à demanda por *hedge* dos agentes deste setor e deve ser tratada como um gargalo ao estabelecimento deste contrato futuro no país.

Palavras-chave: Contratos futuros; Teoria do sucesso e fracasso de novos contratos; Arroz; Brasil

Abstract

The theory of success and failure of new futures contract argues under the elementary prerequisites that guarantee the success of a new futures contract. Some of these prerequisites are known as the contract design, commodity homogeneity, market concentration ratio, government intervention, price volatility and others. This chapter evaluated some of these primary conditions for Brazilian rice market by a critical literature review and descriptive analysis of some data of this market in comparison to another agricultural markets in the country that already have an established futures contract. It is possible to observe that rice is a homogeneous commodity with a significant market potential and a large number of producers and industries. However, the low diversification of final product and a gradual increasing in market concentration are some issues that must be analyzed carefully. More important, much attention must be given to the Brazilian government intervention at this market, which in turn might be treated as an issue that should decrease hedger's interest and consequently the contract liquidity.

Keywords: Futures contracts; Theory of success and failure of new futures contract; Rice; Brazil

2.1 Introdução

Um contrato futuro bem sucedido não é apenas resultado de um alto volume de negociações, mas parte de um contexto de análise de diferentes variáveis que possam afetar os fluxos de demanda pelo mesmo, os quais estão referenciados na literatura, através da teoria de sucesso e fracasso de novos contratos futuros.

Tal análise deve-se dar previamente à criação de um novo contrato, visando atender ao máximo número de possíveis agentes demandantes e especuladores, inserida a uma realidade mais próxima possível do mercado de alcance e respeitando as relações comerciais usuais na cadeia agroindustrial.

Dentre os fatores abordados como essenciais a considerar-se antes da implantação de um novo contrato futuro estão as características e homogeneidade da *commodity*, o desenho do contrato, o tamanho do mercado físico, as variações nos preços físicos do produto, o custo de manutenção e operacionalização do contrato, a concentração de mercado e a existência de integração vertical na cadeia, um mercado à vista ativo, entre outros fatores, como as condições macro e microeconômicas favoráveis e a existência de uma estrutura financeira suficiente que garanta o funcionamento adequado de uma bolsa de futuros.

Este capítulo propõe-se, portanto, discutir introdutoriamente tais pré-condições necessárias para a implantação de um contrato futuro, focando sua análise à produção de arroz no Brasil, tema de interesse central desta pesquisa. Para tanto, investiga-se cada um dos pré-requisitos necessários para implantação de contratos futuros, com base na literatura existente, procurando situar o cenário atual do setor orizícola brasileiro em relação aos demais setores que já possuem contrato futuro na BM&FBOVESPA.

Pretende-se, dessa forma, fornecer uma melhor visão deste mercado, de forma a subsidiar as questões subsequentes abordadas neste trabalho de tese, e que complementadas, tendem a dar um maior conhecimento em relação à viabilidade de implantar-se um novo contrato de arroz no Brasil.

2.1.1 Hipótese

Embora o setor orizícola no país apresente magnitude suficiente para prover um potencial número de *hedgers* no país, a estruturação de sua cadeia agroindustrial e o aporte governamental à produção e comercialização do arroz são fatores inibidores à criação de um contrato futuro.

2.2 Revisão bibliográfica

2.2.1 Teoria de sucesso e fracasso em contratos futuros

Um dos principais fatores de incertezas por parte de produtores rurais e indústrias são aqueles referentes aos retornos a serem obtidos em suas atividades produtivas, principalmente por fatores exógenos que possam afetar a dinâmica dos preços das *commodities*. Segundo Carlton (1984), o contrato futuro permitiu que para todo comprador existisse um referido vendedor, e vice-versa, em um mercado organizado por uma bolsa de futuros que permitisse tal negociação e a partir de uma atmosfera organizacional eficiente e padronizada, e que oferecesse garantias de recebimento a ambos os lados, a partir da cobrança de um prêmio de operacionalização, reduzindo, por sua vez, tais incertezas. O autor ainda destaca que um contrato futuro possibilita a redução dos custos de transação e facilita a interatividade entre vendedores e compradores, se comparados a uma situação de contrato a termo.

A redução da incerteza aos agentes de mercado, a partir de um mercado futuro estabelecido, traz benefícios sociais, como sugere Powers (1967). Segundo o autor, quatro destes benefícios sociais são possíveis de pautar, como a possibilidade da descoberta (previsão) do preço no mercado, o auxílio na gestão de risco das indústrias, a facilitação de um mínimo retorno aos *hedgers*, e uma alocação eficiente dos recursos a todos os agentes envolvidos.

De acordo com Leuthold (1994), a criação e o desenvolvimento de um mercado futuro foi uma das formas utilizadas para que mercados emergentes passassem a mover-se em direção a um mercado orientado em uma economia liberal e sólida, indicando ao resto do mundo a ocorrência de uma transição para um sistema financeiro eficiente e integrado às economias desenvolvidas, bem como a de outros mercados emergentes.

Segundo Brorsen e Fofana (2001), o colapso da União Soviética trouxe diversos países de economias fechadas à estrutura de mercado capitalistas, os quais passaram a sofrer concorrência com setores produtivos eficientes no mercado externo, e às ações de um mercado livre e sujeitos a cenário de maior volatilidade nos preços, necessitando, assim, de novos mecanismos de proteção ao risco. Isto levou muitos países a estruturarem bolsas de futuros, como o caso da Hungria, conforme ressalta Leuthold (1994). Entretanto, o próprio Leuthold (1994) enfatiza que uma economia solidificada e integrada a outros mercados auxiliava, mas não necessariamente garantiria que novos contratos fosse bem sucedidos nas novas bolsas.

Por outro lado, Brorsen e Fofana (2001) ressaltam outros fatores que elencam a uma maior demanda por contratos futuros, como as recentes mudanças na estrutura produtiva e profissionalização de alguns setores agrícolas, bem como possíveis reduções nas políticas de suporte de preços nos países desenvolvidos tendem a alavancar a necessidade de operação no mercado futuro. Contudo, a simples necessidade ou demanda por parte de agentes atuantes em determinada cadeia produtiva, não garante, necessariamente, a liquidez e sucesso de um novo contrato.

As bolsas de futuros têm dificuldade em prever o sucesso ou fracasso de um novo contrato. Segundo Carlton (1984), a maioria dos contratos fracassa em menos de dez anos de existência. As estimativas mencionadas pelo autor apontavam que aproximadamente 70% dos contratos lançados fracassavam rapidamente, principalmente pela razão de atrair um número insuficiente de *hedgers* e especuladores, além de não sustentar um volume de negociações que cobrisse os custos operacionais de manutenção do contrato. O autor ressalta que as características essenciais na análise preliminar à criação de um novo contrato são as incertezas dos agentes sobre os preços físicos, a constatação de correlação de preços com outras *commodities*, uma indústria consolidada e número potencial de *hedgers*, a existência de um custo de transação elevado em uma cadeia produtiva, e a ausência de regulação de preços.

Sandor (1973) enfatiza que dentre os pré-requisitos necessários para análise, deve-se observar se há variabilidade no preço da *commodity* e um mercado onde o preço seja determinado competitivamente (sem a intervenção do estado), bem como averiguar a homogeneidade do produto negociado, utilização de contrato a termo entre produtores e indústrias, e a existência de um mercado à vista para entrega física imediata. Powers (1967), adicionalmente, ressalta que a presença de *hedgers* ao mercado futuro atrai um número de especuladores suficientes para garantir a liquidez do contrato e assim reduzir as chances de seu fracasso.

Mais recentemente, Black (1986), agregando muitas das ideias dos trabalhos clássicos da literatura internacional (TOMEK; GRAY, 1970; SANDOR, 1973; CARLTON, 1984), analisou a teoria de sucesso e fracasso de um novo contrato futuro, tornando-se um dos primeiros trabalhos a direcionar o foco estritamente nesta teoria. A autora mostrou que o tamanho do mercado, a formulação dos contratos, variações nos preços à vista, e os custos de se operar no mercado futuro influenciam diretamente no volume de operações.

Assim Brorsen e Fofana (2001) levantam outros pontos adicionais, além dos levantados por Black (1986), para analisar o sucesso ou fracasso de um novo contrato, como observar as características e homogeneidade da *commodity*; existência de integração vertical

do mercado; existência de concentração na indústria demandante da *commodity*; e mercado à vista ativo. Adicionalmente, deve-se observar as características de outros mercados que já possuam um contrato futuro vigente.

Pennings e Leuthold (2001) reforçam que um ponto fundamental para atrair *hedgers* e especuladores é o desenho do contrato, de forma que atenda às necessidades dos agentes demandantes do mesmo em uma determinada cadeia, bem como o conhecimento das características subjacentes ao mercado à vista da *commodity* em questão.

Além disso, Meulenberg e Pennings (2001) enfatizam a importância de observar a presença do governo nos mercados, principalmente no que se refere aos subsídios fornecidos à produção, ao controle de estoques e à garantia de preços mínimos a produtores. Os autores relatam que uma alta intervenção estatal pode funcionar como um mecanismo de redução de riscos para cadeia como um todo, e assim, inibir a participação de agentes no mercado futuro.

Recentemente, muitos autores utilizaram-se destas hipóteses na tentativa de estabelecer um ponto inicial para discussão das razões que levaram um contrato futuro a fracassar ou não. É o caso do próprio estudo de Meulenberg e Pennings (2001), que examinaram o ambiente das bolsas de futuros de *commodities*, suas ameaças e oportunidades, a partir de um estudo de caso do contrato futuro de suínos na Holanda. Para isso, aplicaram uma análise discriminante para distinguir produtores que operavam no mercado de futuros e aqueles que não operavam, a partir de critérios como a performance percebida com a operação, as referências de preço e orientação de mercado por parte destes agentes. Os autores encontraram que os serviços de redução de risco oferecidos pelas bolsas servem como uma ferramenta substituta à integração vertical, influenciando o rumo das escolhas dos agentes.

Algumas décadas antes, Powers (1967) foi um dos autores pioneiros ao analisar como algumas disposições formuladas em um contrato futuro afetam a atratividade dos *hedgers*. O autor aplicou seu estudo de caso ao contrato futuro de barriga de porco (*bacon*) na *Chicago Mercantile Exchange* (CME), e buscou compreender a razão pela qual tal contrato levou quase dois anos para passar a ser negociado, e assim ser considerado bem sucedido. As razões levantadas são de que seis provisões geravam insatisfações entre os *traders*, como o pequeno prêmio pago ao *hedger* no contrato de venda, uma vez que este tinha um custo considerável para estocar o produto congelado; a limitação do contrato para o tempo máximo de estocagem; a padronização do produto no desenho do contrato, que não era uniforme com aqueles usualmente comercializados no mercado físico; a recomendação do tipo do transporte (ferroviário) para entrega física, de forma a obter-se uma dedução no transporte da carga negociada; a exigência de estocar o *bacon* de apenas algumas formas existentes, não

abrangendo todas as técnicas praticadas à época; e o vencimento do contrato, que muitas vezes não correspondiam aos ciclos produtivos. Segundo o autor, as evidências que levaram à superação destas barreiras foram a divulgação do contrato pela CME e corretoras de futuros.

Com o objetivo de descrever e prover maior conhecimento em relação ao sucesso de alguns contratos futuros agrícolas no mercado norte-americano ao início da década de 1960, Sandor (1973) focou sua análise no contrato futuro de madeira compensada na *Chicago Board of Trade* (CBOT). O motivo de analisar tal contrato, especificamente, se deu pela razão de seu sucesso ser imediato, ao contrário de outros contratos da época, que levaram pelo menos 12 meses para alcançar um volume de negociação suficiente e que garantisse uma alta liquidez. De acordo com o autor, a rápida liquidez obtida por este contrato se deu, primeiramente, pela convergência de seu desenho às necessidades dos *traders*, a partir do momento em que atendia aos mecanismos de comercialização usuais dos agentes. Simultaneamente, as interações preliminares entre os profissionais da própria bolsa, corretores e grupos comercializadores do mercado permitiram um contrato sem falhas e que atendessem diretamente aos envolvidos.

Analisando o rápido avanço no número de contratos futuros e volume negociados em diversas bolsas além das norte-americanas, Leuthold (1994) procurou avaliar as pré-condições econômicas para a criação de mercados futuros e de opções em diversos países. Segundo o autor, a rápida disseminação das bolsas de futuros se deu em virtude das trocas cambiais internacionais via sistema eletrônico; ao avanço da telecomunicação; aos aumentos da sofisticação, liquidez e interação com mercados estrangeiros; e ao comportamento agressivo e com grande divulgação das bolsas estrangeiras. Dessa forma, comparando a liquidez de contratos futuros em bolsas localizadas em economias desenvolvidas e em desenvolvimento, o autor pôde ressaltar que uma base econômica sólida é fator preponderante para o sucesso de um contrato futuro.

Em outro estudo, Thompson, Garcia e Wildman (1996) analisaram as razões que levaram ao fracasso do contrato futuro de xarope de milho na bolsa de Minneapolis (MGE), entre 1987 a 1988. Os autores mostraram que o volume negociado despencou após os três primeiros meses do contrato, e em menos de um ano, pouco ou nenhum volume era negociado. Segundo os autores, tal contrato fracassou em virtude de uma sequência de problemas, como a alta concentração das indústrias demandantes e ofertantes deste insumo e o desenho do contrato, com especificações de entrega não adequadas aos *hedgers*, além da falta de padronização (homogeneidade) do produto a ser negociado. Ainda, o pequeno

mercado deste produto, à época, levou a uma baixa atratividade a *hedgers* e especuladores, e também, a uma falta de conhecimento da formação de seu preço físico.

Bollman, Garcia e Thompson (2003) investigaram o que levou ao fracasso do contrato futuro de fosfato diamônio na CBOT, no início da década de 1990. O principal fator apontado nesta pesquisa foi a fraca relação entre os preços à vista e futuros desta *commodity*, refletindo em uma baixa efetividade do *hedge*, e consequentemente, a uma fraca performance do contrato futuro, uma vez que os possíveis agentes demandantes deste contrato apresentavam dificuldades em usá-lo para suas decisões estratégicas.

Já o trabalho de Sanders e Pennings (1999) examinou o que culminou na baixa liquidez do contrato futuro de camarão branco na MGE, embora, na análise prévia dos autores, a maior parte da estrutura deste mercado fosse adequada para o desenvolvimento do contrato. A partir de análises de risco de base e eficiência do *hedge*, os autores apresentam duas hipóteses conflitantes para a baixa liquidez deste contrato. Tais hipóteses levantadas referiam-se a um possível desenho equivocado do contrato, e aos altos custos para operá-lo, sendo mais vantajoso às indústrias, a negociação de sua produção assumindo os riscos de preços no mercado à vista, a operar no mercado futuro.

Objetivando identificar os fatores que desencadearam no sucesso do primeiro contrato agrícola da China, Williams et al. (1998) analisaram o caso do contrato de feijão mungo-verde na bolsa de Zhengzhou. As razões deste contrato ser bem sucedido partiu de uma ação bem estruturada de tal bolsa em promover e explicar o funcionamento do mesmo a agentes atuantes na cadeia, até então pouco conhecedores de tais mecanismos. O esforço foi concentrado especialmente aos formadores de estoques, e procurou-se ofertar uma estrutura adequada de informação do mercado a todos os participantes, além de desenvolver um sistema de informação que disseminasse os preços em diferentes praças.

Em relação a estudos que analisaram o sucesso e fracasso de contratos futuros agrícolas no Brasil, poucas são as referências. Entre os mais recentes, pode-se citar o de Santos (2001) que estudou o potencial para um contrato futuro de suínos no Brasil, o de Siqueira (2007), analisando as dinâmicas de mercado para o estabelecimento de um contrato futuro de leite no Brasil, o de Soares et al. (2007), cujo objetivo principal se deu em analisar os pré-requisitos para a criação de um contrato futuro para madeira de reflorestamento no país, e o de Schwantes (2010), que analisou a viabilidade de implantação de um contrato futuro de trigo no Brasil. Tais trabalhos preocuparam-se em analisar setores ainda sem contratos futuros, e concentraram suas análises nos pontos da Teoria do Sucesso e Fracasso de um Contrato Futuro.

Focando a discussão em estudos para o mercado orizícola no Brasil, poucos são os trabalhos que buscaram compilar alguns dados necessários para análise das pré-condições existentes neste setor. Costa et al. (2010) avaliaram tais pré-condições, onde puderam identificar que fatores como a homogeneidade, volatilidade de preços, e o tamanho e concentração de mercado não são fatores impeditivos ao sucesso de um novo contrato. Contudo, analisando dados recentes, os autores identificaram que a intervenção governamental ainda é intensa, podendo tornar-se um empecilho ao novo contrato. Os autores ainda estimaram a cointegração entre praças produtoras de arroz irrigado (RS) e arroz de sequeiro (MT, GO e SP) concluindo que em caso de um novo contrato, seu desenho deve considerar o mercado gaúcho como referência.

Analogamente, Capitani, Regazzini e Mattos (2010) encontraram resultados semelhantes, onde, de fato, a intervenção do governo na produção, estoques, escoamento e comercialização poderiam levar a um fracasso deste contrato. Uma contribuição adicional deste trabalho foi analisar a relação entre os preços do arroz brasileiro com os mercados futuros de Chicago, a partir de uma análise simplificada de *cross-hedge*. Os resultados encontrados mostram baixa correlação entre os preços domésticos de arroz com os preços futuros nesta bolsa, sugerindo que a possibilidade de que um contrato futuro de arroz no Brasil possa vir a sofrer concorrência com o contrato da CME é pequena.

Outro trabalho é o de Barros et al. (2007), que analisou alguns dos pontos presentes na literatura, e concentrou esforços na análise das variações de preços do arroz em casca em diferentes praças produtoras, e no cálculo da base entre um indicador de preços referenciado no RS com outras praças produtoras no Brasil, de forma a sustentar a ideia de que o desenho de um contrato deveria basear-se no mercado gaúcho como região de referência. Os resultados apontam para um alto coeficiente de variação dos preços de arroz, o que reforça o gradual aumento de interesse do setor por novos mecanismos de comercialização, além de apontar que o indicador de preços relativos ao mercado gaúcho é uma boa referência de preços para o mercado brasileiro. Além disso, o trabalho demonstra uma fraca correlação entre os preços domésticos do Brasil com o de outros países, sugerindo que os produtores brasileiros não poderiam recorrer a contratos de arroz em bolsas no exterior, caso demandassem *hedgear* a produção para travarem seus preços.

Na sequência, o presente trabalho apresenta e discute tais teorias mencionadas na literatura referenciada, e aplica-as à realidade do setor orizícola no país, de forma a fornecer um arcabouço introdutório relativo à viabilidade de criação de um contrato futuro desta *commodity* no Brasil.

2.3 Metodologia

O presente capítulo objetiva realizar uma análise descritiva dos conceitos teóricos referentes à teoria do sucesso e fracasso de novos contratos futuros apresentados anteriormente. Assim, baseia-se em uma revisão de literatura crítica acerca do tema em questão. Neste sentido, parte-se das análises e interpretações de informações contidas em teses, artigos científicos e relatórios oficiais, interpretando-os de acordo com a teoria de sucesso e fracasso de um contrato futuro.

A pesquisa descritiva permite realizar levantamentos relativos às características de uma população, eventos, economia global ou mesmo um mercado específico, possibilitando estabelecer relações de dependência entre as variáveis, sendo possível, assim, generalizar os resultados encontrados (GIL, 2008).

As etapas desta análise são divididas da seguinte maneira: i) descrição das características e homogeneidade da *commodity*; ii) desenho de um possível contrato de arroz; iii) discussão sobre a dimensão do mercado físico; iv) explanação sobre a estruturação da cadeia orizícola; v) mensuração do grau de competição no setor; vi) análise do nível de intervenção governamental nesta atividade.

Para isso, são explorados cada um dos pontos ressaltados na teoria em questão, buscando-se discuti-los e retratá-los à realidade da cadeia orizícola brasileira, bem como os comparando com as realidades observadas em outros setores agrícolas domésticos, cujas *commodities* centrais possuam contrato futuro negociado em bolsa. Adicionalmente, busca-se inserir na discussão dos resultados algumas constatações encontradas a partir da revisão de literatura de trabalhos, que de alguma forma, contribuíram com informações relevantes para os pré-requisitos analisados.

Uma ressalva se dá em relação à não discussão sobre a variância dos preços físicos das *commodities* como alternativa para mensuração do risco de preços tanto para o arroz, como aos demais produtos. Entende-se que pela importância deste tema, é plausível uma discussão separadamente, em um único capítulo, sugerindo mensurar a volatilidade dos preços físicos para o arroz e demais *commodities* analisadas, bem como estimar a magnitude destes riscos a partir de medidas de risco alternativas e que se utilizam de arcabouço teórico atual e mais robusto que os usuais em trabalhos sobre viabilidade de novos contratos.

2.3.1 Fonte dos dados

Os dados utilizados advêm de órgãos oficiais do governo e instituições de pesquisas. Para a análise de dimensão de mercado, os dados do censo agropecuário do IBGE foram utilizados, bem como indicadores de produção, entre 2005 a 2010. Para a análise de concentração de mercado, utilizou-se da fonte de dados anuais relativas à indústria arrozeira do Sul do país foram levantados junto ao Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), entre 2003 a 2010. Os dados relativos à participação do governo no auxílio, subsídios e subvenção à orizicultura e outras culturas em geral foram obtidas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e à Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), entre 1985 a 2011, e também ao Banco Central do Brasil (BCB), através do anuário estatístico do crédito rural e do programa de subvenção ao prêmio do seguro rural, respectivamente, entre 2008 a 2010.

2.4 Discussão dos resultados

2.4.1 Análise dos principais pré-requisitos

2.4.1.1 Características da *commodity*

Os mercados futuros auxiliam produtores, indústrias e *traders* como uma ferramenta de alocação temporal de seus estoques, dessa forma, o *hedge* pode traduzir-se em uma estratégia contra o risco de preço associado à manutenção de estoques. É desejável, portanto, que a *commodity* não seja perecível e possa ser estocada por ao menos alguns meses. A maioria dos contratos futuros de sucesso opera *commodities* com essas características.

Entretanto, é válido destacar que os contratos futuros cumpram, também, uma função de sinalização de preço para o mercado. Tratando-se de mercadorias que não podem ser estocadas no presente momento (neste sentido, para aqueles produtores ou indústrias que não possuam capacidade de estocagem suficiente), os preços futuros fornecerão uma estimativa de preço para uma data posterior, e essa estimativa será baseada na melhor informação disponível, tendo, portanto, sua utilidade e importância. Segundo Black (1986), esta evidência leva a crer que tais características, apesar de desejáveis, não são estritamente fundamentais para o sucesso do contrato futuro. E, de fato, pode-se observar, mesmo no Brasil, alguns contratos com alta liquidez cujas *commodities* referidas não apresentam essas características,

como o caso do boi gordo¹. De qualquer modo, estas são questões que não afetam o arroz, um produto não-perecível e que pode ser estocado por mais de uma safra.

A homogeneidade e a capacidade de mensuração são condições práticas de grande importância para a implantação de um contrato futuro de qualquer mercadoria. Para que o contrato seja negociado na bolsa, a *commodity* deve ser padronizada, e para isso é preciso que ela seja homogênea. Caso contrário, os agentes seriam obrigados a verificar todos os itens identificados no contrato a cada negócio, elevando os custos de transação envolvidos. Portanto é preciso haver uma especificação padrão para a negociação de uma *commodity*.

No caso do arroz, a classificação do produto é estabelecida diretamente pelo Governo Federal (Portaria N° 269 de 1988), a qual serve como balizadora de qualidade do produto nas comercialização entre diferentes elos da cadeia. No Brasil, a produção predominante é do arroz em casca longo-fino², tipo 1. Na suposta implantação de um contrato futuro da *commodity*, pode-se, por exemplo, aplicar a mesma referência utilizada pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - CEPEA/ESALQ/USP, para o cálculo do indicador de preços físicos. Essa referência é o arroz em casca, tipo 1,58 grãos inteiros e 10 quebrados.

2.4.1.1.1 Desenho do contrato

Um ponto importante para garantia de liquidez de um contrato futuro é o seu desenho. O desenho do contrato deve considerar as características intrínsecas ao mercado relevante em questão, de forma a atrair o maior número possível de potenciais *hedgers*. Assim, é importante à bolsa de futuros definir o público alvo daquele contrato e desenhá-lo de acordo com suas necessidades. Entre os pontos mais importantes a se considerar estão a definição do seu local de referência, seu tamanho e os meses de vencimento.

Esta é uma questão complexa e que requer um estudo minucioso e aprofundado para o entendimento do mercado associados aos objetivos da bolsa. Um exemplo é o já mencionado caso de sucesso do contrato do feijão mungo (*mungbeans*) na bolsa chinesa de Zhegzhou, em virtude do extenso estudo prévio de mercado realizado pela bolsa bem como dos treinamentos ao público alvo e ampla divulgação por toda a cadeia produtora desta leguminosa, tal como

¹ Apesar deste produto não ser estocável como as culturas graneleiras, o produtor pode segurar parte de seu rebanho por algum tempo, na espera de um momento mais propício à sua venda.

² Produto este oriundo das lavouras irrigadas/alagadas, cuja predominância se dá no Sul do país.

relataram Williams et al. (1998)³. Apenas como uma contribuição introdutória à essa definição é válida uma breve discussão, no presente artigo, sobre alguns destes pontos.

Em relação à definição do local de referência a um possível contrato de arroz no Brasil, deve-se considerar a principal região produtora e beneficiadora do cereal, bem como a região de formação de preços. Pelo fato de aproximadamente 65% da produção total nacional estar localizada no Rio Grande do Sul e outros 10% no estado vizinho de Santa Catarina, predominantemente no sistema irrigado, um novo contrato poderia assumir tal região como referência de preços, e desta forma, tal como referenciado na metodologia do indicador de preços do CEPEA/ESALQ, este contrato poderia assumir as mesmas praças de referência do indicador⁴. Este resultado é justificado com os trabalhos recentes de Costa et al. (2010) e Adami e Miranda (2011), que comprovaram a cointegração e causalidade dos preços de arroz irrigado do sul do país em relação a outras praças produtoras no país, indicando que a região Sul é formadora de preços para as demais localidades.

Costa et al. (2010) analisaram a cointegração e transmissão entre os preços do arroz irrigado (Rio Grande do Sul) e o arroz de sequeiro (Mato Grosso, Goiás e São Paulo) entre 1997 a 2006. Os autores encontraram cointegração entre as séries, e testando a causalidade de Granger, constataram que os preços do arroz irrigado (gaúcho) são causadores dos preços nas demais regiões.

Similarmente, Adami e Miranda (2011) testaram a transmissão de preços e cointegração entre os mercados orizícolas do Rio Grande do Sul e de Mato Grosso (principais produtores no sistema irrigado e de sequeiro, respectivamente), entre 1999 a 2010, bem como um modelo autorregressivo de correção de erros (VEC). Os resultados do teste de cointegração de Engle-Granger apontaram para uma relação de longo prazo destes preços. Além disso, as autoras testaram a correlação cruzada entre os preços e encontraram uma correlação forte entre os preços nos dois mercados, com uma defasagem, sugerindo que os preços no Rio Grande do Sul são importantes para explicar os preços no Mato Grosso, os quais foram corroborados com a estimação do teste de causalidade de Granger, que indicou uma forte influência unidirecional dos preços do Rio Grande do Sul sobre os preços de Mato Grosso. Por fim, os resultados obtidos pela estimação do VEC mostraram que um incremento nos preços gaúchos afetam os preços mato-grossenses com até um período de defasagem, concluindo que o mercado gaúcho é o principal mercado formador de preço de arroz no país.

³ Contudo, embora assumido que todos os esforços prévios à criação deste contrato foram fundamentais para o seu início e sucesso, este contrato fracassou após alguns anos da publicação do estudo de Williams et al. (1998).

⁴ As praças cujos preços são levantados são as mesorregiões produtoras definidas pelo IRGA como Campanha, Depressão Periférica, Fronteira Oeste, Litoral Sul, Planície Costeira Interna e Planície Costeira Externa.

Em relação à influência e relação dos preços de arroz no Rio Grande do Sul, Capitani e Miranda (2012) analisaram a causalidade de preços e integração dos mercados de arroz no Brasil (pautado pelo Rio Grande do Sul), Uruguai, Argentina, Tailândia (principal exportador mundial) e os preços futuros de Chicago entre 1997 a 2011. Com resultados ainda preliminares, os autores encontraram a existência de relação de longo prazo entre os preços dos cinco mercados, com o Brasil influenciando os preços dos países do Mercosul, uma vez que a região produtora destes dois países é fronteira às regiões produtoras do Rio Grande do Sul, e muitas vezes abastecem a indústria gaúcha, em períodos de excesso de demanda no mercado doméstico. Além disso, os autores constataram que há pouca influência dos preços internacionais sobre o mercado brasileiro, mas causalidade dos mesmos sobre o preço dos demais países do Mercosul, os quais tradicionais exportadores de arroz. Os resultados sugerem que o Rio Grande do Sul é o principal formador de preços na região do Cone Sul, o que reforça a ideia de que o desenho do contrato deve considerar esta região como referência, o que poderia atrair *players* destes mercados para *hedge* no mercado futuro.

Tais constatações sobre a influência do mercado gaúcho nos preços dos demais mercados produtores do país e do Mercosul, aliadas ao fato de que a grande concentração da produção e do beneficiamento também está localizada no Sul do país, podem ser utilizadas como justificativas para adoção de tal região como referência para a criação de um contrato.

No que se refere à formação do preço para definição do público alvo, o estudo de Miranda et al. (2009) mostra que esta ainda é incerta. Por um lado, a produção tem um importante papel nos preços de arroz no país, uma vez que estes oscilam de acordo com a oferta do cereal. De outro, o varejo é quem determina a demanda, sendo também, um elo importante para a formação dos preços. A indústria, por sua vez, tem desempenhado um papel menos preponderante na formação dos preços do arroz, tal como afirmam Miranda et al. (2009) e Costa et al. (2010), primeiramente em virtude do investimento do setor produtivo e cooperativas na capacidade de estocagens próprias, a partir de 2005, o que gerou menos pressão sobre os produtores em momentos de preços de mercado desfavoráveis. Segundo, pelo constante papel intervencionista do governo no setor (como detalhado mais adiante neste artigo), que tem contribuído para a formação do preço do cereal. Entretanto, constata-se que a indústria tem um papel estratégico nas negociações com o atacado e cooperativas, as quais, por sua vez, representam parte do elo produtor. Ou seja, sem intervenções governamentais, a indústria apresenta um papel relevante na formação dos preços.

Porém, assumindo a lógica de intervenção no setor, se por um lado o governo afeta a produção e estocagem nos momentos de baixos preços, resguardando o produtor e

estimulando a formação de estoques públicos e privados, por outro, a intervenção também ocorre em momentos de alto preços, com leilões públicos, de forma a aumentar a oferta no mercado e pressionar uma queda nos preços do atacado e varejo ao consumidor final. Isto implica que, em suma, ainda há incertezas em relação à formação dos preços ao longo da cadeia de produção dada às influências das políticas agrícolas, o que demandaria maiores estudos na definição do desenho de um possível contrato para o arroz e a dimensão do mercado a atingir.

O que pode ser verificado, conforme os trabalhos de Miranda et al. (2009) e Costa et al. (2010), além de informações obtidas com agentes de mercado, é que o elo da produção espera a ação do governo através de suas políticas agrícolas, o que por sua vez implica, em um primeiro momento, em maiores influências dos produtores agrícolas na formação dos preços da cadeia. Neste sentido, embora com conclusões pouco assertivas e ainda preliminares, observa-se que a produção é um importante elo para a formação de preços do arroz no Brasil. Ainda, observa-se que o varejo e a indústria também possuem uma parcela de influência na formação do preço, dependendo das ações de intervenção do governo no setor. Assim, estas observações devem ser levadas em conta em caso de um estabelecimento de um contrato futuro de arroz no país.

Quanto ao tamanho do contrato a se estabelecer, uma possibilidade é a adoção do padrão mais utilizado no transbordo do arroz das propriedades produtoras às indústrias e da indústria ao atacado e varejo⁵. Em informações obtidas através de entrevista junto ao Cepea (*informação verbal*)⁶, o padrão mais comum utilizado no mercado gaúcho no transporte do arroz das propriedades rurais às principais indústrias beneficiadoras e destas até as regiões consumidoras é o de transporte rodoviário, utilizando-se carreta com capacidade para 1.300 fardos de 30kg, o que equivale a 39.000 kg, ou 780 sacas de 50kg de arroz em casca⁷. Acredita-se, desta forma, que o tamanho do contrato a ser estabelecido em seu desenho deve balizar-se nas práticas usuais dos agentes do principal mercado produtor e beneficiador do país⁸.

⁵ Outra opção seria a utilização do padrão vigente nos contratos futuros de soja e milho da BM&FBOVESPA, com o tamanho do contrato estipulado em 27 toneladas métricas.

⁶ Entrevista concedida por BRAGHETTA, M.A.N.S.; MIRANDA, S.H.G. [dez. 2012]. Equipe do indicador de arroz, do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, CEPEA/ESALQ/USP.

⁷ Enfatiza-se que no transporte das propriedades rurais até às indústrias há uma maior diversidade nos padrões de carregamento, podendo o transbordo ser realizado em diferentes padrões de carretas. Ainda, no transporte das indústrias ao mercado consumidor, podem-se encontrar, também, transportes a partir de carretas com capacidade para 1.100 e 1.700 fardos de 30kg.

⁸ Outra alternativa é a adoção de medidas similares às estabelecidas nos contratos de soja e milho com liquidação financeira na BM&FBOVESPA, os quais adotam 27 toneladas métricas do grão a granel, correspondente ao volume de carga de uma carreta.

Ainda, no que tange à especificação do contrato quanto a seus meses de vencimento, deve-se atentar, assim como para outras *commodities* agrícolas, aos períodos de safra e entressafra nas principais regiões produtoras. No caso do Brasil, com a maior parte da produção concentrada no Sul do país em sistema irrigado, a colheita da safra é realizada entre fevereiro a maio, com maior concentração entre os meses de março e abril. Por outro lado, o período da entressafra se dá entre agosto a dezembro. Neste caso, um contrato para o arroz deve considerar em seu primeiro vencimento o mês posterior ao início da colheita precoce, que ocorre a partir de fevereiro, além de analisar a demanda da indústria e varejo no período da entressafra, bem como os fluxos de importação e exportação do cereal. Neste caso, o primeiro vencimento deve-se dar no mês de março, de forma a não comprometer o *hedge* em caso de atraso na colheita e limitar o número de produtores que o utilizariam. Consequentemente, acredita-se que vencimentos posteriores a cada dois meses sejam mais eficientes, de forma a evitar uma maior dispersão na liquidez e, também, oferecer mais opções ao longo da colheita.

Assim, dada as considerações introdutórias referentes ao desenho de um contrato, enfatiza-se a necessidade de um estudo detalhado por parte da bolsa de futuros que analise as características inerentes à cadeia orizícola, seja a partir de seu ciclo de produção até a estruturação do setor, de forma que o desenho do contrato possa atingir seu público alvo e respeite as práticas de comercialização praticadas no setor, minimizando, assim, riscos de baixa liquidez dada a um baixo grau de atratividade aos agentes da cadeia.

2.4.1.2 Dimensão de mercado

De acordo com Black (1986), o sucesso do contrato futuro de determinada *commodity* depende diretamente do tamanho do mercado físico da referida mercadoria devido a três principais fatores. Em primeiro lugar, uma grande oferta do produto resulta em dificuldade de estabelecer-se um mercado dominante. Conforme será discutido posteriormente, um contrato futuro tende a fracassar na ausência de um mercado competitivo. Também, é preciso considerar que grandes mercados despertam os interesses de muitos participantes, atraindo, dessa forma, um maior grupo potencial de *hedgers*. A presença destes é fundamental para prover liquidez ao contrato na bolsa. Por último, um amplo mercado físico resulta em forças de oferta e demanda encontrando-se continuamente, de modo que os mercados futuros facilitem a entrega da referida *commodity*, e que a arbitragem entre os mercados possa ocorrer de forma contínua.

A literatura não define um tamanho mínimo de mercado físico capaz de garantir o sucesso de um contrato futuro no Brasil. Entretanto, de acordo com Colling (1996, apud SOUZA, 1998) mercados físicos com receitas anuais inferiores à US\$ 2 bilhões raramente resultavam em contratos futuros bem sucedidos na *Chicago Board of Trade* - CBOT, a principal bolsa de futuros dos Estados Unidos, e que nos últimos anos fundiu-se com a *Chicago Mercantile Exchange* - CME, utilizando o nome desta última, desde então.

Para efeitos de comparação, apresenta-se na Figura 1, o valor total da produção de arroz e das *commodities* que possuem contratos futuros vigentes na BM&FBOVESPA, nos últimos anos.

Figura 1 – Valor total bruto da produção - culturas selecionadas (em mi US\$), entre 2005/06 a 2009/10

Fonte: Elaborados a partir de dados do IBGE (2011)

Nota-se que o tamanho do mercado de arroz é próximo ao do café – *commodity* que possui contrato futuro consolidado e com liquidez. Contudo, conforme ressaltado anteriormente, não há na literatura referências que ditam sobre o tamanho mínimo do mercado potencial para consolidação de um contrato futuro em bolsa. O valor da produção de arroz apresentou uma média de US\$2,9 bilhões no período analisado, sendo na última safra em análise em torno de US\$4 bilhões, valor próximo ao do café no mesmo período (IBGE, 2011).

Embora os valores das produções de café e arroz sejam próximos, ainda assim, deve-se ressaltar que a cafeicultura destina parte de sua produção às exportações, o que pode explicar a aproximação entre os valores totais recebidos nas duas atividades, uma vez que a taxa de câmbio valorizou-se ao final da década de 2000. Ainda, pela sua dinâmica exportadora, o café tende a atrair um maior número de *hedgers* interessados em travar preços (e câmbio) no mercado futuro. Vale ressaltar, também, que outras *commodities* com valor de produção superiores ao arroz, como soja e cana-de-açúcar (açúcar e etanol), possuem contratos futuros de baixa liquidez na BM&FBOVESPA, reforçando a ideia que, embora o tamanho do mercado físico seja importante para atrair um número maior de *hedgers* no mercado futuro, não garante necessariamente a liquidez do contrato⁹.

Em contrapartida, outro ponto a considerar são as produções de arroz das áreas estrangeiras fronteiriças ao Rio Grande do Sul, no Uruguai e Argentina. Conjuntamente, considerando as médias dos últimos 10 anos, incrementa-se aproximadamente de 15 a 20% ao volume total da produção brasileira, se acrescidos os volumes de produção destes dois países (COMTRADE, 2012). Como a maior parte da produção destes países é destinada à exportação, entende-se que um novo contrato de arroz pode vir a estimular o *hedge* por agentes atuantes na produção, beneficiamento e comercialização de arroz de tais regiões, e assim, potencializar o tamanho do mercado demandante por tal contrato¹⁰.

2.4.1.2.1 A estrutura da cadeia orizícola

De forma geral, a estrutura da cadeia agroindustrial do arroz é composta de alguns segmentos, desde os fornecedores de insumos, passando por produtores, indústrias e varejo. Resumidamente, Giordano e Spers (1998) estruturaram a cadeia produtiva com as indústrias de insumos e sementes como seu primeiro elo, fornecendo-os aos produtores ou às cooperativas de produção, os quais, por sua vez, são os responsáveis pela venda do arroz ainda verde ou seco às indústrias de processados e às indústrias de beneficiamento/empacotamento. A indústria de processados vende diretamente às grandes redes de supermercado, enquanto as beneficiadoras comercializam com as próprias indústrias de processados, diretamente com grandes grupos detentores de cozinhas industriais, ou com

⁹ Salienta-se, também, que o processo de formação de preços de cada uma das culturas (muitas vezes, distintos entre si) é um importante fator para o entendimento de quais agentes demandantes potenciais por *hedge* em bolsa.

¹⁰ Embora se ressalte que atuar como *hedger* em uma bolsa estrangeira nem sempre é tão simples como operar no seu mercado de origem, mesmo tratando-se de um país vizinho.

empresas de cesta básica. Por sua vez, o último elo é composto pelos supermercados, pequenas redes varejistas, cozinhas industriais e empresas de cesta básica, que repassam o arroz ou seu subprodutos ao consumidor final.

Miranda et al. (2009) aprofundaram o detalhamento da estrutura de produção do arroz, de forma a compreender e ilustrar as práticas de comercialização entre as partes, verificar a presença de outros agentes na comercialização, e demonstrar em qual elo se dá a formação do preço do arroz. Os autores restringiram a análise da cadeia agroindustrial do arroz no Estado do Rio Grande do Sul, e enfatizaram, além das estruturas apresentadas por Giordano e Spers (1998), a presença de secadoras antes da etapa de beneficiamento, e de corretores e armazéns públicos atuando na comercialização do arroz.

Segundo Miranda et al. (2009), o segmento produtor gaúcho é definido por produtores próprios ou arrendatários, muitos destes ligados às cooperativas, às quais concedem crédito ao custeio da produção. Dentre os grupos de produtores estão aqueles mais tecnificados, de posse de infraestrutura própria de armazenagem e secagem e os que terceirizam estes serviços. Ao comercializar a produção, os produtores os fazem diretamente com as indústrias beneficiadoras e de processados, ou através de corretores, os quais intermediam, principalmente, vendas para indústrias de outros Estados. Porém, a maior parte das transações entre produtores e indústrias são realizadas sem o estabelecimento de contratos, onde a garantia é o relacionamento de longo prazo entre as partes envolvidas, além do fato de muitas indústrias estocarem e secarem o arroz, sendo custoso ao produtor romper tal acordo pré-estabelecido.

Assim, como grande parte dos produtores tem necessidade de entregar o produto para armazenagem nas indústrias beneficiadoras, criam-se relações contratuais não formais, sendo esta, também, uma etapa relevante para a formação do preço nesta cadeia agroindustrial. Por outro lado, o varejo também tem influência sobre a determinação do preço de venda das beneficiadoras de arroz, principalmente a partir das empacotadoras e grandes atacados na região Sudeste do país. Portanto, de acordo Miranda et al. (2009), diversas variáveis afetam a determinação de preços no mercado de arroz gaúcho, estando diretamente relacionadas à oferta dos produtores gaúchos e à demanda das indústrias beneficiadoras do Estado, à demanda das indústrias empacotadoras e atacados na região Sudeste e, também, à oferta de arroz dos países do Mercosul, no mercado doméstico. Desta forma, os autores concluem que não é possível determinar um elo específico formador de preços nesta cadeia¹¹, embora

¹¹ Tornando-se difícil a definição do público alvo de interesse a um contrato futuro de arroz, uma vez que todos os elos mencionados podem conter agentes interessados em novas ferramentas para gerenciamento de riscos.

ressaltem que, de forma geral, o elo da produção afeta em maior magnitude os preços de mercado, sobretudo a partir das subvenções das políticas agrícolas à produção.

Além da importância do conhecimento da formação dos preços de arroz para estabelecer um público alvo no desenho de um hipotético contrato futuro desta *commodity*, outra informação relevante para dimensionar o mercado é conhecer a agregação de valor sobre este produto. Segundo Giordano e Spers (1998) a cadeia orizícola é caracterizada por apresentar um baixo valor do produto final, o que requer maior eficiência em todas as operações realizadas, já que há poucas possibilidades de diferenciação e agregação de valor ao produto. Isso se dá, principalmente pelo fato do arroz, diferente de outras *commodities*, ter como maior finalidade o consumo humano do cereal descascado, como por exemplo, o arroz branco ou polido, parboilizado ou castanho, ou integral. Poucas são as exceções do uso deste cereal na fabricação de outros alimentos, sobretudo no Brasil, onde se pode encontrar vendas limitadas de massas, biscoitos e iogurtes à base de arroz, ou sua utilização em indústria cervejeira como complementação ao malte (embora no Brasil, seja mais usual a utilização do milho concomitante ao malte da cevada), e ainda, em utilizações restritas na produção de etanol.

Desta forma, a quase totalidade das indústrias beneficiadoras de arroz existentes no país têm o papel restrito de beneficiamento¹², embalo e distribuição do cereal na sua forma de consumo final. Uma, dentre as prováveis consequências desta pouca diferenciação no produto final, seria a limitação do número de indústrias interessadas em realizar o *hedge* de compra do arroz no mercado futuro, e assim, levando a uma menor demanda por *hedge* se comparado a outros contratos. Neste sentido, o arroz é um produto muito pouco utilizado em outros segmentos industriais no país. Esta utilização é limitada e em volume irrisório se comparado à sua destinação à alimentação humana em forma de grão, onde pode-se citar a produção de alimentos processados, como composto na ração animal, e como alternativa à produção de etanol. Isto implica que, no segmento industrial, apenas as beneficiadoras possuem maiores incentivos à demandar este contrato.

Por outro lado, salienta-se que outras *commodities* agrícolas no Brasil também apresentam baixa diferenciação no seu produto final a ser consumido, mas possuem contrato futuro. São os casos do café e etanol. O café passa por um processo de beneficiamento e torrefação, e a maior parte de sua produção destina-se ao café em pó ou solúvel, sendo as

¹² Descascamento, polimento e/ou parboilização.

indústrias torrefadoras e embaladoras praticamente as únicas atuantes neste mercado¹³. No caso do etanol, as usinas são as responsáveis por sua produção, e de forma geral, em apenas dois padrões, sendo o etanol anidro ou hidratado.

Outro ponto a ressaltar como ainda limitante à utilização do contrato futuro de arroz seria sua baixa utilização para o *hedge* de exportação. O país ainda apresenta um baixo volume de exportação, embora, segundo dados do Comtrade (2012), os anos de 2011 e 2012 tenham representado patamares históricos de exportação desta *commodity* pelo Brasil. Além disso, *traders* argentinos e uruguaios poderiam utilizar deste contrato para o *hedge*, uma vez que a maior parte da produção destes países seja destinada ao mercado externo.

2.4.1.3 Grau de competição

O grau de competição do mercado é outro fator fundamental para o sucesso ou fracasso de um contrato futuro. Segundo Black (1986) a existência de oligopólios abre a possibilidade de controle completo da oferta através de cartéis, o que pode prejudicar o funcionamento dos mercados futuros. Leuthold (1994) afirma que altas taxas de concentração tornam mais prováveis distorções de mercado. Desse modo, quanto mais competitiva a cadeia, maior a chance de sucesso do contrato futuro.

De acordo com o censo agropecuário do IBGE (2007), o Brasil possuía, em 2006, cerca de 400 mil unidades de produção de arroz. Destas, aproximadamente 63% são pequenas, e representam pouco mais de 15% da produção nacional. Por outro lado, menos de 10% dos estabelecimentos produtores são grandes (acima de 100 hectares) e representam cerca de 64% da produção. Entretanto, apesar destes números indicarem uma alta concentração da produção em um percentual reduzido de produtores, comparando-se com outros setores agrícolas nacionais, especialmente os de grãos, a produção de arroz apresenta menor ou igual concentração.

Por exemplo, dados do mesmo censo indicam que os 16% de estabelecimentos produtores de soja com áreas acima de 100 hectares são responsáveis por 82,5% da produção nacional, enquanto 44% de pequenos produtores respondem por apenas 5% deste montante. Do total da produção de milho 50% é gerada nos 5% de estabelecimentos acima de 100 hectares. Para cana-de-açúcar, apenas 0,35% das unidades produtoras possuem mais de 2.500

¹³ Porém, o café destinado ao consumidor final tem diferentes padrões de qualidade e aromatização, e atrelado ao grande mercado externo do café brasileiro, há nichos para se explorar esta diferenciação, diferentemente do arroz brasileiro.

hectares cultivados, porém respondem por 55,6% da produção nacional, enquanto 89,6% das unidades produtoras são menores a 100 hectares, mas representam menos de 10% da produção do país. Já a produção do café é melhor distribuída entre os estratos em relação às demais, com 0,76% das propriedades maiores a 100 hectares, e participando com 25,8% da produção brasileira, enquanto os demais produtores encontram-se em fazendas menores a 100 hectares, mas contribuem com 74,2% da produção nacional¹⁴.

No que diz respeito aos compradores, o IRGA (2004) apurou a existência de 3.557 indústrias beneficiadoras de arroz. Porém, o próprio órgão ressalta que muitas dessas indústrias podem estar inativas, corroborando em um número mais discreto de indústrias permanentes na atividade, podendo incorrer em maior fatia de mercado das grandes indústrias. Segundo Stefano (2009), os dados disponibilizados pelo IRGA mostravam um decréscimo gradual no número de engenhos ativos no Rio Grande do Sul, decaindo de 421 em 1997, para 243 em 2006¹⁵. Para a autora, tal queda deveu-se à pouca coordenação nos elos desta cadeia e às ações pouco coordenadas entre os órgãos públicos, federações e associações de indústrias e produtores de arroz. Contudo, de acordo com dados do próprio IRGA (2011), nota-se que o índice de concentração nesta indústria tem crescido gradualmente ao longo da última década, e pode ser considerado, além das razões apresentadas por Stefano (2009), como um dos fatores que levaram à verticalização do setor e queda no número total de engenhos beneficiadores de arroz.

A taxa de concentração (ou razão de concentração) e o índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), calculados a partir das parcelas de mercados das empresas líderes, são usualmente utilizados para avaliar o grau de concentração de um setor produtivo. Primeiramente, a taxa de concentração baseia seu cálculo na participação de mercado das maiores empresas do setor em relação à sua produção total, conforme modelo desenvolvido por Shepherd (1997) apresentado na equação 1. Já o HHI é definido pela soma dos quadrados da participação de mercado das maiores empresas do setor produtivo (em geral, as 50 maiores empresas), diferenciando-se da taxa de concentração, uma vez que dá maior peso às grandes empresas. Este índice pode ser apresentado percentualmente ou em uma escala de 0 a 10.000¹⁶. A equação 2 expressa a definição do HHI.

¹⁴ O censo agropecuário do IBGE não estratifica o número de bovinos destinados à pecuária de corte.

¹⁵ Analogamente, de acordo com o IRGA (2011), o número manteve-se estável entre 2007 a 2010, chegando a 262 engenhos ativos em 2009 e decaindo para 242 em 2010. Atualmente, alguns poucos grupos de indústrias beneficiadoras, os maiores do mercado, possuem mais que um moinho. Por exemplo, em 2009, segundo IRGA (2011), 198 grupos atuavam no setor, com 262 moinhos.

¹⁶ Se uma empresa tiver o monopólio deste mercado, de acordo com esta formulação, o valor percentual será elevado ao quadrado, e assim, $(100\%)^2 = 10.000$.

$$CR = C_N = \sum_{i=1}^k \left[\frac{Q_i}{\sum_{i=1}^M Q_i} \right] \quad (1)$$

$$HHI = C_N = \sum_{i=1}^M \left[\frac{Q_i}{\sum_{i=1}^M Q_i} \right]^2 \quad (2)$$

em que CR é a taxa de concentração de mercado; HHI o índice de Herfindahl-Hirschman; K representa o número de firmas ou produtores atuantes; e Q_i é a parcela de produção da firma ou produtor i .

Para o cálculo desse indicador, utilizou-se de dados do IRGA (2011), referentes às vendas das indústrias ao longo ano de 2010 e apenas ao Estado do Rio Grande do Sul. Vale ressaltar, entretanto, que este Estado responde por quase dois terços da produção nacional da *commodity*, e por isso, é possível aproximar as estimativas do grau de concentração na indústria nacional, a partir destas informações.

Os resultados apontam para uma taxa de concentração moderada¹⁷. A CR_1 , que representa a participação de mercado da maior beneficiadora, é de 12,9%. O CR_2 , que representa a participação das duas maiores somadas, é de 22,4%. O CR_4 é de 32,6% e o CR_8 43,5%. Já os resultados estimados a partir do cálculo do HHI apontam para uma baixa concentração de mercado. O HHI_1 , HH_2 , HH_4 e HH_8 são, respectivamente, da ordem de 2,15%, 3,23%, 3,77% e 3,94%¹⁸. Tais números indicam que há um amplo número de indústrias beneficiadoras de arroz com participação ativa neste mercado, número suficiente para evitar distorções no mercado e que indica potenciais demandantes de um contrato futuro.

Em comparação com outros mercados que já possuem contrato futuro, estes apresentam taxas de concentração semelhantes ou mesmo maiores que a orizicultura - como, por exemplo, o caso do boi gordo, açúcar¹⁹ e etanol (com elevada concentração na indústria), e a soja, com elevado percentual de concentração entre os grandes produtores. Ainda, na literatura

¹⁷ Entretanto, deve-se frisar que tal concentração aumentou discretamente na última década. Por exemplo, em 2003, o CR_1 , CR_2 , CR_4 e CR_8 eram, respectivamente, 11,3%, 19,9%, 27,7% e 40,2%.

¹⁸ Ou, na escala de 0 a 10.000, são de, respectivamente, 215,35; 323,88; 377,62; e 393,93.

¹⁹ Dados indicam que os quatro maiores grupos usineiros do Brasil concentravam mais de 75% da cana moída no centro-sul do país, em 2007/08. BACCARIN, J.G.; GEBARA, J.J.; ROSADA, A.A. Avanço recente da concentração econômica sucroalcooleira no centro-sul do Brasil. **Cadernos CERU - USP**, São Paulo, v. 20, n. 2, 2009.

internacional, é possível encontrar trabalhos que ressaltam o sucesso de um novo contrato em setores de concentração maiores que as encontradas para o arroz no Brasil.

2.4.1.4 Intervenção governamental

Apesar de possíveis efeitos sociais positivos, a intervenção governamental nos mercados gera distorções econômicas que podem prejudicar a consolidação de um contrato futuro (BLACK, 1986). Dentre todas as políticas de intervenção do governo, a de preços mínimos é aquela que mais afeta o sucesso de um contrato futuro de determinada *commodity*. Isso ocorre porque o controle de preços garante aos produtores um piso que impede grandes prejuízos sem que estes sejam obrigados a comprometer seus lucros, inibindo a necessidade de *hedge*. Esse fenômeno foi observado por Colling (1996, apud SOUZA, 1998), que identificou impactos nas negociações de contratos da CBOT, nos EUA, quando os preços situavam-se próximos ao piso governamental estabelecido pela política de preços mínimos.

Por ser de fundamental importância na segurança alimentar da população de baixa renda no país, o arroz tem sido historicamente alvo da intervenção do governo, muito embora essa intervenção direta tenha se reduzido a partir da década de 1990, sobretudo após o plano de estabilização monetária, aliado a uma política fiscal contracionista do governo federal, conforme observado nos trabalhos de Bragagnolo (2005) e Adami (2006). A Figura 2 permite observar essa gradativa redução na intervenção do governo no mercado de arroz.

Observa-se que entre 1985 a 1995, o governo subsidiou, em média, 27% da produção de cada ano-safra, a partir de seus programas de apoio à produção e comercialização. Neste período, os apoios foram contemplados pelo Programa de Aquisições do Governo Federal (AGF) e pelo Programa de Empréstimos do Governo Federal (EGF)²⁰. Por outro lado, nos dez anos subsequentes, este percentual foi reduzido a uma média de 7,45%, com uma redução drástica no AGF e EGF, e com o surgimento das opções públicas para comercialização prévia da produção, via gestão do governo federal.

Entretanto, nota-se que embora o percentual da produção beneficiada por algum dos programas do governo tenha se mantido estável entre 2005 a 2011 (7,44%), houve um aumento substancial nos programas de apoio na safra 2010/11, com uma diversificação entre opções e o Prêmio de Escoamento da Produção (PEP). Este último foi concedido de forma

²⁰ Programas estes vinculados à política de garantia de preços mínimos (PGPM), uma vez que o governo intervém no setor adquirindo produção, ou concedendo empréstimos para comercialização e estocagem, no momento em que o preço de mercado situa-se abaixo do preço mínimo estabelecido para aquela safra.

recorde pelo governo na safra em questão, sobretudo pelos baixos preços da *commodity* no mercado externo, refletindo nos preços domésticos, e ocasionando baixos retornos para a atividade. Desta forma, o governo interveio através do pagamento de um prêmio para os agentes escoarem seus estoques das áreas de origens aos mercados consumidores internos.

Figura 2 – Percentual da safra de arroz sob intervenção governamental (em volume), entre 1984/86 a 2010/11

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da CONAB (2011)

Assim, o nível de intervenção do governo no mercado é um ponto crítico no caso concernente a um estudo de viabilidade para implantação de um contrato de arroz. Entre 2003 a 2011, o arroz foi a terceira cultura que mais recebeu montantes financeiros diretos de suporte à produção, estoques e comercialização, após o milho e o trigo, e a quarta cultura em termos de volume garantido pelo governo, após o milho, trigo e soja. Segundo Brasil (2012), neste período cerca de 7,4 bilhões de reais foram destinados para garantias de aproximadamente 2,5 milhões de toneladas do cereal. Apenas na safra 2010/11, estes números representaram aproximadamente 3 bilhões de reais e 1 milhão de toneladas, respectivamente, o que fez desta cultura a mais beneficiada pelos programas governamentais na safra em questão, consumindo cerca de 75% de todo o montante pago pelo governo a todas as culturas.

Embora identificada uma redução média da intervenção governamental nesta cultura na última década, seus patamares ainda são elevados. Observando-se apenas o último ano-safra (2010/11), nota-se que a intervenção governamental ainda pode apresentar períodos de elevação significativa, sobretudo se os fatores de mercado forem desfavoráveis aos produtores e indústrias deste setor, o que indica uma participação governamental ativa neste setor²¹.

Alternativamente, considerando-se que tal participação estatal no setor apresente uma tendência de redução no longo prazo, e aliada à perspectiva de que culturas de segurança alimentar, como o arroz, percam gradualmente suas prioridades nas políticas agrícolas do governo (sobretudo àquelas referentes às políticas de preços mínimos) à medida que cresça a renda da população de baixa renda no país, entende-se que uma exploração adicional sobre outros mecanismos governamentais indiretamente providos à orizicultura e a outros setores agrícolas é válida. Em outras palavras, uma breve revisão e comparação sobre outros mecanismos de auxílio à produção e comercialização utilizados por orizicultores e outros agricultores no país permitirá observar os fluxos demandantes por tais mecanismos e, assim, auxiliando em certas inferências sobre o potencial de demanda dos agentes por mecanismos alternativos de proteção ao risco²².

Alguns dos principais mecanismos governamentais utilizados como subsídios indiretos à atividade rural são o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) e as diversas modalidades do crédito rural. De acordo com Brasil (2011), o PSR tem a finalidade de garantir o produtor rural contra riscos causados por incertezas climáticas, oferecendo auxílio financeiro para redução do custo de contratação do seguro agrícola junto a instituições financeiras habilitada pelo MAPA e contemplada no programa de subvenção. As atividades agrícolas recebem subvenção entre 40% a 70% de sua produção, com um limite máximo de recursos definidos por pessoa física ou jurídica.

Dados dos relatórios do PSR para os anos de 2008, 2009 e 2010, indicam que o arroz é uma das culturas com maior número de apólices concedidas e importâncias asseguradas. Como exemplificação, a tabela 1 apresenta, resumidamente, os resultados do PSR de 2010, último ano com informação disponibilizada pelo governo federal.

²¹ Salienta-se, porém, que apesar do milho ser uma cultura que também recebe aportes governamentais em escala relevante, possui um contrato futuro com liquidez na BM&FBOVESPA.

²² Observa-se que não se pretende associar os mecanismos àqueles diretamente utilizados através de programas governamentais para intervenção na agricultura, como por exemplo, os da política de preços mínimos. O objetivo deste ponto adicional é inserir novos argumentos para a discussão relativa às necessidades de orizicultores e outros agentes agrícolas brasileiros em relação ao uso de mecanismos alternativos de proteção a riscos diversos subsidiados indiretamente pelo governo.

Tabela 1 - Resultados gerais do programa de subvenção ao prêmio do seguro rural para o arroz, 2010

Produto	Nº apólices	Subvenção (mi R\$)	Área Assegurada (mil ha)	Importância Assegurada (mi R\$)
Soja	23.848	73,0	3.022	2.746
Uva	6.365	25,5	25	345
Milho	5.849	28,0	521	529
Arroz	4.436	10,5	401	796
Trigo	4.206	24,4	385	327
Maçã	1.920	12,9	21	456
Cana-de-açúcar	1.248	4,4	134	244
Outros	5.008	19,5	279	1.098
Total	52.880	198,2	4.787	6.541

Fonte: Brasil (2011)

Observa-se que em todos os anos mencionados, o arroz foi a sexta cultura em montante de subvenção recebido e a quarta com maior número de área assegurada. Já com relação à importância assegurada, em 2008 foi a terceira, em 2009 a quarta, e em 2010 a segunda cultura que maior cobertura obteve, após a soja²³.

Tais números demonstram a importância do programa de subvenção ao seguro rural à orizicultura, uma vez que este atua como mecanismo para redução de risco que possam vir a afetar os preços. Outra interpretação é a existência de demanda por mecanismos alternativos para redução dos riscos atrelados às incertezas no setor, sobretudo se comparados a outros setores de grande importância para o agronegócio brasileiro, como as culturas do milho, cana-de-açúcar, trigo e de frutas.

Note que, em 2010, a importância assegurada em relação ao valor total da produção de arroz no país foi de aproximadamente 15,2%, superior a culturas tradicionais como soja, milho, cana-de-açúcar e trigo, com percentuais de aproximadamente 13,1%, 6,2%, 1,8% e 13,1%, respectivamente, e inferior à viticultura, que assegurou em torno de 18,9% do valor total gerado por este setor²⁴ (IBGE, 2011).

Assim, embora o seguro agrícola seja essencial para proteção contra intempéries climáticas em todas as culturas agrícolas, o fato do arroz sobressair-se²⁵ sobre outras culturas de similar ou maior importância econômica, como cana-de-açúcar, milho e trigo, pode ser um indicativo de que existe uma demanda reprimida por parte de produtores e agentes envolvidos

²³ Considerando apenas o Estado do Rio Grande do Sul, segundo maior demandante de seguro rural, o arroz representou aproximadamente 24% do total das subvenções e 42% da área assegurada pelo PSR naquele estado. Também, o RS foi responsável por mais de 90% das apólices asseguradas para o arroz em todo o país.

²⁴ Para maçã, os dados de valor de produção não estão disponíveis.

²⁵ Principalmente se analisada a relação entre valor da produção assegurada sobre o valor da produção total.

em sua cadeia por novos mecanismos de minimização de risco, como por exemplo, um contrato futuro²⁶. Por outro lado, entende-se que o fato de muitos produtores optarem pelo seguro rural subvencionado pelo governo pode indicar mais um ponto de dependência destes para com o governo, e assim, ser um fator inibidor a uma demanda por outros meios de proteção ao risco.

Em relação ao crédito rural, este é um mecanismo cuja finalidade geral é estimular o custeio das atividades agrícolas, pecuárias ou florestais, bem como sua produção, investimentos e comercialização, dentro de seus ciclos produtivos, visando, em forma geral, ao aumento de produtividade e assistência aos produtores e cooperativas. Sendo assim, as finalidades principais do crédito rural são de custeio, investimento e comercialização (BCB, 2010). Existem, atualmente, diferentes programas de financiamento do crédito rural, os quais, como mencionado, direcionados a diferentes finalidades voltadas ao custeio, produção e comercialização. Sua maior vantagem ao agente produtor se dá, principalmente, pela baixa taxa de financiamento subsidiada pelo governo, o que permite ao tomador de crédito financiar-se, gerar capital de giro e quitar suas dívidas, em um cenário de menores taxas de juros, permitindo-lhe maior capacidade de pagamento futuro.

De acordo com o anuário estatístico do crédito rural, referente ao ano de 2011 (BCB, 2012), o arroz representou apenas 4,78% do total financiado na modalidade de crédito agrícola custeio naquele ano, distante dos 31,73% financiados à soja, 19,47% ao milho, 9,06% ao café e 8,82% à cana-de-açúcar, ou seja, um baixo volume em comparação a outras culturas agrícolas. Por outro lado, na modalidade destinada ao crédito agrícola comercialização, a cultura orizícola representou 16,24% do total financiado nesta categoria, com volume recebido inferior apenas à comercialização do milho (21,96%), e superior, por exemplo, a culturas tradicionais, como a triticultura (13,96%), cafeicultura (11,67%), sojicultura (11,46%) e cotonicultura (8,89%).

Nota-se, assim, que a orizicultura é forte demandante do crédito rural destinado à comercialização do cereal, demonstrando, novamente, um grau de dependência aos mecanismos de financiamento governamentais. Adicionalmente, tal informação sugere que um dos gargalos desta cadeia agroindustrial é a comercialização, onde produtores, armazéns e indústrias necessitam de grande volume de crédito oficial para auxiliar em suas tomadas de decisões relativas a estocagem e abastecimento ao mercado consumidor, o que pode indicar um público alvo de *hedgers* potenciais na determinação de um contrato futuro.

²⁶ Enfatiza-se, entretanto, que o seguro agrícola é um mecanismo para proteção contra o risco de produção e não estritamente contra o risco de preço.

De forma geral, se por um lado o governo reduziu seus subsídios diretos através do AGF e EGF, por outro, suas linhas de créditos rurais a baixas taxas de juros têm servido como mecanismo de auxílio à comercialização do arroz, e de certa forma, subsidiando indiretamente esta atividade. Ainda, apesar do crédito rural ser um mecanismo de auxílio à agricultura e pecuária comumente utilizado em diversas culturas, a orizicultura apresenta patamares subvencionados maiores que outras culturas de importância econômica similar (ou maior), principalmente em relação às linhas de créditos referentes à comercialização das safras. Entretanto deve-se ressaltar que não se deve associar o PSR e o crédito rural como políticas de suporte do governo à agricultura, tal como o AGF, EGF entre outros. A explanação sobre tais mecanismos se deve, principalmente, como forma análoga de comparar a busca de alternativas para redução do risco das atividades dos agentes atuantes na orizicultura e em outras culturas agrícolas tradicionais no país.

2.5 Considerações finais

Este capítulo procurou examinar a existência das pré-condições necessárias para a criação de um contrato futuro de arroz no Brasil, dada a representatividade da produção e consumo desta *commodity* no país.

Observa-se que algumas características básicas do mercado orizícola validam a possibilidade de criação de um contrato futuro para o cereal no Brasil. As características referentes à homogeneidade da *commodity*, ao tamanho do mercado físico e ao número de produtores registram pré-condições suficientes para o sucesso de um novo contrato.

Assim, na comparação do mercado de arroz com o de outras *commodities* negociadas em bolsa no Brasil, reforçam-se algumas das conclusões favoráveis à criação de um novo contrato de futuros, como o caso do grau de concentração no setor, o qual é menor em relação ao de algumas *commodities* com contratos futuros na BM&FBOVESPA, como cana-de-açúcar e boi gordo. Embora os resultados apontem uma ligeira e gradual concentração na indústria beneficiadora ao longo da última década, os índices de concentração mensurados mostram que a mesma não é alta o suficiente, a ponto de distorcer o mercado.

Também, a baixa diversificação de produtos derivados do arroz nas indústrias alimentícias, de alimentação animal e para outros fins, como por exemplo, produção de etanol, tende a ser um fator inibidor a um novo contrato em razão de limitar seu público alvo a apenas produtores, indústrias beneficiadoras e agentes comercializadores, uma vez que a

baixa diferenciação de subprodutos finais reduza o número de agentes potenciais para o *hedge*.

Ainda, a intervenção estatal pode ser considerada como um ponto desfavorável à criação de um contrato futuro para o arroz no Brasil. Embora a intervenção direta do governo tenha sido reduzida significativamente entre as décadas de 1990 e 2000, através do montante destinado à garantia de preços, à formação de estoques e, à comercialização e escoamento da produção, nota-se que na safra 2010/11, em razão dos baixos preços internacionais desta *commodity*, o governo federal expandiu significativamente os recursos diretos para subsidiar o escoamento da produção aos principais centros consumidores. Tais constatações indicam que o governo ainda age como um grande interventor no setor, funcionando como um mecanismo de proteção ao risco a produtores e indústrias, e assim, reduzindo o interesse por mecanismos alternativos e inibindo o estabelecimento de relações contratuais entre as partes, o que poderia acarretar em baixa liquidez a um contrato futuro ou de opções. Além disso, suas políticas agrícolas têm contribuído para que não se tenha definido o elo formador de preço na cadeia, o que dificulta a determinação do público alvo no desenho do contrato futuro.

Analogamente, constatou-se que os orizicultores são grandes demandantes do programa de subvenção ao prêmio rural do governo federal, após os sojicultores, o que demonstra, por um lado, a forte preocupação com o risco concernente ao ciclo de produção deste cereal, e por outro, à demanda por mais um mecanismo de subsídio indireto do governo a esta cultura, ilustrando que agentes e governo têm consciência dos riscos desta atividade, e mais uma vez, salientando a dependência dos primeiros aos mecanismos de subvenção estatais. Concomitante, também identificou-se uma alta dependência dos agentes deste setor a outros recursos governamentais, através dos programas de crédito rural, sobretudo aqueles destinados à comercialização do arroz.

Assim, ainda que parte dos requisitos se posicionem favoráveis ao contrato de arroz, a forte relação de dependência dos orizicultores com recursos públicos de incentivo à produção, estoques e comercialização sugere uma condição desfavorável para garantir a liquidez deste hipotético contrato. Neste sentido, somente sob a ótica dos pré-requisitos, entende-se que a intervenção do governo é um fator impeditivo à criação de um contrato futuro de arroz.

Entretanto, assumir tal conclusão apenas a partir das constatações decorrentes da análise dos pré-requisitos, tal como realizada neste artigo, é uma forma de interpretação equivocada, uma vez que não pode ser considerada uma evidência forte para a tomada de um posicionamento favorável ou não a respeito da criação do contrato, dado que deve-se melhorar o entendimento da dinâmica de demanda dos agentes atuantes nesta cadeia por

mecanismos alternativos de proteção ao risco. Além disso, deve-se compreender detalhadamente o funcionamento das operações de comercialização existentes no setor, sobretudo para o desenho de um contrato que atenda às reais necessidades destes agentes.

Adicionalmente, a utilização de modelagens apresentadas em diversos trabalhos relacionados à área de pesquisa e presentes na literatura recente devem ser aprofundadas. Entre estes, modelos alternativos para mensuração de risco devem ser aplicados para a compreensão do grau de risco de preços e sua magnitude aos produtores rurais, de forma a complementar os resultados observados a partir da análise dos pré-requisitos básicos aqui apresentados. Outro ponto importante é analisar a relação entre os preços físicos do arroz no Brasil com os preços futuros de arroz em bolsas estrangeiras ou mesmo com contratos domésticos de outras *commodities*, de forma a analisar as possibilidades de concorrência entre um novo contrato e outros já existentes. Tais problemas serão discutidos nos dois artigos posteriores desta tese.

Por fim, esta pesquisa visa agregar algo de importância a um tema pouco discutido na literatura nacional, e em especial ao setor orizícola, carente de trabalhos aprofundados em economia aplicada, e tampouco voltados à literatura referente a derivativos agrícolas e mercados futuros, e criar um cenário introdutório para discussões mais avançadas a respeito deste tema.

Referências

ADAMI, A.C.O. **Contratos de opção: análise do potencial de sustentação de preços para o mercado de arroz**. 2005. 117 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ADAMI, A.C.O.; MIRANDA, S.H.G. de. Transmissão de preços e cointegração no mercado brasileiro de arroz. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n.1, p. 55-80, 2011.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. **Manual do crédito rural**. Brasília, 2010. 214 p. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br>>. Acesso em: 29 maio 2012.

_____. **Anuário estatístico do crédito rural - 2011**. Brasília, 2012. 49 p. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br>>. Acesso em: 16 maio 2012.

BARROS, G.S.C.de; MIRANDA, S.H.G.de.; BACCHI, M.R.P.; MOTTA, M.A.S.B. Viabilidade do mercado futuro para o arroz em casca no Brasil. **Relatório Interno**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2007. 17 p.

BLACK, D.G. **Success and failure of futures contract: theory and empirical evidences.** 1986. 70 p. Monograph (Graduate) - School of Business Administration, New York University, New York, 1986.

BOLLMAN, K.; GARCIA, P.; THOMPSON, S. What killed the diammonium phosphate futures contract? **Review of Agricultural Economics**, Cary, v. 25, n. 2, p. 483-505, 2003.

BRAGAGNOLO, C. **Análise do armazenamento de arroz no Brasil sob condições de incerteza através de um modelo dinâmico de expectativas racionais.** 2006. 137 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Programa de Subvenção ao Seguro Rural.** 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/seguro-rural>>. Acesso em: 16 maio 2012.

_____. **Instrumentos de apoio à comercialização entre 2003 a 2011.** 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 30 jan. 2012.

BROSEN, B.W.; FOFANA, N.Z.F. Success and failure of agricultural futures contracts. **Journal of Agribusiness**, Athens, GA, v. 19, n. 2, p. 129-145, 2001.

CAPITANI, D.H.D. **Determinantes da demanda por importação de arroz do Mercosul pelo Brasil.** 2009. 151 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CAPITANI, D.H.D.; REGAZZINI, L.C.; MATTOS, F.L. Viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil: uma análise dos pré-requisitos necessários. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Brasília. **Anais...** Campo Grande: SOBER, 2010. 21 p.

CAPITANI, D.H.D.; MIRANDA, S.H.G. Integração econômica e causalidade entre preços de arroz no Mercosul. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 50., 2012, Brasília. **Anais...** Vitória: SOBER, 2012. 21 p.

CARLTON, D.W. Futures markets: their purpose, their history, their growth, their successes and failures. **The Journal of Futures Markets**, Boston, v. 4, n. 3, p. 237-271, 1984.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Indicadores da agropecuária: custos de produção.** Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22, fev. 2011.

COSTA, A.A.; COELHO, A.B.; MIRANDA, S.H.G. de.; LIRIO, V.S. Condições para implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 28, n. 54, p. 449-279, 2010.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDANO, S.R.; SPERS, E.E. Competitividade do sistema agroindustrial do arroz. In: FARINA, E.M.M.Q.; ZYLBERSTAJN, D. (coord.). **Competitividade no agribusiness brasileiro**. São Paulo: PENSA/FEA, 1998. p. 1-101.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 março 2010.

_____. **Indicadores agropecuários**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em jun. 2011.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. **Informações e mercado**. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

_____. **Beneficiamento e saídas de arroz no RS**: ranking de beneficiamento de arroz no RS. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

LEUTHOLD, R.M. Evaluating futures exchanges in liberalising economies. **Development Policy Review**, Boston, v. 12, n. 1, p. 149-163, 1994.

MEULENBERG, T.G.; PENNINGS, J.M.E. A marketing approach to commodity futures exchange: a case study of Dutch hog industry. 2002. **Journal of Agricultural Economics**, Banbury, v. 53, n. 1, p. 51-64, 2002.

MIRANDA, S.H.G. de; SILVA, G.S.; BRAGHETTA, M.A.N.S.; ESPÓSITO, H.O.M. A cadeia agroindustrial orizícola do Rio Grande do Sul. **Análise Econômica**. Porto Alegre, v. 27, n. 52, p. 75-96, 2009.

PENNINGS, J.M.G.; LEUTHOLD, R.M. Introducing new futures contracts: reinforcement versus cannibalism. **Journal of International Money and Finance**, New York, v. 20, n. 1, p. 659-675, 2001.

POWERS, M.J. Effects of contract provisions on the success of a futures contract. **Journal of Farm Economics**, Oxford, UK, v. 49, n. 4, p. 833-843, 1967.

SANDERS, D.R.; PENNINGS, J.M.E. They trade shrimp in Minneapolis? An examination of the MGE white shrimp futures contract. CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING AND MARKET RISK MANAGEMENT, 1999, Chicago. **Anais...** Chicago: NCCC-134, 1999. 12 p.

SANDOR, R.L. Innovation by an exchange: a case study of the development of the plywood futures contract. **The Journal of Law Economics**, Chicago, v. 15, n. 1, p. 119-136, 1973.

SANTOS, A.H.G. **Potencial de implantação do contrato futuro de suínos no país**. Viçosa, 2001, 110 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SCHWANTES, F. **Viabilidade de implantação do contrato futuro de trigo na BM&FBOVESPA**. Viçosa, 2010, 138 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SIQUEIRA, K.B. **Viabilidade de implantação de contratos futuros de leite no Brasil**. Viçosa, 2003, 110 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

SOARES, N.S.; VALVERDE, S.R.; SILVA, M.L. da; JACOVINE, L.A.G.; SILVA JÚNIOR, A.G. da; LÍRIO, V.S. Determinantes do sucesso e fracasso de um contrato futuro da madeira de reflorestamento no Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 4, n. 76, p. 91-102, 2007.

SOUZA, W. A. **Determinantes da viabilidade de mercados futuros agropecuários no âmbito do Mercosul**. Piracicaba, 1998, 136 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

STEFANO, N.M. Análise do desempenho da indústria arrozeira do Rio Grande do Sul. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v. 11, n. 19, p. 55-64, 2009.

THOMPSON, S.; GARCIA, P.; WILDMAN, L.D. The demise of the high fructose corn syrup futures contract: a case study. **The Journal of Futures Markets**, Boston, v. 16, n. 6, p. 697-724, 1996.

TOMEK, W.G; GRAY, R.W. Temporal relationships among prices on commodity futures markets: their allocative and stabilizing roles. **American Journal of Agricultural Economics**, New York, v. 52, n.1, p. 370-380, 1970.

WILLIAMS, J.; PECK, A.; PARK, A.; ROZELLE, S. The emergence of a futures market: mungbeans on the China Zhengzhou commodity exchange. **The Journal of Futures Markets**, Boston, v. 18, n. 4, p. 427-448, 1998.

3 DIFERENTES ABORDAGENS PARA MENSURAÇÃO DE RISCO DE PREÇOS NA AGRICULTURA

Resumo

O risco de preços é um dos principais componentes na decisão de *hedge* por parte dos agentes. De forma geral, quanto maior o risco de preços de uma atividade, maior a demanda por mecanismos alternativos para gestão de risco, como por exemplo, um contrato futuro. Este capítulo objetivou mensurar o risco de preço aos produtores brasileiros de arroz e compará-los com o grau de risco de preço em outras atividades agrícolas que operam contratos futuros em bolsa no país. A partir das abordagens tradicionais da volatilidade e coeficiente de variação, propôs-se medidas alternativas de *downside risk* que avaliassem o risco apenas nos momentos de retorno desfavoráveis ao produtor, assumindo como pontos de referência o custo de produção agrícola, o preço médio da safra anterior e o preço mínimo de garantia do governo. Para isso, mensurou-se o risco através do *Lower Partial Moment* (LPM), *Value-at-risk* (VaR) e *Conditional Value-at-risk* (CVaR). Embora o café apresentou-se como a cultura com maior volatilidade, as medidas alternativas de risco apontaram que o arroz é a cultura que apresenta maiores magnitudes de risco de preços ao produtor. Entretanto, considerando o recebimento dos proventos da política de preços mínimos do governo, o risco para o arroz é reduzido, porém registrando patamares ainda elevados, similares aos do milho.

Palavras-chave: Risco de preços; Downside risk; volatilidade; Agricultura; Brasil

Abstract

Price risk is one of the most important elements on the hedging decisions by agents. In general, as higher the commodity price risk, higher should be the demand for alternative mechanisms for risk management, as futures contract. The objective of this chapter is measure price risk toward rice producers in Brazil and comparing it to price risk for producers of several commodities that already have a domestic futures contract. Beyond traditional dispersion measures, this research applied three alternative frameworks of downside risk measurement as the lower partial moments (LPM), value-at-risk (VaR) and conditional value-at-risk (CVaR), which propose capture price risk only at non-satisfactory returns moments for producers, assuming the cost of production, average price of the previous harvest year and government minimum prices as benchmarks. Although coffee appears as the commodity that presents the highest volatility, the downside risk measures pointed that rice has the highest price risk level. However, considering the government minimum price payment, rice price risk is reduced, although keeping itself in a still high level, but at the same baseline as corn.

Keywords: Price risk; Downside risk; Volatility; Agriculture; Brazil

3.1 Introdução

As atividades agrícolas e pecuárias são especialmente propensas a eventos não esperados, tais como fatores naturais que levam a quebras de safras (mudanças climáticas, pragas, doenças), e fatores econômicos que incorrem em variações de preço (excesso de oferta ou de demanda, câmbio, insumos, custos de produção, entre outros). Isto resulta em um nível de risco mais elevado a estes produtores e, conseqüentemente, a uma maior vulnerabilidade perante a ocorrência de tais eventos.

Moschini e Hennessy (2005) ressaltam que muitas medidas de risco são relevantes do ponto de vista do produtor agrícola, como a incerteza sobre a produção, sensíveis a fatores naturais e imprevisíveis, e incerteza sobre o preço, mais sensíveis a flutuações nas relações oferta e demanda.

Segundo May e Lawrence (2002), um mecanismo eficiente para minimizar o risco sobre o preço é o uso de mercados futuros ou de opções. Porém, os autores afirmam que antes de gerenciar tais riscos, deve-se mensurá-los de modo que se tenha a exata noção de como os preços de determinados mercados se comportam.

A utilização de contratos futuros por parte de produtores agrícolas, agroindústrias e demais agentes se dá à medida que estes visam se proteger de oscilações não esperadas de oferta e demanda das *commodities*, e conseqüentemente, seu preço. Por exemplo, sob a ótica de um produtor, de um lado, pode-se fechar uma posição de venda no mercado futuro a um preço que compense seu custo de produção, de forma a proteger-se de possíveis prejuízos, ou a um preço acima do preço à vista atual, visando aumentar o rendimento obtido com sua produção, à medida que se espera que os preços aumentem no futuro.

Contudo, além de necessitarem de boa sensibilidade sobre os fatores que afetam a relação de oferta e demanda e os preços das *commodities*, como sazonalidade, indicadores econômicos, consumo e produção no mercado doméstico e internacional, entre outros, os agentes podem utilizar-se de informações disponíveis no mercado, balizadas por métodos estatísticos e matemáticos, e que lhes forneça maior embasamento para quantificar seus riscos de preços e para decidir pela utilização ou não de contrato futuro.

No caso da orizicultura, focando-se na produção do sul do país, de acordo com consultas realizadas a pesquisadores ligados ao setor, há um consenso entre produtores e indústria sobre a alta volatilidade¹ dos preços deste cereal, e da dificuldade dos mesmos em

¹ Conforme calculado por Costa et al. (2010), a volatilidade dos retornos dos preços físicos de arroz no Rio Grande do Sul, entre os anos de 1997 a 2006, foi tão elevada quanto as de milho, soja e café, em suas respectivas

poder estabelecer suas melhores estratégias para venda da produção, por pouco conhecimento em relação ao comportamento dos preços. Além disso, muitos agentes apontam desconhecer o mercado internacional de arroz, e as relações de produção e preços dos países vizinhos, Argentina e Uruguai, os quais tradicionais exportadores.

Também, aponta-se dificuldades no gerenciamento dos estoques do cereal, em virtude da intervenção das políticas agrícolas para o setor, com os leilões de estoques público, e também, pela facilidade de entrada de arroz importado em momentos de excesso de demanda. De acordo com Miranda et al. (2009), uma constatação referente à comercialização do arroz é a baixa utilização de contratos a termo entre produtores e indústria. Em geral, o produtor vende a produção diretamente para a indústria, após a colheita da safra, ou há um estabelecimento de acordo informal entre ambas as partes antes mesmo da colheita, mas sem a formalização de contrato. Isto implica em baixa estruturação das medidas contratuais utilizadas por agentes atuantes na cadeia orizícola, indicando a necessidade de desenvolvimento de novas alternativas para minimização do risco de preços. Por outro lado, por parte dos produtores, boa parte das propriedades orizicultoras, principalmente nas regiões do interior do RS, apresenta produção de outros cereais, ou pecuária, o que contribui indiretamente com a divisão do risco por parte de alguns produtores.

Desta forma, faz-se necessário um estudo aprofundado que demonstre e quantifique as relações de risco ao produtor de arroz nesta região, de forma a contribuir com maior elucidação aos produtores e indústria, a partir da utilização de diferentes mecanismos de mensuração de risco.

Uma das medidas comumente empregadas para melhor compreensão dos movimentos das séries de preços agrícolas é a volatilidade. Porém, de acordo com Rachev, Menn e Fabozzi (2005), a volatilidade nada mais é do que o cálculo do desvio-padrão e não deve ser necessariamente utilizada como medida de risco, mas sim como medida de dispersão. A principal justificativa para isso se dá, por exemplo, pelo fato de que o desvio padrão pode ignorar o fato de que a carteira de investimento preferida (com menor volatilidade) pode situar-se momentaneamente em situações de riscos extremos.

Uma ferramenta alternativa a simples utilização do desvio-padrão são os momentos parciais inferiores, ou *Lower Partial Moments* (LPM). Segundo Anthonisz (2009), o LPM reconhece assimetria com os retornos da distribuição, não incluindo resultados positivos, ou

praças. Também, Capitani, Regazzini e Mattos (2010), em simulação semelhante para os anos de 2005 a 2009, encontraram que os retornos para os preços do arroz, café, milho e soja apresentavam maiores volatilidades que o boi gordo e açúcar.

seja, esta medida apenas considera os resultados adversos ou prejudiciais ao investimento. Como exemplo, sob a ótica de produtores agrícolas, o LPM só considerará preços que estiverem abaixo de um preço alvo determinado, seja este referente ao custo de produção, ou preço mínimo necessário para que o produtor não tome prejuízo.

Outra ferramenta mais recente é o *Value at Risk* (VaR). De acordo com Szegö (2002), este conceito foi introduzido em 1994 com a tarefa de responder a pergunta “quanto pode-se perder em um dia, semana ou ano, com uma dada probabilidade? E qual será o percentual do valor do investimento que estará sob risco?”. Desta forma, segundo Giannopoulos, Clark e Tunaru (2005), o VaR determina a quantia máxima que o valor do portfólio pode perder em um determinado período de tempo e a uma dada probabilidade, como resultado de variações nos preços de mercado.

Além dessa, outras medidas foram desenvolvidas de forma a corrigir-se algumas imperfeições² nos métodos³ apresentados anteriormente e que serão discutidas e detalhadas posteriormente. Para isso, desenvolveu-se o VaR Condicional, ou *Conditional VaR* (CVaR), o qual introduziu o conceito de perda esperada condicionada ao risco. Por definição o CVaR é definido a partir do VaR estimado, sendo obtido a partir da média das observações que sejam menores que o correspondente VaR estimado (RACHEV; MENN; FABOZZI, 2005).

Estes métodos, apesar de não serem os únicos existentes na literatura e utilizados na mensuração de risco, têm sido amplamente utilizados nas duas últimas décadas. A aplicabilidade e estimação dos mesmos em estudos relacionados tanto a mercado financeiro quanto à agricultura permitem uma melhor visualização por parte do investidor/produtor sobre o grau de risco a que estão sujeitos.

Destarte, o presente capítulo tem o intuito de mensurar o comportamento dos preços à vista da atividade arrozeira nas principais praças do estado do Rio Grande do Sul e compará-los com os preços de outras atividades que operam contrato futuro na BM&FBOVESPA. As *commodities* a serem avaliadas, além do arroz, são o açúcar, boi gordo, café, milho e soja.

Pretende-se assim, com a aplicação de diferentes mecanismos para mensuração de risco, ilustrar e comparar os graus de risco entre as diferentes *commodities*, de forma a fornecer maiores subsídios à questão relativa à viabilidade de se implantar um contrato futuro para o arroz no Brasil. Tal análise é focada aos produtores agrícolas, um dos elos formadores

² Artzner et al. (1999) detalham as propriedades que satisfazem medidas de risco coerentes. Medidas de risco coerentes são aquelas que respeitam as propriedades de homogeneidade positiva; subaditividade; monotonicidade; e invariância transicional.

³ No caso do VaR, além de não respeitar o princípio de subaditividade, que neste caso pode implicar que um aumento de portfólio gere aumento no risco e torne o resultado do VaR viesado, não é possível mensurar-se a magnitude dos prejuízos além do nível de confiança estipulado.

de preços da cadeia orizícola. Assim, pretende-se apresentar uma *proxy* de tendência aos produtores agrícolas das culturas analisadas, de forma a justificar ou não um interesse no desenvolvimento de um contrato futuro de arroz no Brasil.

3.1.1 Hipótese

A variância dos preços do arroz no mercado doméstico brasileiro é alta e aumenta o grau de incerteza dos agentes, elevando o nível de risco de preços para todo o setor produtivo do cereal.

3.1.2 Justificativa

A volatilidade dos preços agrícolas é um dos pontos centrais da teoria do sucesso e fracasso de um novo contrato futuro, no que tange ao estudo do risco de preços a produtores, indústrias, *traders* e diversos agentes atuantes em uma cadeia agroindustrial. Dada a importância de analisar-se as variações dos preços agrícolas e as consequências nas tomadas de decisões dos agentes, entende-se como fundamental sua discussão separadamente em um capítulo desta tese, permitindo, desta forma, analisar o nível da variância dos preços de arroz e compará-lo com a de outras culturas de similar importância à agricultura brasileira, além de discorrer sobre algumas ferramentas alternativas de mensuração do risco de preços para cada uma das atividades agrícolas em questão. Assim, a mensuração do nível de risco para produtores agrícolas de diferentes *commodities* permite representar as dificuldades vivenciadas por cada setor agrícola, e em parte, auferir a potencial demanda por mecanismos de proteção ao risco de seus agentes, embora não se possa assumir que a existência de risco de preços ao produtor agrícola represente, necessariamente, o grau do risco de preço de outros elos da cadeia agroindustrial. Entretanto, pela complexidade do problema de se analisar todos os elos da cadeia, propõe-se como alternativa mais plausível restringir tal análise ao elo da produção.

3.2 Revisão bibliográfica

3.2.1 Análise de média variância

Até a década de 1950, o risco financeiro era considerado como um fator de correção e ajuste do retorno esperado, e segundo Rachev, Menn e Fabozzi (2005), os investidores eram

incapazes em quantificar os riscos e prever retornos de seus investimentos, bem como visualizar a interação entre carteiras de investimento individuais e em grupo.

Markowitz (1952, 1959) foi quem estabeleceu as primeiras ferramentas para gestão de risco, permitindo que agentes visualizassem o risco de seus investimentos e quantificassem o retorno esperado de sua carteira.

Segundo Szegö (2002), Markowitz (1952) propôs mensurar o risco associado ao retorno de cada investimento por meio do desvio em relação à média da distribuição do retorno de cada investimento (variância). Assim, no caso de uma combinação de ativos (portfólio), propôs-se auferir o nível de risco através da covariância entre os pares de investimentos.

A maior inovação introduzida por Markowitz, de acordo com Szegö (2002), foi o fato de mesurar-se o risco de um portfólio através de um conjunto de distribuições dos retornos de todos os ativos, dado que distribuições multivariadas são caracterizadas pelas propriedades de todos os componentes das variáveis aleatórias, e por sua estrutura dependente. Neste caso, descreveu-se os dois primeiros momentos da distribuição univariada (do retorno dos ativos), e o coeficiente da correlação linear entre cada par de retornos aleatórios.

De acordo com Rachev, Menn e Fabozzi (2005), a teoria do portfólio de Markowitz foi baseada na suposição de que retornos de ativos são normalmente distribuídos, e como resultado disso, sugeriu-se que uma medida de risco apropriada seria a variância do retorno do portfólio selecionado. Consequentemente, este enfoque passou a ser conhecido como análise de média-variância.

Segundo Grootveld e Hallerbach (1999), a análise de média-variância de Markowitz mostrou-se útil e popular tanto no meio acadêmico, quanto no mercado financeiro em geral, pelo fato de permitir a distinção entre o retorno esperado e seu risco, e de conceituar estatisticamente o gerenciamento de portfólios. Em outras palavras, a análise de média-variância se baseia na contabilização matemática do risco e do retorno esperado, de forma a auxiliar investidores a encontrar um portfólio que maximize seus retornos ou minimize seus riscos.

Nawrocki (1999), neste mesmo ponto da discussão, cita que a análise de Markowitz (1952) utiliza-se das médias, variâncias e covariâncias para atingir uma fronteira eficiente (otimizar portfólio). Assim, cada portfólio nesta fronteira maximiza o retorno esperado por uma dada variância, ou minimiza a variância de um dado retorno esperado.

Apesar de Markowitz revolucionar a literatura até então existente, Grootveld e Hallerbach (1999) chamam a atenção às diversas críticas recebidas pela análise de média-

variância. As principais deficiências desta ferramenta se dão ao fato de que a análise leva apenas a decisões ótimas (maximização da utilidade esperada) se a função utilidade for quadrática e/ou se os retornos dos investimentos forem conjuntamente e elipticamente distribuídos⁴. Neste caso, os autores enfatizam que as críticas em relação à função utilidade quadrática se relaciona ao fato de que esta implica em crescimento (ao invés de decréscimo) da versão absoluta e relativa ao risco, no sentido de que todo o domínio e utilidade marginal negativa localizam-se além de alguns pontos de cortes, em razão da concavidade desta^{5, 6, 7}. Já os retornos elipticamente distribuídos expressam-se como irrealistas, uma vez que excluem possível assimetria na distribuição dos retornos⁸.

Unser (2000) destaca evidências que comprovam que retornos seguem preferencialmente distribuições leptocúrticas (de cauda menos achatada que na distribuição normal. Assim, Fishburn (1977) ressalta que primeiramente, deve-se analisar se a distribuição de probabilidade utilizada satisfaz algumas das restrições existentes.

Szegö (2002) também discute a limitação do uso do modelo de média-variância por assumir que retornos das distribuições sejam normais, ou seja, onde os retornos de todos os ativos e toda sua estrutura dependente seja normal. Assim, o modelo de Markowitz é adequado apenas para o caso de distribuições elípticas, como a distribuição normal e distribuição-t com variâncias finitas, o que pode tornar incorreto o uso do coeficiente da correlação linear em distribuições não-elípticas. Isto implica que a utilização de um modelo de variância e covariância para este tipo de distribuição pode subestimar profundamente alguns eventos, e incorrer em grandes perdas ao investidor.

Simultaneamente a Markowitz, Roy (1952, apud NAWROCKI, 1999) propõe o desenvolvimento de um método prático para determinar a melhor escolha entre risco e retorno, porém enfatizando que um investidor preferirá um baixo retorno sobre seu investimento inicial, a submeter-se a um investimento com probabilidades de altos retornos, mas também com alta probabilidade de retornos negativos desastrosos. Isto significa que o investidor optará por um investimento conservador, porém com probabilidade menor de se

⁴ Um exemplo de função elipticamente distribuída é a distribuição normal.

⁵ Segundo Huang e Litzenberger (1988), quando a função utilidade apresenta aversão absoluta ao risco, implica-se que a demanda por ativos de risco permanece inalterada mesmo com mudanças na riqueza inicial

⁶ Um indivíduo que apresente uma função de utilidade que exibe aversão relativa ao risco crescente, terá sua fração de riqueza inicial investida no ativo de risco decrescente à medida que sua riqueza cresce (HUANG; LITZENBERGER, 1988).

⁷ Pois a aversão ao risco implica em função utilidade côncava (HUANG; LITZENBERGER, 1988).

⁸ Na prática, os retornos tendem a ser assimetricamente distribuídos, aproximados de uma distribuição log-normal, principalmente para horizontes de investimentos mais longos.

situar abaixo de um alvo de perda considerado preocupante (uma vez que indivíduos são avessos ao risco).

Reconhecendo a importância da ideia de Roy (1952), Markowitz (1959) percebeu que os investidores buscam minimizar seus riscos de retornos não desejáveis (ou *downside risk*), por duas razões principais: apenas os retornos não desejáveis são relevantes ao investidor; e a distribuição de retornos de investimento de baixo risco pode não ter o formato de uma distribuição normal.

Para isso, Markowitz (1959) sugere duas formulações⁹ para mensuração do *downside risk*, onde os riscos são mensurados por uma ponderação das observações dispersas abaixo de um alvo (meta): a semivariância computada da média dos retornos - ou a semivariância inferior à média (SVm); e a semivariância computada das metas (alvos) dos retornos (SVt). Isto significa que o primeiro método considera apenas os retornos abaixo da média dos retornos geral (SVm), e o segundo, o retorno abaixo de um alvo (SVt), tal como formulado na sequência:

$$SVm = \frac{1}{K} \sum_{T=1}^k \text{Max}[0, (E - R_T)]^2 \quad (1)$$

$$SVt = \frac{1}{K} \sum_{T=1}^k \text{Max}[0, (t - R_T)]^2 \quad (2)$$

Onde K é o número de observações; E é o retorno esperado; R_t é o retorno do ativo durante o período T ; e t é o alvo retorno (*benchmark*).

Apesar das novas inserções destas modelagens, Nawrocki (1999) e Szegö (2002) afirmam que nas décadas de 1960 e 1970, os conceitos de análise de média-variância e semivariância pouco foram utilizados, em virtude da complexidade de estimação de ambos, e concomitantemente, da ausência de recursos computacionais suficientes. Segundo Szegö (2002), e Rachev, Menn e Fabozzi (2005), estes mecanismos foram perdendo importância nas análises de risco para gestão de portfólio, na medida em que modelos computacionais avançavam e a análise de média-variância se popularizava.

Nesta escala de tempo, Nawrocki (1999) cita que na década de 1970, alguns autores procuraram compreender melhor e tornar mais próximo da prática, os testes para análises de média-variância e semivariância. A grande discussão se dava a partir da distribuição de

⁹ Estas formulações podem ser consideradas como as medidas que geraram o LPM.

probabilidade das séries e o fato de distribuições não-normais tornarem viesados os resultados de alguns testes, e também, em relação ao desenvolvimento de algoritmos computacionais de otimização para o retorno esperado nos testes de semivariância. Segundo o autor, um dos primeiros algoritmos criados aplicava-se à análise predominantemente estocástica¹⁰.

Complementarmente, Szegö (2002) e Rachev, Menn e Fabozzi (2005) apontam que estas limitações computacionais incentivaram a utilização da análise de média-variância. De acordo com Lien e Tse (2010), a literatura sobre risco era focada na maximização da utilidade do investidor ou na minimização do risco, o qual era mensurado a partir do desvio padrão (volatilidade) ou variância do retorno do portfólio. A partir da década de 1990, a atenção passou a ser focada em apenas um destes lados, olhando-se a magnitude e consequências da perda um ativo, o que por sua vez, incentivou novos trabalhos voltados à análise do risco de retornos não desejáveis dos ativos (ou *downside risk*).

Unser (2000) justifica o foco em apenas um dos lados, como simplificação dos modelos de mensuração de risco. Segundo o autor, a ampla conceituação de risco poderia ser melhor operacionalizada se fosse possível encontrar medidas de risco apropriadas a um dos lados da distribuição, onde a redução da complexidade destas medidas é ponto fundamental para de fato estimar modelos de risco facilmente computáveis. Assim, deve-se utilizar de todos os momentos de uma distribuição, e que levará com que a decisão sobre o retorno provenha do resultado obtido da maximização da utilidade esperada. A consequência disso está no fato de que a função de utilidade esperada nada mais é do que o conjunto de todos os momentos da distribuição de probabilidade. Desta maneira, a tarefa de decisão do investidor será substancialmente simplificada se for possível focar apenas alguns destes momentos, e ainda assim, maximizar sua utilidade esperada.

Um dos primeiros trabalhos a introduzir o conceito da aversão ao *downside risk* surgidos com Markowitz (1952, 1959) foi o de Menezes, Geiss e Tressler (1980), sugerindo que a noção intuitiva relativa à aversão ao risco de retornos não-desejáveis deve ser relacionada a uma distribuição de probabilidade e ao tamanho de sua cauda, isto é, quanto menor for a cauda (menos achatada a distribuição, ou maior valor da curtose - função de probabilidade leptocúrtica), menor será o *downside risk*.

¹⁰ O conceito ou regra de análise estocástica foi desenvolvido ainda no início do século XX, porém introduzido na teoria econômica apenas a partir da década de 1960. Sua ideia central se dá na simplificação dos problemas de decisão a partir da classificação de alternativas dominantes. No caso, indivíduos desejam maximizar a utilidade, porém somente os mesmos conseguem definir suas funções utilidades de maneira aproximada, o que implica que o conhecimento concreto da função é substituído por suposições de classes ou propriedades das funções, as quais são definidas e comparadas em pares de funções de densidade cumulativa (UNSER, 2000).

3.2.2 Lower partial moments - LPM

Algumas das primeiras ferramentas desenvolvidas para mensuração dos riscos de retornos não-desejáveis passaram a ser apresentadas ao final da década de 1970, e Fishburn (1977), a partir dos conceitos propostos na análise de semivariância de Markowitz (1959), apresentou o mecanismo de momentos parciais inferiores (LPM), onde o risco passou a ser mensurado através de uma função de probabilidade ponderada dos déficits, ou perdas, abaixo do alvo mínimo de retorno esperado, ou seja, a preocupação do investidor passou a ser apenas os momentos em que o retorno de seu ativo estivesse abaixo de um limite mínimo de tolerância.

De acordo com Nawrocki (1999), “a evolução do modelo de semivariância para o LPM é equivalente a progredir-se de um filme mudo em preto em branco para um filme colorido e com som digital”. Neste caso, o LPM elimina a restrição do investidor de estar em apenas uma função utilidade, englobando um significativo número de funções utilidade de von Neumann-Morgenstern conhecidas, e representando toda gama de comportamentos do investidor, desde o que aceita alta parcela de risco, até os neutros e avessos ao risco. Assim, segundo o autor, a vantagem desta modelagem é a generalização de outras medidas de risco com um alvo específico, oriunda do conceito de semivariância, porém facilmente computável.

Considerando um valor dado (α) de tolerância ao risco de um investidor, a medida geral dos momentos parciais inferiores é definida como:

$$LPM(\alpha, t) = \frac{1}{K} \sum_{T=1}^k \text{Max}[0, (t - R_T)]^\alpha \quad (3)$$

em que α é o grau do LPM; t é o alvo do retorno; K o número de observações; e R_T o retorno do ativo durante o período T .

Nota-se que a definição é similar ao SVt, entretanto, substitui-se a potência, que no caso do SVt, eleva o desvio ao quadrado. Já no LPM, os desvios podem ser potencializados infinitamente, ou até quanto puderem ser computados.

Intuitivamente, o LPM porta-se como o mais apropriado mecanismo de mensuração de risco, conforme cita Unser (2000), pois à medida que teorias alternativas de precificação dos ativos baseadas em outras medidas de risco como a variância e suposições sobre o comportamento dos indivíduos ainda são pouco exploradas, inúmeros esforços foram realizados para o estabelecimento de algoritmos de seleção de portfólios e modelos de

precificação de ativos de capital, baseados nos parâmetros de medidas de risco de *downside risk*, como o LPM.

Outro ponto destacado neste tipo de análise, segundo Nawrocki (1999), é a existência de uma função utilidade ligada estruturalmente em cada medida estatística para mensuração de risco, ou seja, não se pode mensurar o risco sem assumir uma função de utilidade. Porém, o autor ressalta que o cálculo a partir da semivariância apenas fornece uma função utilidade, enquanto o LPM fornece um número ilimitado de funções utilidades para mensuração do risco, o que demonstra sua superioridade em relação à semivariância. Analogamente, Unser (2000) destaca que o LPM é aplicável a distribuições de probabilidade arbitrárias e consistentes a funções de utilidade o que torna uma ferramenta utilizável para estratégias de decisões financeiras.

A contribuição adicional de Fishburn (1977) ao modelo geral de LPM, como bem ressalta Nawrocki (1999), é a extensão desta análise além dos valores de tolerância ao risco do investidor (α), incluindo um alvo ao retorno (t), e demonstrando a equivalência da mensuração do LPM com a dominância estocástica para todos os valores em que a tolerância ao risco seja positiva ($\alpha > 0$), ou seja, retorno acima do alvo mínimo estabelecido, onde o valor (α) considera qualquer tipo de comportamento do investidor. Neste caso, mostra-se que os valores de $\alpha < 1$ captura o comportamento do tomador de risco, pois este é mais propenso a situar-se em faixas próximas ao retorno igual ou menor a zero; enquanto $\alpha = 1$ o de risco neutro; e $\alpha > 1$, avesso ao risco, sendo que quanto maior este número é de um, maior a aversão ao risco do investidor.

O avanço na criação de elementos computáveis para o estabelecimento de algoritmos, bem como o maior embasamento conceitual relativo aos mecanismos de mensuração do *downside risk*, a partir da definição de momentos específicos ao longo da distribuição de probabilidade e direcionados à maximizar a utilidade do investidor, tornou comum o uso do LPM em trabalhos presentes na literatura econômico-financeira em geral, a partir da década de 1990, e que procuram pontuar problemas relativos à decisões de investimento e gerenciamento de portfólios.

3.2.3 Value at Risk - VaR

Segundo Szegö (2002), a capacidade de cálculo de modelos multivariados com distribuição normal, com facilidade de representar situações reais, ampliou o uso de modelos probabilísticos de retornos univariados para os casos multivariados, desde que as suposições

das combinações dos retornos e suas dependências estruturais tenham a mesma estrutura probabilística. A evolução destas análises permitiu o estudo de eventos extremos, isto é, aqueles em que o foco está na cauda da distribuição. Neste sentido, diversas novas ferramentas de mensuração de risco passaram a ser adaptadas, implementadas e popularizadas nos últimos anos, baseadas na definição e construção de medidas de risco coerentes.

Com relação à definição e construção de medidas coerentes de risco, uma das motivações era o fato de que os modelos de mensuração de risco vigentes até o início da década de 1990 limitavam apenas em estimar o risco dos valores esperados da função utilidade, sem ao tanto, prever lucros ou perdas de um portfólio ao longo de um horizonte temporal. Hoffner (1996, apud LECHNER; OVAERT, 2010) destaca que a necessidade das firmas, sobretudo instituições financeiras, avaliarem o potencial de perda de seus portfólios de forma a alocar eficientemente os fundos de investimento e assegurar o pagamento do retorno aos investidores, motivou a procura por novas metodologias.

Segundo Cotter, Dowd e Morgan (2008), a procura por estas novas ferramentas, que auxiliassem a mensurar a real magnitude do risco a que investidores estavam sujeitos, fez surgir, a partir dos primeiros anos da década de 1990, uma infinidade de pesquisas associadas a diferentes maneiras de mensuração de risco ou adaptações a modelagens tradicionais. Neste momento, uma medida ganhou destaque na literatura, o *Value at Risk*¹¹ (VaR), que passou a ser a mais aceita e usada na literatura de gestão de risco, como também destacam Thompson e McCarthy (2008) e Lechner e Ovaert (2010).

Os primeiros trabalhos a desenvolver modelos semelhantes ao VaR surgiram justamente em instituições financeiras, como a publicação de JP Morgan, em 1994, conforme explicitam Cotter, Dowd e Morgan (2008). Estes trabalhos visavam determinar a exata necessidade de capital de giro e reservas, estabelecer limites mínimo e máximo para a posição de um investidor, avaliar estratégias de *hedge*, gerenciar fluxo de caixa, liquidez e risco de crédito, e riscos inerentes de mercado.

Diversos trabalhos referentes a esta modelagem passaram a ser desenvolvidos e publicados a partir de então, como o de Artzner et al. (1999), que apresentaram diferentes mecanismos de mensuração de risco e focaram os pontos e propriedades não desejáveis nestas ferramentas, bem como as medidas mais coerentes a se utilizar.

Concomitante, outros autores preocuparam-se em desenvolver definições equivalentes ao VaR e discutir pontos de divergências entre estes. Segundo Thompson e McCarthy (2008),

¹¹ Szegö (2002) e Giannopoulos, Clark e Tunaru (2005) ressaltam que o VaR é uma aplicação mais moderna e adaptada a partir da análise de média-variância de Markowitz (1959).

trabalhos como o de Jorion (2001) foram os que conseguiram melhor especificar e atrair maior consenso na aplicação deste novo método. Jorion (2001) realizou um aporte histórico de outros trabalhos apontando as principais falhas e deficiências existentes na literatura sobre gestão de risco e focando em técnicas para estimar o VaR, incluindo métodos paramétricos e não-paramétricos.

De forma geral, a conceituação do VaR é focada na determinação do máximo valor que um portfólio pode perder em um período de tempo a uma dada probabilidade, a partir de variações nos preços de mercado e das taxas de retorno (GIANNOPOULOS; CLARK; TUNARU, 2005). Por exemplo, assumindo-se um horizonte temporal de uma semana para um VaR cujos ativos sejam de R\$100 milhões, e considerando-se uma nível de confiança de 95%, existirá 5% de chances do valor dos ativos cair mais de R\$100 milhões ao longo da semana considerada. Em outras palavras, há 95% de chance de que os ativos não percam mais de R\$100 milhões neste período.

Nas palavras de Jorion (2001), define-se o VaR como sendo um resumo estatístico simplificado que indica as prováveis perdas de um portfólio que excedem a uma probabilidade $1 - c$, em um período (t), sobre condições normais de mercado, onde c se refere ao intervalo de confiança. Desta forma, possibilita-se aos investidores conciliar suas decisões de investimento ao longo do tempo, dado seu coeficiente de aversão ao risco (que não entra no cálculo), e monitorando os limites de perdas toleráveis (e ganhos desejados).

Uma vantagem de se utilizar o VaR, segundo Dowd (2004), é que este permite a previsão de um ou mais percentis da função densidade relativa ao lucro ou prejuízo de um portfólio, ao longo do tempo, diferente dos modelos antigos, que simplesmente estimavam a previsão do valor do retorno esperado.

Entretanto, diversos autores apontam dificuldades existentes neste método. Entre eles, Thompson e McCarthy (2008) explicam que como a distribuição dos retornos futuros é incerta e desconhecida, a estimação só é possível se baseada nos retornos passados como parâmetros do retorno futuro. Nesta linha, Lechner e Ovaert (2010) afirmam que as estimativas avaliadas das estimativas históricas das funções de densidade limitam a previsão das medidas de risco para o período posterior, havendo a necessidade de ajustar o foco em um modelo paramétrico e mais robusto para o VaR, e que avalie não somente os retornos de distribuições viesados e leptocúrticos, mas que dê a devida atenção à contabilização de uma periodicidade adequada.

Já Giannopoulos, Clark e Tunaru (2005) citam que a maioria dos trabalhos que utilizam VaR assumem um peso dado ao portfólio além de definir o período de análise

desejado. Porém, os autores sugerem que na presença de heterocedasticidade, o VaR pode variar ao longo do tempo, acarretando em valores viesados para os resultados estimados. Da mesma forma, Kritzman e Rich (2002) enfatizam que o fato de investidores definirem um horizonte temporal adequado a seu portfólio, pode expor-lhes a situações de risco elevadas, à medida que ignoram fatores exógenos que possam ocorrer simultaneamente ao período definido, afetando os retornos de seus portfólios.

Aditivamente, Szegö (2002) discute que medidas de risco aceitáveis devem satisfazer algumas propriedades, como a homogeneidade positiva¹², subaditividade¹³, monotonicidade¹⁴ e invariância transicional¹⁵, demonstrando que o VaR não as segue. Artzner et al. (1999) também chamaram a atenção ao mesmo fato, de que o VaR não é uma medida de risco coerente, devido à sua não conformidade com as propriedades da subaditividade. Além disso, Szegö (2002) reforça que o VaR aplicado à maioria das distribuições dos retornos (não-elípticas) não deve ser aceito como medida de risco.

Desta maneira, o autor cita trabalhos que se preocuparam em apresentar mecanismos de correções que possam ser aplicados ao VaR, para minimizar o risco de se obter estimativas viesadas. A simples introdução de um nível de probabilidade (k) esperado para o déficit e para a média das caudas das distribuições permitiu o desenvolvimento do VaR Condicional¹⁶ (CVaR), que introduziu o conceito de déficit esperado e um valor condicional ao risco.

3.2.4 Conditional Value at Risk - CVaR

Segundo Harris e Shen (2006), o CVaR é definido como a perda esperada em um portfólio, condicionada ao fato desta perda ser menor ou igual ao portfólio de um VaR. A razão para isso é que o VaR mede a perda máxima esperada em ocorrer na fração $1 - c$ de t , enquanto o CVaR mensura a perda média em condições além da perda máxima mensurada pelo VaR.

De acordo com Zheng (2009), o CVaR é uma medida coerente e fornece uma estimativa realista das perdas dos portfólios com distribuição assimétrica e caudas mais grossas. Alexander e Baptista (2004), ao compararem portfólios do VaR e CVaR, também

¹² $\rho(\lambda x) = \lambda \rho(x)$; para quaisquer variáveis aleatórias x e números reais e positivos λ .

¹³ $\rho(x + y) \leq \rho(x) + \rho(y)$; para quaisquer variáveis aleatórias x e y .

¹⁴ $x \leq y$ implica que $\rho(x) \leq \rho(y)$; para quaisquer variáveis aleatórias x e y .

¹⁵ $\rho(x + a r_0) = \rho(x) - a$; para quaisquer variáveis aleatórias x e números reais a , e taxas de risco menores que r_0 .

¹⁶ É comum encontrar na literatura, autores que utilizam a denominação de déficit esperado (ou expected shortfall - ES), como referência ao CVaR.

demonstram que o CVaR se apresenta como uma medida de controle de risco mais efetiva, em relação ao primeiro.

Vale ressaltar, assim como Rachev, Menn e Fabozzi (2005) que por definição, a estimação do CVaR não é independente do VaR, apresentando forte dependência do VaR estimado. Os autores exemplificam que em uma amostra com grande número de observações, o CVaR pode ser obtido a partir da média das observações que sejam menores que o correspondente VaR estimado.

3.2.5 Mecanismos de proteção ao risco aplicados à agricultura

É possível encontrar diversos trabalhos na literatura cujos objetivos se dão em auferir o risco de preços ao produtor rural e às indústrias beneficiadoras. Contudo, boa parte destes trabalhos utilizam-se de arcabouço teórico simplificado, e se limitam a análise da variância e volatilidade dos preços agrícolas. Associado a isto, o fato de boa parte das modelagens fundamentadas no *downside risk* serem de desenvolvimento recente, encontram-se poucos trabalhos que focaram a análise de risco de preços a estes novos mecanismos. Desta forma, a presente seção objetiva apresentar alguns trabalhos que aplicaram os conceitos do LPM, VaR e CVaR para análises de risco relativas a diferentes setores agropecuários.

Um dos trabalhos que utilizou LPM é o de Mattos, Garcia e Nelson (2008), que estimaram a razão de *hedge* ótima para os produtores de soja nos EUA, focando a análise na comparação entre as medidas de *downside risk* (LPM) e variância. Em outras palavras, os autores analisaram como as estimativas da razão de *hedge* ótima para a soja são afetadas, bem como o custo de oportunidade para o *hedger*, a partir da mensuração do risco por LPM e variância. Neste caso, a razão de *hedge* ótima foi calculada pela maximização da utilidade baseada na função de utilidade com aversão relativa ao risco constante. Desta forma, calculou-se o LPM de segunda ordem (LPM₂), comparando seus resultados com os modelos de mínima-variância e de média variância.

Os resultados principais obtidos pelos autores apontam que a razão de *hedge* ótima estimada pelos mecanismos de *downside risk* podem variar substancialmente da razão de *hedge* ótima obtida pelo modelo de média-variância padrão, em diferentes cenários.

Outro trabalho que focou sua análise à medidas de *downside risk*, mais especificamente nos LPM de segunda ordem (LPM₂), foi o de Zhang (2007). Neste trabalho, os autores aplicaram o LPM em um modelo de *hedge* para investigarem e compararem os programas de pagamento do governo a produtores agrícolas, dois planos federais de seguro

destinado às safras de grãos nos EUA, e os mercados futuros e de opções com o intuito de determinar quais situações poderiam apresentar maiores chances de retornos não desejáveis aos produtores. Os autores analisaram os efeitos dos seguros e pagamentos governamentais sobre o uso de contratos futuros e de opções, através da comparação da taxa de hedge ótimo em diferentes cenários em relação a um cenário base estabelecido (sem intervenção ou subsídios), focando sob qual poderia apresentar maior *downside risk* aos produtores. Suas conclusões são de que as inclusões dos programas do governo e seguros federais no portfólio de *hedge* do produtor graneleiro reduzem o risco de retornos não desejáveis, se comparados com os riscos que tais produtores enfrentam habitualmente, sem a utilização destes mecanismos.

Cruz Junior (2009), além de verificar o impacto em que o relaxamento das hipóteses do modelo tradicional de razão de *hedge* de mínima variância tem sobre a razão de *hedge* ótima do contrato futuro de boi gordo na BM&FBOVESPA, relativo à praça de Campo Grande-MS, buscou comparar, a partir das razões de *hedge* ótimas estimadas, a eficiência das estratégias alternativas ao modelo de mínima variância, utilizando-se do LPM. A conclusão geral de seu trabalho é que modelos alternativos ao da média-variância mostram-se mais eficientes, à medida que as razões de risco/retorno são maiores que as obtidas nos modelos alternativos. O autor demonstra que em 60% dos casos, estas razões foram maiores que as obtidas no modelo tradicional, permitindo assim, um maior embasamento ao *hedger* sobre os reais riscos existentes no contrato futuro de boi gordo.

Apesar do escasso número de publicações na literatura de gestão de risco cuja proposta foi expor medidas alternativas à análise de média-variância, postulada em medidas de *downside risk* como o LPM, um pouco mais comuns são os trabalhos que procuraram utilizar-se das técnicas do VaR (também focados na mensuração do *downside risk*), de forma a calcular a magnitude do risco de preços ao produtores, especuladores e investidores. Na análise de *commodities* agrícolas, a empregabilidade do VaR tem se dado especialmente na avaliação de seguros para produtores de grãos e a exposição dos mesmos ao risco de empréstimos agrícolas, não sendo ainda costumeiros, trabalhos que analisam as estratégias de *hedge*.

Um dos trabalhos pioneiros foi o de Manfredo e Leuthold (2001), que identificaram fatores de risco de mercado no segmento de ração animal para gado nos EUA, com alta flutuação em seus preços. Desta forma, os autores examinaram a efetividade do VaR na previsão de perdas nas margens dos produtores de ração para gado, concluindo que para o setor estudado, deve-se considerar as correlações no desempenho geral das estimativas do

VaR, que as volatilidades. Os autores também ressaltam que portfólios com posições mantidas em *commodities* agrícolas (ou sazonais) devem ser mais cautelosos ao estimar o VaR, devido a alta volatilidade de preços em alguns períodos.

Pritchett et al. (2004) avaliaram o impacto da utilização de seguros agrícolas para soja e milho sobre a distribuição da receita bruta ao produtor, simulando 73 diferentes estratégias de gestão do risco¹⁷, em uma propriedade em Indiana-EUA, em termos da receita média por acre cultivado e de alguns custos operacionais destinados à proteção ao risco de retorno não desejáveis, como o seguro agrícola, comparando-os com a venda da safra não assegurada e vendida no mercado à vista. A avaliação de todas as alternativas voltadas à gestão de risco foram mensuradas a partir da distribuição da receita bruta com base no valor esperado e no VaR. De forma geral, o estudo em questão mostra que as estratégias que oferecem menor risco de retorno não desejáveis ao produtor são as combinadas com seguros agrícolas relativo ao preço recebido no momento da safra. Outros resultados apontam que a combinação de seguro sobre a receita bruta e os contratos de opções de venda (*PUT*) garantem maior receita ao produtor, enquanto que estratégias apenas de proteção ao preço no mercado futuro, individualmente, oferecem baixa proteção ao *downside risk*, e caracterizam apenas em modestos acréscimos na receita bruta do produtor.

Ao elencar um VaR que incorpora vários aspectos que compõem a gestão de risco de uma empresa, Hawes, Wilsen e Dahl (2005) e Wilsen, Nganje e Howes (2007) ilustram o uso desta ferramenta no contexto de agroindústrias processadoras, mais especificamente, em empresas de panificação. Ambos os estudos analisam seis empresas de panificação nos EUA, aplicando às suas operações o VaR, de forma a gerenciar o risco na compra dos insumos, como farinha de trigo, açúcar e gás natural. Além disso, comparam diferentes estratégias utilizadas por estas indústrias, voltadas à redução dos riscos de preço, estruturando assim, um VaR que incorpore contratos a termo, futuro e de opções. Suas conclusões apontam a um aumento significativo do risco de preço às indústrias nas operações de *hedge* que não sejam realizadas por contrato a termo. Semelhantemente, os trabalhos apontam que na decisão das indústrias em *hedgear* parte da produção final (padronizada como pão de forma branco), o risco de preço reduz-se em 12%, indicando que o contrato a termo para a produção final acarreta em redução de risco significativa para estas indústrias. Por fim, os autores apontam que na ausência de contrato a termo para a produção final, o *hedge* de trigo, a partir de

¹⁷ Entre elas, posição no mercado antes de colher a safra, seguros agrícolas para grãos, seguro sobre a receita, e outras combinações de diferentes estratégias.

contrato futuro, tende a reduzir mais os riscos do que estratégia envolvendo múltiplos contratos.

Preocupados em entender o quanto a volatilidade dos preços físicos e da base afetam as relações de estoques de grãos de elevadores/armazéns, empresas de ração animal e da atividade avícola em áreas tradicionalmente superavitárias e deficitárias na relação produção/consumo de soja e milho, McKenzie e Singh (2011) examinaram a efetividade do *hedge* de contratos futuros destes grãos para os agentes atuantes nas atividades citadas, no centro-norte do estado de Illinois (superavitário) e em Memphis, Tennessee (deficitário), EUA. Para isso, os autores estimaram um VaR, visando quantificar as probabilidades de perdas dos agentes, dada suas decisões de *hedgear* ou não seus estoques e produção, a partir das divulgações do relatório de safra e de balanço de oferta e demanda das *commodities* agrícolas dos EUA, divulgados pelo USDA¹⁸. Os resultados gerais apontam que em todos os casos (a exceção da soja em Illinois), a efetividade do *hedge* é significativamente melhor nos dias sucessivos à divulgação do relatório, que o contrário. Contudo, como a volatilidade da base tende a ser maior neste período, as posições fechadas no mercado futuro logo após a divulgação do relatório aumentam as chances de perdas extremas ao *hedger*.

Na mesma direção dos trabalhos citados acima, alguns *papers* mais recentes têm se preocupado em apresentar o CVaR, além do VaR, com o intuito de corrigir algumas deficiências identificadas na estimação deste último (e explicadas no tópico anterior deste trabalho), como o fato deste não possuir propriedades coerentes com medidas de risco, e problemas com as especificações apropriadas de retornos conjuntamente distribuídos, conforme apontam Artzner (1999) e Szegö (2002). Entretanto, as aplicações destas inovações a pesquisas voltadas à agricultura são muito recentes e escassas.

Dentre tais trabalhos, Zylstra, Kilmer e Uryasev (2003) partiram suas análises de uma alteração no comportamento de preços de leite nos EUA, após mudanças na legislação que regulamenta o preço deste produto e que levou a comportamentos mais voláteis destes preços, causando maiores dificuldades aos produtores e beneficiadores de lácteos, no que se refere ao conhecimento do comportamento dos preços de mercado, ao longo do tempo. Assim, desenvolveu-se diferentes estratégias voltadas a balancear a relação entre os riscos de variações do preço do leite aos produtores de lácteos na Flórida-EUA, e o uso de mercado futuro no curto prazo, a partir da estimação de um CVaR, com o intuito de analisar a

¹⁸ Segundo McKenzie e Singh (2011), tal relatório é importante balizador para tomada de decisões de produtores e agentes comercializadores de *commodities* agrícolas nos EUA, influenciando diretamente *hedgers* e especuladores nas decisões de operar no mercado futuro. Os autores afirmam ainda, que os preços futuros de milho e soja costumam reagir de acordo com a divulgação de tais informações.

viabilidade de formulação de preços de *hedge* baseada no peso do preço médio para quatro classes de contratos futuros e opções referente ao contrato do leite tipo III. Suas conclusões sugerem que os produtores tentem balancear seus riscos comprando leite tipo I, e fechando posições futuras do leite tipo III.

Já Larsen, Vedenov e Leatham (2007) calcularam a otimização de um portfólio baseados em um modelo cópula-CVaR, avaliando a dispersão da atividade produtiva de trigo em condições de sequeiro em diferentes regiões dos EUA: Texas, Colorado e Montana. Desta forma, os autores otimizaram o portfólio baseados na minimização da perda esperada atrelada às receitas brutas históricas, e custos de produção estimados¹⁹. Os resultados obtidos sugerem que a diversificação de portfólio ótima para produção desta *commodity* deve se restringir apenas a Colorado e Montana.

3.3 Metodologia

De acordo com Rachev, Menn e Fabozzi (2005), diversos pesquisadores têm sugerido a utilização de mecanismos que mensurem o risco sob a ótica das perdas indesejáveis (*safety-first risk measures*) como critério de decisão sob a incerteza, cujo objetivo se dá a partir da minimização da probabilidade de que os retornos obtidos pelos investidores estejam abaixo da meta de retorno mínimo desejada.

Desta maneira, demonstra-se na metodologia a estruturação de algumas medidas de risco empregadas recentemente na literatura, e que mensurem o risco de retornos indesejáveis ao investidor/produtor agrícola, no caso, o LPM, bem como o risco extremo de perdas financeiras dada uma probabilidade definida, como o VaR e o CVaR, tal como descrito na sequência a seguir.

3.3.1 Cálculo da Volatilidade e coeficiente de variação

Define-se a volatilidade como sendo o desvio padrão dos retornos. De acordo com Hull (1995), a volatilidade de uma ação (σ) é a medida de nossa incerteza quanto aos retornos proporcionados pelo ativo, geralmente expressa em percentual, ou seja, é o desvio padrão do retorno fornecido por um ativo. Dessa forma, como os retornos tendem a ter comportamentos distintos ao longo do tempo em que são mensurados, é necessário padronizar o período sobre

¹⁹ Neste caso, Larsen et al. (2007) não consideraram os custos de transporte entre as regiões, enfatizando ser esta uma análise primária, cujo intuito principal é testar o modelo cópula-CVaR a uma atividade agrícola.

o qual a volatilidade é medida, de forma a possibilitar as volatilidades ao longo de diferentes períodos de tempo. Segundo Dowd (2005), a maneira usual de se fazer isso é indicando uma base percentual anualizada, tal como:

$$\sigma_t = (100\sigma_t)\% \quad (4)$$

sendo σ_t é o desvio padrão anualizado dos retornos.

Assim, a formulação básica da volatilidade é baseada na média histórica da estimativa, tal qual:

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

em que n é o número da amostra, x as observações e $\bar{x}$ a média entre todas as observações.

A expressão anterior também fornece uma estimativa não viesada para a volatilidade, sendo importante para pequenas amostras. Dowd (2005), entretanto, frisa que ao lidar-se com dados diários em longas séries de tempo, pode-se desconsiderar o problema do viés de estimação, não sendo necessário subtrair uma unidade de n . Assim, a formulação da volatilidade pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (6)$$

Por sua vez, o coeficiente de variação é uma representação percentual da volatilidade em relação à media da amostra, ou seja, é uma medida de dispersão normalizada de uma distribuição de probabilidade. A vantagem de sua utilização, concomitante à volatilidade, se dá nas análises de diferentes séries de dados com padrões de escala distintos entre si, permitindo, assim, uma melhor comparação na análise de dispersão dos preços das diferentes *commodities* analisadas. A formulação do coeficiente de variação é expressa como:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (7)$$

onde σ representa o desvio-padrão (volatilidade) e μ a média;

Como passo inicial para a comparação da dispersão entre os preços físicos diários das *commodities* analisadas, o presente trabalho estima a volatilidade e o coeficiente de variação para cada cultura analisada.

3.3.2 Cálculo do *Lower partial moments* - LPM

A ideia geral sobre *downside risk* baseia-se no lado esquerdo da distribuição de probabilidade dos retornos, a qual envolve os riscos de perdas de um investimento. Conforme mencionado na seção anterior, o interesse de pesquisa sobre este lado da distribuição iniciou-se na década de 1950, com a Teoria do Portfólio de Markowitz, (1952), o critério do *Safety-First Risk* de Roy (1952) e a análise de semivariância de Markowitz (1959), visando estimar risco em termos do peso da função de probabilidade dos desvios abaixo de um alvo determinado, ou seja, a partir da variabilidade dos retornos inferiores ao alvo.

Os momentos parciais inferiores (LPM) são um caso de evolução da análise de semivariância, cuja formulação original partiu de Bawa (1975) e Fishburn (1977), com o primeiro introduzindo uma definição geral de risco de retornos indesejáveis na forma de momentos parciais inferiores, e o segundo, desenvolvendo o “modelo (α, t) ”. Fishburn (1977) definiu a função de dois parâmetros (α, t) , de ordem α em relação a t , como:

$$\begin{aligned} LPM_{\alpha}(t) &\equiv \int_{-\infty}^t (t-x)^{\alpha} dF(x) \quad \alpha > 0 \\ &= E\{[\max(0, t-x)]^{\alpha}\} \end{aligned} \quad (8)$$

sendo $F(x)$ é a função de distribuição cumulativa do retorno do investimento x .

Note que o parâmetro referente ao alvo do investimento t pode referir-se, por exemplo, a um preço de referência, a um nível (mínimo) de retorno pretendido, à taxa de juros, ao custo de produção mínimo, ou outros mecanismos estipulados pelo investidor/produtor. Já o parâmetro α é o grau da função de LPM e reflete o nível de tolerância²⁰ do investidor em relação a um t decrescente, distinguindo esta medida da análise de semivariância com alvo estipulado (SV_t).

²⁰ Neste caso, mensura-se o nível de tolerância ao risco por parte do investidor. Se $\alpha < 1$, tomador de risco; $\alpha = 1$, risco neutro; e $\alpha > 1$, avesso ao risco.

Valorando o alvo de retorno t , Fishburn (1977) demonstrou, a partir do modelo (α, t) , um caso onde uma distribuição é dominante a outro. No modelo de Fishburn (1977), a distribuição F é dominante em relação a outra distribuição, G , somente se $\mu(F) \geq \mu(G)$ e $\rho(F) \leq \rho(G)$, com ao menos uma desigualdade estrita, onde $\mu(F)$ é a média de F . Utilizando o modelo (α, t) , Fishburn (1977) mostrou haver congruência entre este e o modelo da utilidade esperada, o qual a função utilidade é dada por:

$$\begin{aligned} U(x) &= x & \text{para todo } x \geq t \\ U(x) &= x - k(t - x)^\alpha & \text{para todo } x \leq t \end{aligned} \quad (9)$$

em que k é uma constante positiva. Conforme ressalta Holthausen (1981), o investidor pode exibir diferentes graus de aversão ao risco a resultados abaixo de t , dependendo do valor de α ²¹, mas sempre apresentará neutralidade ao risco, para retornos maiores que t .

Desta relação Nawrocki (1999) afirma que esta função de utilidade é uma combinação de um perfil de investidor muito conservador com o potencial de *downside risk* e de outro perfil agressivo com as expectativas de um retornos acima de seu *benchmark*. Esta constatação partiu de Fishburn (1977), que examinou um vasto número de funções de utilidade de von Neumann-Morgenstern, encontrando uma ampla gama de valores de α , o que levou o autor a concluir que o modelo de LPM generalizado (α, t) é superior à SV_t , dado sua maior flexibilidade em adequar-se à utilidade do investidor.

No presente trabalho, o uso do LPM será aplicado sob a ótica dos produtores rurais²² das referidas *commodities* negociadas em bolsa no Brasil e de arroz, como forma de mensurar o risco de preços destes produtores ao longo das últimas safras, utilizando-se como alvo o custo de produção agrícola nas principais praças produtoras de cada uma das *commodities*, bem como o preço mínimo da safra garantido pelo governo (para as atividades graneleiras e café) e o preço médio da safra anterior. A motivação pela escolha destes três *benchmarks* se dá pela proposta de observar se os produtores agrícolas no Brasil enfrentam situações críticas nos preços recebidos tanto em relação ao montante gasto na produção, quanto à sua expectativa de receber um preço ao mínimo similar do ano anterior, bem como para constatar se tais retornos possam vir a ser tão desfavoráveis a ponto do governo intervir, em um cenário

²¹ Se $\alpha < 1$, tomador de risco; $\alpha = 1$, risco neutro; e $\alpha > 1$, avesso ao risco. Assim, quanto maior o valor de α (acima de 1), maior o coeficiente de aversão ao risco do investidor.

²² Conforme justificado na introdução do artigo, em virtude da dificuldade de obtenção de dados, tal análise se restringirá à produção, onde também se entende que é possível ilustrar, parcialmente, o risco para os demais elos da cadeia.

onde os preços situam-se abaixo dos preços mínimos de garantia. Assim, a análise possibilita situar quais atividades geram maiores riscos de preços aos produtores, à medida que estabelece alvos que permitam visualizar momentos de retornos negativos aos produtores e que podem representar suas expectativas de preços (preço médio da safra anterior) ou mesmo o valor mínimo necessário para continuação na atividade produtiva (custo de produção e preço mínimo).

3.3.3 Cálculo do *Value at risk* - VaR

O risco de mercado é inerentemente relacionado à probabilidade de ocorrência de eventos extremos, isto é, com expressivos retornos negativos ou positivos de um investimento. Para cada variável aleatória de retorno, a probabilidade de se observar valores extremos é refletida pelo tamanho das caudas da distribuição. Segundo Gouriéroux e Jasiak (2001), o ponto de referência para caudas pesadas é determinado pela distribuição de probabilidade, e permitem visualizar as possibilidades de se ter valores extremos.

Uma medida comumente utilizada na literatura recente para obtenção do montante do investimento sobre risco de perdas extremas é o VaR, que mensura o máximo de perda em um determinado portfólio, a um determinado período de tempo e a uma probabilidade definida. Formalmente, o VaR ilustra o quantil da distribuição projetada para ganhos e perdas do investimento em um intervalo de tempo.

Segundo Jorion (2001), a formulação básica para estimação do VaR (baseado nas distribuições generalizadas) define W_0 como o investimento inicial e R como a taxa de retorno, de forma que o valor do portfólio ao final do período determinado seja:

$$W = W_0(1 + R) \quad (10)$$

Assim, como o retorno esperado em R é representado por μ e a volatilidade é σ , o menor valor do portfólio a um dado intervalo de confiança c será:

$$W^* = W_0(1 + R^*) \quad (11)$$

Em sua forma mais generalizada, o VaR pode ser obtido da distribuição do valor do portfólio no futuro $f(w)$. A um dado intervalo de confiança c , pode-se encontrar o pior

cenário para W^* , a partir da probabilidade em se exceder o valor de c (expressão 12), ou a probabilidade de haver um valor menor que W^* , onde $p = P(w \leq W^*)$ é $1 - c$ (expressão 13):

$$c = \int_{W^*}^{+\infty} f(w) dw \quad (12)$$

$$1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(w) dw = P(w \leq W^*) = p \quad (13)$$

A Figura 1 representa o intervalo de probabilidades de perdas abaixo do valor mínimo de retorno definido, até um valor infinitamente negativo, ou seja, com as perdas concentradas na cauda esquerda da distribuição.

Figura 1 - Intervalo das perdas mensuradas pelo VaR em uma distribuição a uma dada probabilidade c

Fonte: Elaborado pelo autor.

Isto significa, por exemplo, que a área entre $-\infty$ a W^* deve somar a $p = 1 - c$, com 5% de probabilidade. Desta forma, Jorion (2001) classifica W^* como o quantil da distribuição onde o limite do valor em risco a uma probabilidade fixada será excedido. Outro ponto importante é que esta especificação é válida para qualquer distribuição de probabilidade, discreta ou contínua, e independente do valor de curtose (tamanho das caudas).

Outra forma de se definir o VaR e que pode simplificar consideravelmente sua estimação é assumindo uma distribuição paramétrica, como a distribuição normal, a qual permite a estimativa diretamente do desvio padrão do portfólio, utilizando-se de um fator multiplicativo que dependa de c . Neste caso, envolve-se a estimação dos parâmetros e do desvio padrão, ao invés do quantil da distribuição empírica (generalizada), permitindo maior acurácia na mensuração do VaR, desde que a aproximação normal seja próxima da realidade.

Primeiro, deve-se transformar a distribuição generalizada $f(w)$ em uma distribuição normal padronizada $\phi(\epsilon)$, onde $\epsilon \sim (0,1)$. Associa-se, assim, W^* ao corte no retorno R^* , como na equação (11). Comumente, R^* é negativo e pode ser escrito como $-|R^*|$. Mais além, pode-se associar R^* com o desvio padrão normal $\alpha > 0$, definindo:

$$-\alpha = \frac{-|R^*| - \mu}{\sigma} \quad (14)$$

Que é equivalente a:

$$1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(w) dw = \int_{-\infty}^{-|R^*|} f(r) dr = \int_{-\infty}^{-\alpha} \phi(\epsilon) d\epsilon \quad (15)$$

Desta forma, Jorion (2001) explica que o problema em se encontrar o VaR é equivalente ao problema em se encontrar desvio de α , de tal modo a área à esquerda da distribuição (risco extremo de perdas no investimento) é igual a $1 - c$. Isto é possível ao inverter-se as tabelas para uma distribuição normal padronizada cumulativa, a qual é a área à esquerda a distribuição normal com valor igual a d :

$$N(d) = \int_{-\infty}^d \phi(\epsilon) d\epsilon \quad (16)$$

Porém, para se encontrar o VaR de uma variável padronizada para uma distribuição normal, deve-se definir o nível de significância desejável na cauda esquerda da distribuição em um eixo vertical.

De acordo com Jorion (2001), este método é difundido para outras funções de probabilidade cumulativas (cdf) e normal, de acordo com a incerteza contida em σ . Já outras distribuições implicam em diferentes valores de α . Neste caso, a distribuição normal é particularmente mais fácil de utilizar, dado que representa mais adequadamente muitas distribuições empíricas, especialmente para portfólios grandes e diversificados.

Outra maneira simplificada de se apresentar o VaR é expressando-o em termos do retorno do portfólio. Segundo Liang e Park (2007), considerando-se o retorno ao longo do período entre t e o $t+\tau$ (sendo τ o horizonte temporal), tem-se $R_{t+\tau}$. E seja $F_{R,t}$ a função de probabilidade cumulativa condicional (cdf) de $R_{t+\tau}$ condicionado à informação disponível no

período t , e $-F_{R,t}^{-1}(\alpha)$ representando sua função inversa, o portfólio do VaR, assim como t com τ e o intervalo de confiança $1 - c$, podem ser formulados da seguinte maneira:

$$VaR(\alpha, \tau) = -F_{R,t}^{-1}(\alpha) \quad (17)$$

Lechner e Ovaert (2010) enfatizam a existência de diferentes métodos para o cálculo do VaR, variando de uma simples simulação baseada na série de dados histórica, a complexas abordagens semi-paramétricas. Segundo os autores, a maioria das estimativas para o VaR publicadas em trabalhos na última década focavam na estimativa histórica da função densidade de probabilidade (PDF), às quais limitam o poder de previsão de medidas de risco. Ainda, a principal fonte do erro de previsão do VaR baseado em informações históricas é o formato da PDF, que pode ser significativamente diferente do formato da série histórica.

Outro ponto é o fato que o modelo normal tem suas propriedades oriundas do teorema do limite central, que leva os efeitos agregados dos componentes individuais a serem simetricamente distribuídos em formato de sino, mesmo que os componentes sejam assimétricos. Desta forma, distribuições estatísticas baseadas em uma normal podem acarretar, frequentemente, em significativos erros ao lidar-se com dados viesados.

Tais razões têm levado ao desenvolvimento de um método paramétrico mais robusto para a modelagem do VaR, o qual não considere apenas o tamanho da cauda e a assimetria dos retornos da distribuição, mas que também preocupe-se com o horizonte temporal a ser definido.

Dentre os modelos paramétricos, Jorion (2001) e Lechner e Ovaert (2010) apontam dois tipos de PDFs utilizadas: a distribuição Gaussiana (ou distribuição normal) e a não-Gaussiana, como a *t-Student*. Ainda, segundo Lechner e Ovaert (2010), como os retornos financeiros não acompanham estritamente uma distribuição Gaussiana, estudos recentes têm aplicado modelos ARCH²³ (*auto-regressive conditional heteroscedasticity*) e EVT²⁴ (*extreme value theory*) aos modelos paramétricos.

Para determinação da melhor adaptação ao modelo, deve-se aplicar pré-testes para detecção da normalidade (ou não) da série, de forma a definir-se a distribuição a ser utilizada. Um teste usual é o *QQ-plots*, que interpola a distribuição teórica com os dados empíricos

²³ Este método é frequentemente combinado com as distribuições *t-Student*, resultando no processo de ARCH generalizado (GARCH), que captura o tamanho da cauda da distribuição e contabiliza a volatilidade condicional a partir de mudanças nos seus retornos ao longo do tempo.

²⁴ Concentra-se apenas na causa da distribuição e estima um índice para a mesma, de forma a utilizá-lo no cálculo do VaR.

coletados dos retornos da distribuição, revelando informações relativas à assimetria e curtose, possibilitando maior elucidação em relação ao tamanho da cauda e à probabilidade de ocorrência de eventos extremos. Outras ferramentas que podem ser utilizadas são os testes de normalidade, como o de Jarque-Bera e Anderson-Darling, além da consideração dos terceiros e quarto momentos (*third and fourth moments*), para capturar a assimetria e curtose, respectivamente.

Para o presente trabalho, são considerados os testes de normalidade de Jarque-Bera. O teste de Jarque-Bera é um teste assintótico ou de grandes amostras e baseia-se em um teste de normalidade dos resíduos do método de mínimos quadrados, onde é possível identificar se a distribuição é normal a partir da diferença entre os coeficientes da assimetria e da curtose (GUJARATI, 2006). Sua formulação é representada de acordo com a expressão abaixo:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K - 3)^2}{24} \right] \quad (18)$$

sendo n o tamanho da amostra; S o coeficiente de assimetria; e K o coeficiente de curtose. Para uma variável normalmente distribuída, $S = 0$ e $K = 3$. Assim, o teste de Jarque-Bera é um teste da hipótese conjunta de que os coeficientes de assimetria e de curtose sejam iguais a 0 e 3, respectivamente²⁵.

A partir da definição do modelo, a proposta do presente trabalho para a estimação do VaR se dá na previsão do risco de preços não desejáveis ao produtor agrícola, pautado nos alvos/*benchmarks* estabelecidos para cada praça de referência de cada uma das *commodities*, a partir de uma dada probabilidade e em um horizonte temporal definido²⁶. Assim, a análise é focada a estimar o real risco dos preços diários ao longo de uma safra serem menores que o valor médio de cada um dos *benchmarks* utilizados.

3.3.4 Cálculo do *Conditional Value at risk* - CVaR

Segundo Tsay (2010), o VaR não informa exatamente o comportamento das caudas extremas da função de distribuição e tende a subestimar o tamanho das perdas, uma vez que

²⁵ Segundo Gujarati (2006), sob a hipótese nula de que os resíduos são distribuídos normalmente, o teste demonstra que em grandes amostras, sua estatística segue a distribuição de qui-quadrado com dois graus de liberdade. Isto implica que a hipótese é rejeitada se o valor p calculado for suficientemente pequeno. Caso contrário, não se rejeita a hipótese de normalidade.

²⁶ Os próximos testes possibilitarão definir o tipo de distribuição a se utilizar em cada série.

sua principal deficiência é não fornecer a magnitude das possíveis perdas além do limite que o mesmo identifica, ou seja, não possibilita nenhuma informação sobre o quão grande pode ser o prejuízo - uma vez que este é representado pelo extremo da cauda esquerda da distribuição e representa a parcela que é superior ao próprio VaR - e dado que há uma pequena probabilidade (mas não nula) do investidor sofrer uma perda maior que o VaR.

Desta maneira, segundo Liang e Park (2007), o CVaR quantifica este montante, uma vez que mensura a quantia esperada condicionada ao fato de que o valor do prejuízo excede o limite estimado pelo VaR, ou seja, o CVaR representa o prejuízo médio maior ou igual ao VaR.

Outro razão apresentada por Artzner et al. (1999), Dowd (2005) e Liang e Park (2007) como vantagem do CVaR em relação ao VaR, é que enquanto o segundo apresenta não conformidades com algumas propriedades matemáticas, como a falta de convexidade, monotonicidade e subaditividade, o CVaR respeita estas propriedades.

Segundo Dowd (2005), o CVaR representa a média das piores perdas possíveis, a uma dada probabilidade $100(1 - \alpha)\%$, o qual:

$$CVaR(\alpha) = \frac{1}{1 - \alpha} \int_{\alpha}^1 q_p dp \quad (19)$$

Onde q_p é o p-quantil de uma perda (lucro) esperada em um portfólio, em um período estabelecido para a análise. Esta equação é definida em termos dos limites da distribuição de probabilidades.

Se a distribuição do prejuízo dos retornos for discreta, o CVaR será discreto e equivalente a seguinte formulação:

$$CVaR(\alpha) = \frac{1}{1 - \alpha} \sum_{p=0}^{\alpha} [p - \text{ésimo prejuízo}] \times [\text{probabilidade do } p - \text{ésimo prejuízo}] \quad (20)$$

Como o CVaR é a média das perdas maiores ou iguais ao VaR, pode-se expressá-lo em termos do retorno do portfólio, ao invés da quantia monetária. Assim, sua formulação é dada da seguinte maneira:

$$CVaR(\alpha, \tau) = -Et[R_{t+\tau} | R_{t+\tau} \leq -VaR(\alpha, \tau)] = -\frac{\int_{v=-\infty}^{-VaR(\alpha, \tau)} v f_{R,t}(v) dv}{F_{R,t}[-VaR(\alpha, \tau)]} = -\frac{\int_{v=-\infty}^{-VaR(\alpha, \tau)} v f_{R,t}(v) dv}{\alpha} \quad (21)$$

Onde $R_{t+\tau}$ denota o retorno do portfólio entre o período t e $t+\tau$; $f_{R,t}$ a função de probabilidade de densidade condicional (pdf) de $R_{t+\tau}$; e $F_{R,t}$ a função de probabilidade cumulativa condicional (cdf) do $R_{t+\tau}$ condicional às observações do período t .

Da mesma forma que o VaR, esta análise permite agregar aos resultados do trabalho a magnitude do risco em cada atividade agrícola, caso seus preços venham a encontrar-se na área de risco máximo da cauda da distribuição definida, isto é, o limite inferior que pode atingir em comparação com os alvos estabelecidos.

3.3.5 Fonte dos dados

De forma a elucidar e comparar o risco de preços da orizicultura e das culturas cujas *commodities* são atualmente negociadas na BM&FBOVESPA, o presente trabalho utiliza como base os preços disponíveis²⁷ (posto na indústria) para açúcar, arroz, boi gordo, café, milho e soja. Os dados são diários e sua periodicidade situa-se entre 1º de agosto de 2005 a 31 de julho de 2011, abrangendo seis anos-safra²⁸.

Tais séries de preços se referem aos preços levantados pelo Cepea/Esalq e são utilizadas como referência dos preços físicos nos contratos da BM&FBOVESPA. Os preços à vista utilizados foram coletados para algumas das principais praças que são referências aos indicadores de preços referidos. Embora o preço disponível não represente precisamente os preços recebidos pelos produtores, pois o frete é considerado, entende-se que o seu uso represente uma boa *proxy* para a aferição do risco no elo da produção agrícola²⁹.

Os preços à vista coletados para o arroz referem-se ao preço³⁰ de cinco regiões produtoras do Rio Grande do Sul, às quais denominadas como Campanha, Depressão Central,

²⁷ Este preço se refere ao preço recebido pelo produtor rural mais o custo de transporte até a indústria ou armazém, sem considerar a incidência de impostos.

²⁸ O período de análise a partir de agosto de 2005 se dá em razão dos preços de arroz serem disponíveis somente a partir desta data.

²⁹ Ressalta-se, também, que os preços disponíveis para soja, milho e café consideram tanto o produto não beneficiado quanto o pré-beneficiado (limpo e seco), podendo incluir alguma margem na transação entre armazéns e indústrias não captadas nos demais preços. Ou seja, embora esta diferença seja pequena, os preços aos produtores tendem a ser menores do que os utilizados neste trabalho, o que poderia levar a um ligeiro aumento na magnitude do risco de preço para estas atividades.

³⁰ Preços para arroz e demais *commodities* coletados diariamente com diversos produtores, indústrias e armazéns das regiões produtoras, onde se determina um preço médio para cada praça. Detalhes da metodologia de coleta disponíveis em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>.

Fronteira Oeste, Planície Costeira Interna e Litoral Sul. A justificativa por se utilizar o Estado do Rio Grande do Sul como referência se dá pelo fato deste representar aproximadamente dois terços da produção nacional total, 86% da produção de arroz irrigado (com padrão mais adequado à preferência do consumidor dada seu melhor padrão de qualidade), e por alocar as principais indústrias beneficiadoras de arroz no país, o que o torna local de referência de preço a outras praças produtoras tanto no Brasil³¹, quanto nos países vizinhos³².

Os preços de boi gordo referem-se a quatro praças no Estado de São Paulo, sendo estas Araçatuba, Marília, Presidente Prudente e São José do Rio Preto. Já os preços de soja baseiam-se nos preços de quatro regiões produtoras no Estado do Paraná: Norte, Oeste, Ponta Grossa e Sudoeste. O preço do milho é atrelado aos preços na regiões de Campinas-SP e do Sudoeste de São Paulo, nomeado como Sorocabana. Por fim, os preços de café são referenciados ao preço pago ao produtor de café arábica do Sul de Minas e Mogiana (SP) e posto na cidade de São Paulo, acrescido do custo de frete, enquanto para o açúcar cristal refere-se ao preço recebido pelas usinas no Estado de São Paulo, sem frete e independente da região de origem.

Os *benchmarks* utilizados para a estimação do LPM e VaR são o preço médio da safra anterior, o custo de produção agrícola, e o preço mínimo de garantia ao produtor. Conforme mencionado, a motivação pela escolha destes decorre da necessidade de observar situações críticas nos preços recebidos pelos produtores agrícolas brasileiros tanto em relação ao montante gasto na produção, quanto à sua expectativa de receber um preço ao mínimo similar do ano anterior, bem como para constatar se tais retornos possam vir a ser tão desfavoráveis a ponto do governo intervir, em um cenário onde os preços situam-se abaixo dos preços mínimos de garantia. O preço médio da safra anterior nada mais é que a média aritmética dos preços do ano-safra anterior, utilizado para comparação em todas as praças com preços à vista coletadas para as referidas *commodities*.

O custo de produção agrícola foi coletado nas regiões com dados disponíveis mais próximas às praças dos preços à vista disponíveis. Tais custos referem-se ao custo agrícola³³ e sua periodicidade é anual e referente aos anos-safras entre 2005/06 a 2010/11. A justificativa de se utilizar o custo de produção como um *benchmark* em relação ao preço disponível de

³¹ Maiores detalhes em Adami, A.C.O.; Miranda, S.H.G. Transmissão de preços e cointegração no mercado brasileiro de arroz. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. 2011. Brasília, v. 49, n.1, 37 p.

³² Ver Capitani, D.H.D.; Miranda, S.H.G. Integração de mercado e causalidade entre preços de arroz no Mercosul. In: Anais do 50º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. 2012, Vitória, **Anais...** Brasília, 2012, 20 p.

³³ A exceção se dá para o açúcar, cujo processo de beneficiamento da cana-de-açúcar inclui, também, o custo industrial.

cada cultura se dá pela tentativa de obter um valor mais próximo ao real retorno que se obtém na produção agrícola. A limitação desta análise decorre do fato de não considerar o custo do transporte ao custo de produção, o que tende a amenizar, parcialmente, o grau de risco de preços estimado. Entretanto, pela dificuldade de obtenção dos valores de fretes, optou-se por mensurar o risco utilizando apenas o custo de produção total como *benchmark*, sem a inclusão dos custos de transação.

Os custos de arroz, café, milho e soja foram coletados junto à CONAB³⁴. As regiões de referência para o arroz são Cachoeira do Sul, Itaqui, Pelotas e Santa Vitória do Palmar, que referem-se respectivamente às regiões produtoras da Depressão Central, Fronteira Oeste e Litoral Sul. Para as regiões da Planície Interna assumiu-se o custo de produção médio entre Pelotas e Cachoeira do Sul, e para a Campanha, o custo de Itaqui.

Os custos de soja são baseados nos custos das safras de verão nas regiões produtoras de Londrina e Campo Mourão, assumindo-se o primeiro como *benchmark* aos preços da região Norte do Paraná, e o segundo para as demais regiões. Os custos de produção de milho são referentes à safra de verão (1ª safra) em São Paulo, e os de café à região de Franca-SP³⁵.

Já os dados de boi gordo foram coletados junto ao Cepea/Esalq, e são pautados na média dos custos de produção mensais no Estado de São Paulo, enquanto os custos de produção de açúcar foram coletados do Pecege/Esalq³⁶ e referem-se à soma dos custos agrícola e industrial médios no Estado de São Paulo.

Os preços mínimos são pautados aos divulgados pelo Programa de Garantia de Preços Mínimos ao produtor rural (PGPM) e divulgados anualmente pela CONAB. Estes preços também se referem aos anos-safra e são determinados de acordo com as diretrizes do Ministério da Agricultura para cada ano, sendo geralmente inferiores aos custos de produção da própria atividade. Porém, das *commodities* analisadas, apenas arroz, café, milho e soja são contemplados pela PGPM. Nas análises, os preços utilizados são referidos ao preço mínimo pago ao produtor em cada unidade da federação. Assim, utilizou-se o PGPM do Rio Grande do Sul para o arroz, de São Paulo para o café e milho, e do Paraná para a soja.

As estimações do LPM são realizadas de duas formas. Para cada região de referência de cada *commodity* analisada, a estimativa é realizada em relação a cada alvo estabelecido

³⁴ Média dos custos totais coletados junto a diferentes propriedades produtoras nas regiões de referência, os quais englobam despesas de custeio na lavoura, despesas financeiras, outras despesas, depreciações, custo fixo e renda de fatores. Detalhes disponíveis em: <<http://www.conab.gov.br>>.

³⁵ Atentar que neste caso, como os preços coletados para o café referem-se ao preço posto na cidade de São Paulo, considera-se a adição do frete em relação à região de origem do café arábica, enquanto que os custos da região de Franca não envolvem tais despesas. Isto tende a subestimar alguns dos resultados das medidas de risco, uma vez que os preços são a soma do preço recebido pelos produtores mais o frete.

³⁶ Estes custos, porém, são disponíveis somente a partir da safra 2007/08.

para todo o período disponível (exposto nos resultados), ou de outra forma, para cada ano-safra separadamente (apresentado nos anexos D a T). Isto permitirá comparar o risco de preços não desejáveis ao produtor em todo o período, e em cada uma das safras separadamente, permitindo desagregar, eventualmente, fatores exógenos que podem ocasionar quebras estruturais nas séries de preços, e sub ou superestimar as estimativas.

A mesma lógica é utilizada na estimação do VaR, onde é possível auferir o risco do preço ser menor que os valor estabelecido pelos alvos apresentados, com probabilidade de 95% e durante um ano-safra. E no caso do CVaR, caso exista este risco, o quanto pode ser prejudicial ao produtor³⁷.

3.4 Resultados

3.4.1 Análise gráfica

Previamente à apresentação das análises de estatística descritiva e à apresentação dos resultados dos cálculos das medidas de risco, apresenta-se a análise gráfica de todas as séries de preços em estudo, entre as figuras 2 a 7. Também, observa-se em tais figuras, a interpolação dos *benchmarks* dos custos de produção anual de cada cultura³⁸, os preços médios do ano anterior, e os preços mínimos para as culturas que são contempladas na PGPM. Na figura 2, nota-se que os preços de açúcar cristal situam-se, em quase todos os momentos, acima do custo de produção. Na figura 3, os preços de arroz em casca na região da Depressão Central, assim como para as demais praças produtoras, situam-se abaixo do custo de produção na maior parte do período em estudo. Também, tais preços atingem, por diversas vezes, patamares inferiores ao próprio preço mínimo. Já na figura 4, observa-se que os preços do boi gordo estão sempre acima do custo de produção. Na figura 5, os preços de café são menores que o custo de produção somente entre os anos de 2009 e 2010. O preço do milho, por sua vez, em apenas um curto período aloca-se abaixo do preço mínimo. Porém, apresenta frequentemente intervalos onde o preço físico é menor que o custo de produção (figura 6). Por fim, na figura 7, os preços de soja apresentam apenas curtos intervalos abaixo do custo de produção, e em nenhum momento são menores que o preço mínimo.

³⁷ Ressalta-se porém, que em caso do preço à vista ser menor que o PGPM, o risco é o próprio PGPM, pois se assume que neste caso o produtor receberá o mínimo valor equivalente a este subsídio.

³⁸ Como nos casos das séries de preços físicos de uma *commodity* com mais de uma praça de produção apresentarem comportamentos semelhantes entre si, de forma de abreviar a discussão, optou-se por apresentar somente o gráfico de uma praça específica. No caso do arroz, apresenta-se os preços para a região da Depressão Central; para o milho, a região de Campinas; para boi gordo, a região de Araçatuba; e para a soja, a região do Oeste do Paraná.

Figura 2 - Preços físicos, preço médio do ano-safra anterior e custo de produção de açúcar cristal em SP, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Cepea (2011) e Pecege (2011).

Figura 3 - Preços físicos, preço médio do ano-safra anterior, custo de produção e preço mínimo de arroz em casca, praça da Depressão Central, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Cepea (2011) e Conab (2011)

Figura 4 - Preços físicos, preço médio do ano-safra anterior e custo de produção do boi gordo, praça de Araçatuba, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Cepea (2011)

Figura 5 - Preços físicos, preço médio do ano-safra anterior, custo de produção e preço mínimo de café, São Paulo, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Cepea (2011) e Conab (2011)

Figura 6 - Preços físicos, preço médio do ano-safra anterior, custo de produção e preço mínimo de milho, praça de Campinas, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Cepea (2011) e Conab (2011)

Figura 7 - Preços físicos, preço médio do ano-safra anterior, custo de produção e preço mínimo de soja, praça Oeste do Paraná, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Cepea (2011) e Conab (2011)

Dentre as culturas apresentadas nas figuras 2 a 7, chama a atenção que a tendência foi de crescimento nos custos de produção para todas as culturas, à exceção do arroz. O custo de produção médio do arroz no Rio Grande do Sul apresentou uma tendência de queda ao longo do período em análise. Entretanto, conforme mencionado, o custo de produção do arroz foi maior que os preços recebidos pelos produtores em diversos períodos, nas cinco praças gaúchas. Tais constatações motivaram a uma análise mais detalhada das variáveis que compõem este custo. Neste sentido, foi possível observar que a produtividade média considerada no cálculo do custo de produção do arroz gaúcho era de 5% a 10% inferior à produtividade média do arroz no Rio Grande do Sul no mesmo período de análise, de acordo com a série histórica de estimativas de safras agrícolas da CONAB, o que pode implicar em uma ligeira superestimação do custo de produção, e por sua vez, reduziria, embora em pequena magnitude, o risco de preço para esta atividade agrícola³⁹.

3.4.2 Estatística descritiva e cálculos das medidas de risco

De forma a resumir as principais considerações das séries de preços analisadas, apresenta-se introdutoriamente na tabela 1, o sumário das estatísticas dos preços das *commodities*. Pode-se notar que quatro das seis *commodities* (açúcar, arroz, boi gordo e milho) apresentam, simultaneamente, assimetria positiva e excesso de curtose negativa, ou seja, sugerindo-se a presença de distribuições de probabilidade assimétricas com caudas curtas. Entretanto, a série de preços de café apresenta um alto valor positivo de assimetria e de curtose, indicando uma distribuição de probabilidade assimétrica com caudas pesadas. Se comparado às demais *commodities*, o café apresenta o maior desvio de sua média e a maior parte de sua distribuição assimétrica ao lado direito da mesma.

³⁹ Ainda assim, estes dados foram utilizados por serem os únicos com séries históricas divulgadas publicamente e que contemplam detalhadamente os custos de diferentes atividades agrícolas, obedecendo a um padrão metodológico coerente para diferentes culturas. Uma análise mais detalhada destes custos, para todas as *commodities*, deve ser realizada em trabalhos posteriores.

Tabela 1 - Sumário estatístico para os preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças referenciadas, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity/Praça</i>	<i>Média</i>	<i>Desv. Pad.</i>	<i>Mediana</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>	<i>Assimetria</i>	<i>Curtose</i>
Açúcar - São Paulo	43,86	15,61	41,04	77,02	23,04	0,59	-0,74
Arroz - Planície Interna	25,32	5,04	24,99	36,74	16,55	0,33	-0,73
Arroz - Campanha	23,87	4,93	23,58	35,17	15,42	0,35	-0,78
Arroz - Depr. Central	24,15	5,08	23,79	36,03	15,64	0,39	-0,76
Arroz - Fronteira Oeste	24,61	5,12	24,14	36,60	15,71	0,40	-0,69
Arroz - Litoral Sul	25,20	4,98	24,78	36,80	16,49	0,42	-0,61
Boi gordo - Araçatuba	72,61	17,09	75,00	115,14	47,04	0,13	-1,02
Boi gordo - Rio Preto	72,77	16,97	75,17	113,66	47,35	0,14	-1,04
Boi gordo - Bauru	73,06	17,24	76,00	113,65	47,09	0,11	-1,06
Boi gordo - P. Prudente	73,00	17,14	75,48	114,26	47,52	0,15	-1,04
Café - São Paulo	288,07	75,46	262,32	555,47	210,72	2,22	3,96
Milho - Campinas	22,46	4,89	20,96	34,62	13,32	0,52	-0,75
Milho - Sorocabana	20,03	4,76	18,50	31,75	11,27	0,53	-0,75
Soja - Sudoeste PR	38,74	8,10	41,47	53,58	23,60	-0,23	-1,43
Soja - Oeste PR	38,50	8,26	41,23	53,55	22,76	-0,21	-1,45
Soja - Ponta Grossa	39,61	7,95	42,50	55,00	24,98	-0,22	-1,38
Soja - Norte PR	38,43	8,16	41,24	53,41	23,10	-0,23	-1,44

Fonte: Dados da pesquisa.

Analogamente, nos anexos deste trabalho (anexos A, B e C), apresentam-se as estatísticas descritivas para as séries dos retornos dos preços das *commodities* em relação a cada um dos *benchmarks* analisados. Nota-se que todas as séries de retornos em relação ao custo de produção, preço mínimo e preço médio da safra anterior apresentam assimetria positiva (com exceção do açúcar, neste último *benchmark*). Nos retornos relativos ao custo de produção há excesso de curtose negativa para o açúcar, arroz, café e milho e duas praças sojicultoras (Sudoeste e Oeste do Paraná), com o açúcar e milho apresentando maiores desvios em relação à média. Situação inversa é observada em relação aos retornos referentes aos preços mínimos, com maiores desvios e excesso de curtose negativa para a soja. Em relação ao preço médio do ano anterior, chama a atenção o café, com alta assimetria e curtose positivas (anexos A, B e C), corroborando com os resultados da tabela 1.

Utilizando-se da base de dados⁴⁰ em questão, entre os anos safras de 2005/06 a 2010/11, os resultados apontam que a volatilidade dos preços físicos é maior para o café. Em

⁴⁰ Pelo curto período de análise, e dado que as séries não foram interpoladas em análises de correlação ou de regressão, os dados utilizados não foram deflacionados e suas bases foram mantidas originais, uma vez que

seguida aparecem o boi gordo e o açúcar, conforme a tabela 2. Já as volatilidades dos preços de arroz, assim como de milho, são as menores encontradas no presente estudo.

Tabela 2 - Volatilidades e coeficientes de variação dos preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças produtoras referenciadas, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity</i>	<i>Praça</i>	<i>Volatilidade (%)</i>	<i>Coeficiente de Variação (%)</i>
Açúcar	São Paulo	15,606	35,583
Arroz	Planície Interna	5,037	19,902
Arroz	Campanha	4,928	20,648
Arroz	Depressão Central	5,076	21,029
Arroz	Fronteira Oeste	5,116	20,792
Arroz	Litoral Sul	4,981	19,772
Boi gordo	Araçatuba	17,082	23,534
Boi gordo	São José do Rio Preto	16,967	23,324
Boi gordo	Bauru	17,232	23,593
Boi gordo	Presidente Prudente	17,133	23,480
Café	São Paulo	75,430	26,193
Milho	Campinas	4,886	21,764
Milho	Sorocabana	4,761	23,760
Soja	Sudoeste	8,097	20,908
Soja	Oeste	8,262	21,465
Soja	Ponta Grossa	7,948	20,073
Soja	Norte	8,155	21,226

Fonte: Dados da pesquisa.

A razão pela qual a volatilidade do café é superior às demais pode se dar pela diferença nas escalas de preços⁴¹ entre as *commodities* analisadas, uma vez que o presente trabalho optou por não utilizar tais séries em base logarítmica. Dessa forma, uma alternativa razoável para comparação entre séries com grandes amostras e diferenças de escalas entre elas é o coeficiente de variação, que nada mais é que a razão entre o desvio padrão (volatilidade) e a média da amostra.

objetiva-se mensurar os retornos dentro de cada uma das atividades, sem interpolar uma série de preços em relação à outra. Além disso, em virtude da base de dados dos preços ser diária, dos *benchmarks* anual e do deflator de preços ser mensal, entende-se que o deflacionamento das séries com diferentes periodicidades pode acarretar em um viés da análise proposta, dado que as séries de preços e dos *benchmarks* são comparadas dentro de cada ano-safra.

⁴¹ Por exemplo, o preço médio para o período em questão de uma saca de 60kg de café é de R\$288,07, enquanto que para o milho é de R\$22,46. Desta forma, os desvios em relação à média do primeiro tendem a ser maiores que do segundo, e assim, apresentar uma maior volatilidade.

Neste caso, o cálculo do coeficiente de variação para as mesmas séries apresenta alguns resultados distintos aos da volatilidade. Observa-se, de acordo com a tabela 2, que para todas as *commodities*, à exceção do açúcar, o coeficiente de variação é próximo a 20%. Assim, de acordo com esta análise, são os preços do açúcar⁴² que apresentam uma maior dispersão ao longo do período analisado, enquanto que para os produtores de arroz, o comportamento dos preços é similar à maioria das *commodities* que já possuem contrato em bolsa, indicando que, pelo menos para tais medidas de dispersão, o arroz possui variação de preços similares à maior parte das culturas negociadas no mercado futuro.

Como tais medidas de dispersão não são adequadas para mensuração de risco (RACHEV; MENN; FABOZZI, 2005), a melhor forma de visualizar o comportamento dos preços é comparando-as com outras medidas, como o LPM, que mensura a dispersão dos preços, porém somente aquelas abaixo de um alvo (*benchmark*) estabelecido, como por exemplo, o custo de produção, focando mensurar apenas os riscos de retornos não desejáveis (*downside risk*) ao agente em questão.

A estimação do LPM considerou o custo de produção, preço médio da safra anterior e os preços mínimos como alvos. Os resultados sugerem que o café e o arroz apresentam maiores riscos de retornos indesejáveis. No caso do arroz, este risco é mais elevado em relação ao custo de produção e preços mínimos.

Um dos *benchmarks* de maior importância a se analisar é o referente aos custos de produção, uma vez que o momento em que os preços disponíveis em cada cultura encontram-se abaixo dos custos de produção de suas atividades agrícolas tende a ilustrar uma situação crítica aos produtores rurais, pelo simples fato destes não conseguirem recuperar o capital investido no início do ano-safra. Sob estes conceitos, apenas duas culturas apresentaram um risco evidente ao produtor rural, conforme apresentado na tabela 3. O café e o arroz⁴³ destoaram das demais, e apresentaram momentos em que seus preços ficaram abaixo do próprio custo de produção, assim como o milho, principalmente na região da Sorocabana.

⁴² É importante frisar que por maior que seja a variação de preços para a usina produtora de açúcar, ainda assim, pela própria natureza da atividade em questão, há uma amortização do risco, uma vez que as usinas (a maior parte delas) podem optar pela produção de açúcar ou etanol, dependendo dos fluxos de oferta e demanda mundial, e dos preços internacionais.

⁴³ Note que a Fronteira Oeste apresenta um menor LPM para o custo de produção que as demais praças arrozeiras. A explicação pode ser dada pelo fato dos custos de produção disponíveis, e utilizados nestes cálculos, representarem áreas mais próximas ao Litoral, Campanha e Depressão Central.

Tabela 3 - *Lower Partial Moments* (LPM) dos preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças produtoras, em relação ao *benchmarks* do custo de produção, preço mínimo e preço médio do ano-safra anterior, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity/Praça</i>	<i>Benchmark</i>		
	Custo de produção	Preço mínimo	Ana-safra anterior
Açúcar - São Paulo	0,058	n/d	6,472
Arroz - Planície Interna	7,026	1,999	2,710
Arroz - Campanha	6,675	2,599	2,781
Arroz - Depr. Central	6,552	2,497	2,873
Arroz - Fronteira Oeste	3,447	2,346	2,881
Arroz - Litoral Sul	7,971	1,909	2,762
Boi gordo - Araçatuba	0,000	n/d	4,406
Boi gordo - Rio Preto	0,000	n/d	4,431
Boi gordo - Bauru	0,000	n/d	4,277
Boi gordo - P. Prudente	0,000	n/d	4,708
Café - São Paulo	18,312	1,442	13,248
Milho - Campinas	1,753	0,009	2,778
Milho - Sorocabana	3,139	0,308	3,903
Soja - Sudoeste PR	0,857	0,000	4,615
Soja - Oeste PR	1,022	0,000	4,500
Soja - Ponta Grossa	0,506	0,000	4,029
Soja - Norte PR	1,831	0,000	4,264

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados do LPM em %.

No caso do café, os anos-safra de 2009/10 e o início do ano-safra de 2010/11 contribuíram para tal resultado (anexo N), em virtude do baixo retorno recebido pelos produtores naquele momento, em razão da significativa alta nos custos de produção. Os preços de arroz, por sua vez, apresentaram momentos inferiores ao custo de produção em todos os anos-safra analisados. A exceção se deu em quase todo o ano safra de 2008/09, onde seu preço alcançou patamares históricos a partir do último trimestre de 2008, em virtude de quebra de safra no mercado asiático. Desta forma, apesar dos patamares históricos dos preços em 2008/09, a atividade orizícola têm demonstrado baixos retornos a seus produtores, e constantemente inserindo-os em uma situação de elevado *downside risk*.

Também, a partir da estimação do LPM relacionado aos preços mínimos garantidos pelo governo, nota-se, novamente, que apenas o arroz e o café apresentaram, significativamente, momentos com preços inferiores a este *benchmark*. Os preços de café arábica só estiveram abaixo de seus preços mínimos durante poucas semanas ao longo da

safras 2008/09, enquanto que para o arroz, as safras de 2005/06, 2006/07 e 2010/11 foram as que mais contribuíram para tal resultado (anexos E a I). Neste período, os preços recebidos pelos orizicultores foram os menores ao longo da série analisada, o que culminou, por muitos momentos, a serem contemplados pelo preço de garantia do governo para minimizar os prejuízos desta atividade. Entre as possíveis razões para tão baixo preço recebido estão os excessos nos estoques públicos e a concorrência com o arroz proveniente das áreas produtoras fronteiriças do Mercosul, os quais possuem menor tributação, e consequentemente menores custo de produção, e entram livres de impostos alfandegários no país, em razão do tratado de livre comércio entre os países.

Ainda na tabela 3, observam-se os momentos parciais inferiores dos preços em relação aos preços das safras anteriores. Nota-se que para este *benchmark*, o café apresenta maior momento parcial inferior em relação aos preços médios de suas safras anteriores, o que corrobora com os resultados do cálculo da volatilidade, que apontam a alta dispersão de seus preços físicos. Apesar da série de preços do café apresentar um forte aumento no ano de 2010, entre 2005 a 2007, seus preços diários estiveram por muitas vezes abaixo do preço médio do ano anterior, o que corroborou para tal resultado⁴⁴.

Também, boi gordo, açúcar e soja apresentaram resultados semelhantes. No caso do açúcar, os preços médios das safras de 2007/08, 2008/09 e 2009/10 estiveram muitas vezes acima dos preços das safras subsequentes, respectivamente, ocasionando tal resultado. Em relação ao arroz e milho, encontrou-se os menores LPMs em relação ao preço médio da safra anterior, o que era esperado em virtude das baixas volatilidades de preços encontradas na tabela 2.

Embora a tabela 3 apresente os momentos parciais inferiores calculados para os preços físicos em relação a cada um dos *benchmarks* propostos, uma forma alternativa de interpretar tais resultados seria observar, também, o *downside risk* até o limite em que o preço atinja o preço mínimo garantido ao produtor, ou seja, dado um preço físico menor que o preço mínimo, considera-se que o produtor receberá o valor garantido pelo governo, e assim, analisa-se seu *downside risk* apenas entre os intervalos onde os preços físicos estão abaixo dos *benchmarks* de custo de produção e/ou preço médio da safra anterior, até o preço mínimo para aquela *commodity*. Os resultados para esta análise estão expressos na tabela 4.

⁴⁴ Tal como apresentado no anexo N deste trabalho.

Tabela 4 - *Lower Partial Moments* (LPM) dos preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças produtoras, dentro do intervalo entre os *benchmarks* do custo de produção e do preço médio do ano-safra anterior, até o preço mínimo, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity/Praça</i>	<i>Benchmark</i>			
	Custo prod.	Custo prod. > Pmin	Ano-safra	Ano-safra > Pmin
Açúcar - São Paulo	0,058	n/d	6,472	n/d
Arroz - Planície Interna	7,026	5,674	2,710	2,518
Arroz - Campanha	6,675	4,747	2,781	2,668
Arroz - Depr. Central	6,552	4,713	2,873	2,561
Arroz - Fronteira Oeste	3,447	1,891	2,881	2,595
Arroz - Litoral Sul	7,971	7,141	2,762	2,277
Boi gordo - Araçatuba	0,000	n/d	4,406	n/d
Boi gordo - Rio Preto	0,000	n/d	4,431	n/d
Boi gordo - Bauru	0,000	n/d	4,277	n/d
Boi gordo - P. Prudente	0,000	n/d	4,708	n/d
Café - São Paulo	18,312	17,561	13,248	13,197
Milho - Campinas	1,753	1,751	2,778	2,777
Milho - Sorocabana	3,139	2,973	3,903	3,771
Soja - Sudoeste PR	0,857	0,857	4,615	4,615
Soja - Oeste PR	1,022	1,022	4,500	4,500
Soja - Ponta Grossa	0,506	0,506	4,029	4,029
Soja - Norte PR	1,831	1,831	4,264	4,264

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados do LPM em %.

Deve-se atentar que a primeira e a terceira colunas repetem os resultados do cálculo do LPM em relação ao custo de produção e preço médio da safra anterior representados na tabela 3. A segunda coluna apresenta os resultados calculados entre o intervalo do LPM abaixo do custos de produção até o valor em que atinge o preço mínimo, enquanto a quarta coluna repete o procedimento, porém para o intervalo entre os preços físicos inferiores ao preço médio da safra anterior até o preço mínimo.

Esta análise alternativa permite visualizar o risco de preços sob uma ótica diferenciada, uma vez que além de observar-se o coeficiente do LPM em relação a cada *benchmark* e compará-los entre as diferentes *commodities*, pode-se aferir a dependência de cada um dos setores produtivos a mecanismos de auxílio do governo (no caso, a PGPM). As principais constatações de tal análise dizem respeito ao LPM para o arroz em relação ao custo

de produção. Nota-se que os coeficientes encontrados entre a primeira e a segunda abordagens apresentam uma redução significativa para todas as praças orizicultoras. Como os preços físicos de arroz situaram-se em muitos momentos abaixo do próprio preço mínimo, o LPM calculado em relação ao custo de produção na abordagem original estimava um *downside risk* maior para os produtores⁴⁵.

De forma geral, a análise a partir do LPM permite uma melhor representação acerca dos momentos críticos enfrentados pelos produtores rurais, a partir da volatilidade dos preços em relação aos alvos estabelecidos. Entretanto, esta medida de risco é limitada no que diz respeito à elucidação da magnitude de tais riscos. Em outras palavras, para quantificar-se o tamanho do risco a tais atividades é necessário utilizar-se de outros ferramentais. Neste caso, discute-se, a seguir, os resultados das estimações para o VaR e o CVaR. Utilizando-se de um nível de confiança⁴⁶ de 95%, identificou-se as culturas mais propensas a situarem-se em situações críticas em relação a cada um dos alvos. As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados das estimações do VaR e CVaR, respectivamente.

Primeiramente, em relação ao VaR condicionado ao custo de produção (tabela 5), os resultados seguem tendências semelhantes às observadas no LPM relativo ao mesmo alvo para o açúcar, boi gordo e soja. Os preços do café arábica, apesar de situarem-se muitas vezes abaixo de seus custos de produção, não apresentaram um valor em risco que destoasse das demais *commodities* analisadas. Por outro lado, pode-se notar alto risco de preços para o milho e arroz, se comparados aqueles estimados no LPM. Em relação a seus custos de produção, os orizicultores podem situar-se em patamares de 47,6% abaixo de seu custo de produção, podendo atingir valores extremos de até 55,9% abaixo do mesmo (tabela 6), reforçando a ideia levantada anteriormente, de que é necessária a busca por novos mecanismos que permitam uma melhor gestão do risco de preços desta atividade⁴⁷.

⁴⁵ Embora se compreenda que o recebimento do preço mínimo de garantia por parte dos produtores representa uma situação que estes gostariam de evitar.

⁴⁶ Os testes de normalidade de Anderson-Darling e Jarque-Bera indicaram que para todos os casos testados, a distribuição normal é a mais adequada para estimação do VaR e CVaR.

⁴⁷ Ainda que um contrato futuro possa auxiliar em uma melhor gestão do risco de preços por parte dos agentes de uma cadeia agroindustrial, ressalta-se que o mesmo não irá mudar a rentabilidade do setor, isto é, embora os resultados indiquem uma situação deficitária na produção orizícola no Brasil, no período de análise, o estabelecimento de um contrato futuro de arroz auxiliaria na gestão do risco desta atividade, porém não mudaria a rentabilidade da mesma.

Tabela 5 - *Value at Risk* (VaR) dos preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças produtoras, em relação aos *benchmarks* do custo de produção, preço mínimo e preço médio do ano-safra anterior, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity/Praça</i>	<i>Benchmark</i>		
	Custo de produção	Preço mínimo	Ana-safra anterior
Açúcar - São Paulo	-0,126	n/d	-0,299
Arroz - Planície Interna	-0,451	-0,274	-0,257
Arroz - Campanha	-0,458	-0,322	-0,278
Arroz - Depr. Central	-0,457	-0,320	-0,257
Arroz - Fronteira Oeste	-0,338	-0,311	-0,286
Arroz - Litoral Sul	-0,476	-0,275	-0,270
Boi gordo - Araçatuba	0,000	n/d	-0,199
Boi gordo - Rio Preto	0,000	n/d	-0,201
Boi gordo - Bauru	0,000	n/d	-0,197
Boi gordo - P. Prudente	0,000	n/d	-0,202
Café - São Paulo	-0,158	0,000	-0,322
Milho - Campinas	-0,314	0,000	-0,335
Milho - Sorocabana	-0,308	-0,042	-0,331
Soja - Sudoeste PR	-0,144	0,000	-0,333
Soja - Oeste PR	-0,160	0,000	-0,310
Soja - Ponta Grossa	-0,160	0,000	-0,281
Soja - Norte PR	-0,239	0,000	-0,304

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados do VaR em %.

Tabela 6 - *Conditional Value at Risk* (CVaR) dos preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças produtoras, em relação aos *benchmarks* do custo de produção, preço mínimo e preço médio do ano-safra anterior, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity/Praça</i>	<i>Benchmark</i>		
	Custo de produção	Preço mínimo	Ana-safra anterior
Açúcar - São Paulo	-0,286	n/d	-0,374
Arroz - Planície Interna	-0,529	-0,363	-0,337
Arroz - Campanha	-0,539	-0,408	-0,363
Arroz - Depr. Central	-0,540	-0,409	-0,337
Arroz - Fronteira Oeste	-0,429	-0,402	-0,372
Arroz - Litoral Sul	-0,559	-0,364	-0,353
Boi gordo - Araçatuba	0,000	n/d	-0,278
Boi gordo - Rio Preto	0,000	n/d	-0,279
Boi gordo - Bauru	0,000	n/d	-0,275
Boi gordo - P. Prudente	0,000	n/d	-0,281
Café - São Paulo	-0,231	-0,112	-0,430
Milho - Campinas	-0,397	-0,135	-0,487
Milho - Sorocabana	-0,333	-0,082	-0,478
Soja - Sudoeste PR	-0,247	-0,021	-0,430
Soja - Oeste PR	-0,264	-0,039	-0,407
Soja - Ponta Grossa	-0,264	0,000	-0,372
Soja - Norte PR	-0,351	-0,018	-0,400

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados do CVaR em %.

Embora apresente um valor em risco menor que o do arroz, o preço do milho⁴⁸ comporta-se em situação de elevado risco, relativamente ao custo de produção, se comparado aos preços de açúcar cristal, boi gordo, café e soja, com 5% de probabilidade de ser 31% inferior a este custo, podendo alcançar um valor em risco condicionado negativos a 39,7%. O preço das outras culturas mencionadas variam seus valores em risco entre 12% a 23% e o CVaR entre 23% a 35% abaixo do custo de produção. A exceção é a atividade pecuária bovina para engorda (boi gordo), cujo risco é inexistente se baseado ao seu custo de produção, ou seja, em nenhum momento da série analisada, o preço recebido pelos pecuaristas ficou abaixo de seu custo de produção médio dentro do ciclo de produção (ano-safra).

⁴⁸ Note que este também é um produto de segurança alimentar e que, assim como o arroz, ainda recebe suportes do governo. Contudo, deve-se enfatizar que seus produtores poderiam diversificar riscos ao optarem pelo plantio de outra cultura, como soja ou trigo, além de poderem realizar o plantio do milho safrinha em outra época do ano.

Similarmente aos resultados das estimações relativas ao custo de produção, as estimações referenciadas ao preço mínimo demonstram que o arroz é quem apresenta uma situação de risco mais elevada. Enquanto nenhuma praça produtora de soja apresentou valor em risco negativo em relação ao preço mínimo, e o milho e café situaram-se a menos de 4% abaixo deste alvo, os preços nas praças produtoras de arroz oscilaram entre aproximadamente 27% a 32% abaixo de seus preços mínimos. Da mesma forma, o valor em risco condicionado desta cultura indicou a possibilidade destes patamares atingirem negativos de até 40% do preço mínimo, o qual, um nível já considerado crítico à manutenção da atividade. De outra maneira, os preços de soja apresentaram valor em risco condicionado quase insignificante, e em apenas três das cinco praças analisadas, enquanto para o milho e café, a situação de extremo risco poderia alcançar até 14% abaixo deste alvo, aproximadamente.

No que diz respeito às estimações do VaR e CVaR em relação ao preço médio da safra anterior, nota-se que os resultados convergiram apenas em parte àqueles apontados a partir do cálculo do LPM em relação ao mesmo *benchmark*. Se por um lado o preço do café apresentou maiores possibilidades de situar-se abaixo de seu preço médio anterior, podendo atingir patamares abaixo de 32,2% em relação à sua safra precedente (tabela 5), até valores próximos de 43% (tabela 6), por outro o preço do milho mostrou comportamento divergente aos encontrados para o mesmo *benchmark* na análise do LPM. O preço deste cereal apresentou um patamar de incerteza elevado entre cada safra⁴⁹, com os coeficientes estimados para seu VaR e CVaR entre 33% (tabela 5) a 48,7% (tabela 6) abaixo dos preços médios anteriores.

Da mesma forma, as demais *commodities* também apresentaram risco de preços elevados aos produtores, com variação dos coeficientes do VaR entre 19,7% a 33,3% (tabela 5) e do CVaR entre 27,5% a 43% inferiores a este alvo (tabela 6)⁵⁰. De tais constatações, pode-se considerar que independente da cultura, todas são voláteis em torno de uma safra a outra, e desta forma, necessitam de medidas alternativas para proteção ao risco, uma vez que a expectativa de preços a receber pelos produtores na safra corrente é de difícil previsibilidade, sobretudo se considerar que sua cultura em questão sofre influências de fatores exógenos, principalmente nas culturas com forte relação com o mercado externo e/ou com grande

⁴⁹ Como algumas regiões são capazes de produzir o milho em duas safras (safra e safrinha), o risco pode ser maior ou menor ao estimado, se analisada a 1ª safra (janeiro-abril) e 2ª safra (junho-setembro) individualmente. No presente trabalho, utilizou-se o custo de produção para o milho safra (safra de verão).

⁵⁰ Uma importante ressalva se dá em relação ao comportamento dos preços das culturas graneleiras, em especial soja e milho, no período de análise. Se comparado à média de anos anteriores à análise em questão, por diversos momentos os preços estiveram em um patamar baixo (sobretudo em virtude do comportamento dos preços internacionais), o que pode implicar em uma superestimação do risco nestas atividades. Assim, uma série de preços mais extensa deve ser verificada em um estudo posterior.

influências dos fatores de oferta e demanda de produtos substitutos ou subprodutos (como o caso do açúcar e milho com o etanol).

Complementarmente aos resultados discutidos para o VaR e CVaR, apresenta-se nas tabelas 7 e 8, a análise de suas estimações considerando os intervalos entre o custo de produção e o preço mínimo e entre os preços médio da safra anterior e o preço mínimo, assim como nas definições dos *benchmarks* alternativos discutidos na tabela 4.

Tabela 7 - *Value at risk* (VaR) dos preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças produtoras, dentro do intervalo entre os *benchmarks* do custo de produção e do preço médio do ano-safra anterior, até o preço mínimo, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity/Praça</i>	<i>Benchmark</i>			
	Custo prod.	Custo prod. > Pmin	Ano-safra	Ano-safra > Pmin
Açúcar - São Paulo	-0,126	n/d	-0,299	n/d
Arroz - Planície Interna	-0,451	-0,376	-0,257	-0,185
Arroz - Campanha	-0,458	-0,339	-0,278	-0,168
Arroz - Depr. Central	-0,457	-0,343	-0,257	-0,179
Arroz - Fronteira Oeste	-0,338	-0,213	-0,286	-0,191
Arroz - Litoral Sul	-0,476	-0,437	-0,270	-0,193
Boi gordo - Araçatuba	0,000	n/d	-0,199	n/d
Boi gordo - Rio Preto	0,000	n/d	-0,201	n/d
Boi gordo - Bauru	0,000	n/d	-0,197	n/d
Boi gordo - P. Prudente	0,000	n/d	-0,202	n/d
Café - São Paulo	-0,158	-0,155	-0,322	-0,321
Milho - Campinas	-0,314	-0,290	-0,335	-0,335
Milho - Sorocabana	-0,308	-0,273	-0,331	-0,317
Soja - Sudoeste PR	-0,144	-0,144	-0,333	-0,333
Soja - Oeste PR	-0,160	-0,160	-0,310	-0,310
Soja - Ponta Grossa	-0,160	-0,160	-0,281	-0,281
Soja - Norte PR	-0,239	-0,239	-0,304	-0,304

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados do VaR em %.

Tabela 8 - Conditional *Value at risk* (VaR) dos preços físicos das *commodities* analisadas nas respectivas praças produtoras, dentro do intervalo entre os *benchmarks* do custo de produção e do preço médio do ano-safra anterior, até o preço mínimo, entre 2005/06 a 2010/11

<i>Commodity/Praça</i>	<i>Benchmark</i>			
	Custo prod.	Custo prod. > Pmin	Ano-safra	Ano-safra > Pmin
Açúcar - São Paulo	-0,286	n/d	-0,374	n/d
Arroz - Planície Interna	-0,529	-0,391	-0,337	-0,257
Arroz - Campanha	-0,539	-0,403	-0,363	-0,244
Arroz - Depr. Central	-0,540	-0,410	-0,337	-0,256
Arroz - Fronteira Oeste	-0,429	-0,286	-0,372	-0,269
Arroz - Litoral Sul	-0,559	-0,518	-0,353	-0,267
Boi gordo - Araçatuba	0,000	n/d	-0,278	n/d
Boi gordo - Rio Preto	0,000	n/d	-0,279	n/d
Boi gordo - Bauru	0,000	n/d	-0,275	n/d
Boi gordo - P. Prudente	0,000	n/d	-0,281	n/d
Café - São Paulo	-0,231	-0,227	-0,430	-0,429
Milho - Campinas	-0,397	-0,397	-0,487	-0,487
Milho - Sorocabana	-0,333	-0,296	-0,478	-0,465
Soja - Sudoeste PR	-0,247	-0,247	-0,430	-0,430
Soja - Oeste	-0,264	-0,264	-0,407	-0,407
Soja - Ponta Grossa	-0,264	-0,264	-0,372	-0,372
Soja - Norte	-0,351	-0,351	-0,400	-0,400

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Resultados do CVaR em %.

A principal constatação que se tem é em relação à redução no risco aos produtores de arroz (em todas as praças) se considerado o recebimento do preço mínimo de garantia do governo. Enquanto que o cálculo dentro deste intervalo pouco alterou os coeficientes estimados para café, milho e soja, em algumas praças orizicultoras a redução do VaR foi superior a 50% (caso da Fronteira Oeste, por exemplo).

Assim, embora tal redução ainda ilustre uma situação crítica no nível de preços recebidos por estes produtores, dois pontos chamam a atenção. Primeiro, deve-se ressaltar que a situação seria agravada na ausência de um controle do governo, enquanto para as demais *commodities*, tal intervenção não têm gerado reduções significativas no risco de preços. Segundo, assumindo-se o recebimento de tais garantias do governo, o risco de preços aos orizicultores situam-se mais próximos ao risco de preços encontrados, por exemplo, por produtores de milho, soja e café.

Desta forma, considerando que os orizicultores são atendidos pelas políticas de suportes governamentais⁵¹, o risco de preços para o arroz tende a atingir um patamar mais próximo aos encontrados para os produtores das culturas analisadas que são atendidas pela PGPM, principalmente ao milho, mostrando que a política governamental para o arroz tem atingido, parcialmente, seu objetivo principal.

Compilando-se os resultados dos cálculos das medidas de dispersão e estimações das medidas de risco, conclui-se que à exceção da volatilidade, a atividade orizícola apresenta situações de variabilidade nos preços iguais ou maiores às outras *commodities* que já possuem contratos futuros em bolsa no Brasil, sujeitando seus produtores a situações de risco elevado e sem a opção de *hedgear* sua produção em bolsa. Por outro lado, tais riscos são amortizados se considerados os momentos em que os orizicultores recebem, através de algum programa governamental, os preços mínimos estabelecidos para cada safra.

Assim, pode-se afirmar que a participação estatal contribui para uma redução do nível de risco de preços ao produtor de arroz brasileiro. Contudo, tal participação estatal apenas atenua os momentos em que a situação de preços nesta cadeia alcance patamares muito baixos. Mesmo assumindo o recebimento destas subvenções, ainda assim a orizicultura apresenta patamares de risco iguais ou superiores aos de milho, café, açúcar, soja, açúcar e boi gordo.

Dentre tais resultados, algumas situações devem ser ressaltadas. A primeira, considerando que os poucos trabalhos cuja proposta de mensurar o risco na orizicultura ou a viabilidade de implantação de novos contratos futuros no Brasil partiram da análise da volatilidade como uma medida de risco, os resultados aqui apresentados reforçam que diferentes medidas de risco podem fornecer resultados distintos. Neste caso, embora apresentando uma baixa volatilidade de seus preços e um coeficiente de variação semelhante às demais culturas, as demais medidas de risco propostas apontaram um risco mais elevado para esta atividade, o qual não seria identificado apenas com a análise da volatilidade.

3.5 Considerações finais

Este estudo procurou abordar diferentes medidas de risco, visando comparar o comportamento dos preços à vista do arroz e seu grau de risco de preços com o de outras *commodities* que já possuem contratos futuros no Brasil.

⁵¹ Embora existam controvérsias sobre a efetividade destas políticas no atendimento aos produtores agrícolas, o presente trabalho não objetiva entrar em maiores detalhes a respeito deste assunto.

A análise e discussão de diferentes medidas de risco, além de permitirem uma melhor elucidação para a hipótese de que produtores de arroz estão sujeitos a uma alta variabilidade de preços e constantemente desprotegidos contra eventos não esperados, forneceram um maior embasamento à questão de que ao analisar risco de preços, deve-se expandir sua abordagem a medidas de risco alternativas e metodologicamente mais robustas que medidas de dispersão simplificadas.

A principal constatação foi que a atividade orizícola, no período em análise, apresentou, frequentemente, situações de alto risco para seus produtores se comparadas às demais atividades analisadas. Apesar do cálculo da volatilidade e do coeficiente de variação não permitirem esta conclusão, as demais ferramentas sugerem que os preços de arroz estão constantemente abaixo de um patamar desejável, muitas vezes não cobrindo os próprios custos de produção, os quais podem acarretar em grande endividamento por parte dos produtores.

Outra evidência importante a se destacar é o fato de que nestas situações de baixos retornos ainda existem, ao menos em parte, auxílios do governo, os quais amenizam os prejuízos e permitem a manutenção da atividade produtora. Entretanto, considerando um cenário futuro hipotético com uma aceleração na redução dos subsídios governamentais, principalmente pela tendência de aumento da renda das camadas menos favorecidas da sociedade brasileira, pode-se levantar a hipótese de que seria plausível uma queda na importância do arroz como base de segurança alimentar desta população, levando a uma redução natural nos montantes destinados às políticas de incentivos à produção e comercialização, como os preços mínimos, aquisição dos estoques, prêmio para escoamento da produção, empréstimos para estocagem entre outros, tornando os produtores ainda mais vulneráveis à volatilidade dos preços e à concorrência internacional.

Assim, confirmar-se-ia a hipótese levantada por agentes atuantes no setor, de que o arroz é propenso a situações de preços desfavoráveis à continuidade da atividade, principalmente sem o auxílio dos programas governamentais, o que agravaria a situação de endividamento por parte dos produtores, em um cenário cuja principal fonte de financiamento fossem os empréstimos bancários ou a geração de capital próprio. Tal cenário poderia ser invertido, entre outros fatores, a partir de uma maior oferta de diferentes mecanismos de proteção ao risco, como por exemplo, um contrato futuro e/ou de opções. Em outras palavras, neste contexto, é possível afirmar que o grau de risco de preços na orizicultura é suficientemente elevado a ponto de sustentar a criação de um contrato futuro para este cereal no Brasil.

Deve-se ressaltar, porém, que tais evidências, adicionadas à análise dos pré-requisitos apresentados no primeiro artigo desta tese, complementam informações ao tema central apresentado nesta pesquisa. Contudo, ainda é necessário um melhor entendimento da demanda dos agentes desta cadeia por novos mecanismos de proteção ao risco de preços, além dos custos de transação de se operar no mercado futuro. Portanto, pesquisas adicionais são necessárias para aprofundamento da questão de viabilidade de um novo contrato futuro, sobretudo àquelas que farão entender a dinâmica comportamental dos agentes desta cadeia, como por exemplo, um levantamento sobre os mecanismos de proteção ao risco utilizados usualmente pelos orizicultores brasileiros, e em especial da Região Sul, sejam estes contratos a termo, seguros bancários, estoques cooperados, entre outros. Além disso, é fundamental o entendimento das operações de comercialização desta cadeia, para o desenho de um contrato que atenda às reais necessidades dos agentes.

Pretende-se, dessa forma, expandir esta pesquisa a outras duas frentes, de forma a agregar maiores informações em relação à viabilidade de criação de um contrato de arroz no Brasil. Primeiramente, uma análise de *cross-hedge* entre o arroz gaúcho e os contratos futuros de arroz existentes em bolsas estrangeiras, ou os próprios contratos futuros de outras *commodities* na BM&FBOVESPA, é essencial para compreender se um novo contrato pode concorrer com outros analisados, e assim, atrair poucos *hedgers* e resultar em baixa liquidez. E futuramente, através de um trabalho que priorize o entendimento das atuais relações contratuais de compra e venda entre indústrias beneficiadoras de arroz e orizicultores na região de referência, bem como analisar o montante de recursos públicos destinados à esta atividade e o percentual de produtores que beneficiam-se dos programas de auxílio do governo, além de outras fontes de recursos, como empréstimos bancários e alternativas de produção de outras culturas na propriedade.

Deste modo, o presente artigo visou agregar algo de importância a um tema pouco discutido na literatura nacional, e em especial ao setor orizícola, carente de trabalhos aprofundados em economia aplicada, e tampouco voltados à literatura referente a derivativos agrícolas e mercados futuros, visando contribuir a um cenário introdutório para discussões mais avançadas a respeito.

Referências

- ALEXANDER, G.J.; BAPTISTA, A.M. A comparison of VaR and CVaR constraints on portfolio selection with the mean-variance model. **Management Science**, Philadelphia, v. 50, n. 9, p. 1261-1263, 2004.
- ANTHONISZ, S.A. **Capital market equilibrium in a mean-weighted lower partial moment framework**. Brisbane: FIRN, 2009. 59 p. (Working paper series, 2009).
- ARTZNER, P.; DELBAEN, F.; EBER, J.M.; HEATH, D. Coherent measures of risk. **Mathematical Finance**, Boston, v. 9, n. 3, p. 203-228, 1999.
- BARBOSA, A.R.; FERREIRA, M.A. **Beyond coherence and extreme losses: root lower partial moment as a risk measure**. Chicago: SSRN, 2004. 34 p. (Working paper series, 2004).
- BAWA, V.S. Safety-first, stochastic dominance, and optimal portfolio choice. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, New York, v. 13, n. 2, p. 255-271, 1978.
- CAPITANI, D.H.D.; REGAZZINI, L.C.; MATTOS, F.L. Viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil: uma análise dos pré-requisitos necessários. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Brasília. **Anais...** Campo Grande: SOBER, 2010. 21 p.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. **Indicadores de preços físicos**: 2005 a 2011. Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> Acesso em: 20 março 2011.
- _____. **Custo de produção: boi gordo**. 2005 a 2011. Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> Acesso em: 05 julho 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Indicadores da agropecuária**: custos de produção. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 fevereiro 2011.
- _____. **Preços mínimos**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 17 fevereiro 2011.
- COSTA, A.A.; COELHO, A.B.; MIRANDA, S.H.G. de.; LIRIO, V.S. Condições para implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 28, n. 54, p. 449-279, 2010.
- COTTER, J.; DOWD, K.; MORGAN, W. **Extreme measures of agricultural financial risk**. UCD Business Schools: Banking & Finance, Dublin, 2008. 41 p.
- CRUZ JUNIOR, J.C. **Modelo de razão de hedge ótima e percepção subjetiva de risco nos mercados futuros**. 2009. 100 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

DOWD, K. **A range test of risk forecasting models**. Centre for Risk & Insurance Studies: The University of Nottingham, Nottingham, maio 2004. 14 p. (Texto para discussão, série II).

_____. **Measuring market risk**. 2nd ed, John Wiley & Sons: Sussex, 2005. 390 p.

FISHBURN, P.C. Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 67, n.2, p. 116-126, 1977.

GIANNOPOULOS, K.; CLARK, E.; TUNARU, R. Portfolio selection under VaR constraints. **Computational Management Science**, London, v. 2, n. 2, p. 123-138, 2005.

GOURIEROUX, C.; JASIAK, J. **Financial econometrics**. Princeton: Princeton University Press, 2001. 513 p.

GROOTVELD, H.; HALLERBACH, W. Variance vs downside risk: is there really that much difference? **European Journal of Operational Research**, London, v. 114, n. 2, p. 304-319, 1999.

GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. 4 ed, Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 812 p.

HARRIS, R.D.F.; SHEN, J. Hedging and value at risk. **The Journal of Futures Markets**, Boston, v. 26, n. 4, p. 369-390, 2006.

HAWES, C.R.; WILSON, W.W.; DAHL, B.L. Value at risk: agricultural processor procurement and hedging strategies. **Agribusiness & Applied Economics Report**. NDSU: Fargo, jan. 2005. 42 p. (Texto para discussão, 553).

HOLTHAUSEN, D.M. A risk-return model with risk and return measured as deviations from a target return. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 71, n. 1, p. 182-188, 1981.

HUANG, C.F.; LITZENBERGER, R.H. **Foundations for financial economics**, New York: Elsevier, 1988. 365 p.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. 2 ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros/Cultura Editores Associados/Prentice Hall, 1995. 448 p.

JORION, P. **Value at risk** - the new benchmark for managing financial risk. New York: McGraw-Hill, 2001. 602 p.

KRITZMAN, M.; RICH, D. The mismeasurement of risk. **Financial Analysts Journal**, Charlottesville, v. 58, n. 3, p. 91-99, 2002.

LARSEN, R.; VEDENOV, D.; LEATHAM, D. Enterprise-level risk assessment of geographically diversified farms: a copula approach. In: AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 2009, Milwaukee. **Anais...** Atlanta: AAEA, 2009. 17 p.

LECHNER, L.A.; OVAERT, T.C. Value at risk: techniques to account for leptokurtosis and asymmetric behavior in returns distributions. **The Journal of Risk Finance**, Philadelphia, v. 11, n. 5, p. 464-480, 2010.

LIANG, B.; PARK, H. Risk measures for hedge funds: a cross-sectional approach. **European Financial Management**, Chichester, v. 13, n. 2, p. 333-370, 2007.

LIEN, D.; TSE, Y.K. Hedging downside risk with futures contracts. **Applied Financial Economics**, London, v. 10, n. 2, p. 163-170, 2000.

MANFREDO, M.R.; LEUTHOLD, R.M. Market risk and the cattle feeding margin: an application of value-at-risk. **Agribusiness International Journal**, Mississauga, v. 17, n. 3, p. 333-353, 2001.

MAY, G.J.; LAWRENCE, J.D. A decision model to assess cattle feeding price risk. In: CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING, AND MARKET RISK MANAGEMENT, 2002, Chicago. **Anais...** St. Louis: NCR-134, 2002. 17 p.

MARKOWITZ, H.M. **Portfolio selection**: efficient diversification of investments. New York, 1959. 344 p.

MATTOS, F.L.; GARCIA, P.; NELSON, C. Relaxing standard hedging assumptions in the presence of downside risk. In: CONFERENCE ON APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING, AND MARKET RISK MANAGEMENT, 2005, Chicago. **Anais...** St. Louis: NCR-134, 2005. 14 p.

MATTOS, F.L.; GARCIA, P.; NELSON, C. Relaxing standard hedging assumptions in the presence of downside risk. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, Urbana-Champaign, v. 48, n. 1, p. 78-93, 2008.

McKENZIE, A.; SINGH, N. Hedging effectiveness around U.S. department of agriculture crop reports. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, Athens, GA, v. 43, n. 1, p. 77-94, 2011.

MENEZES, C.; GEISS, C.; TRESSLER, J. Increasing downside risk. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 70, n. , p. 921-932, 1980.

MEYER, J. Two-moment decision models and expected utility maximization. **The American Economic Review**. Pittsburgh, v. 77, n. 3, p. 421-430, 1987.

MIRANDA, S.H.G. de; SILVA, G.S.; BRAGHETTA, M.A.N.S.; ESPÓSITO, H.O.M. A cadeia agroindustrial orizícola do Rio Grande do Sul. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 27, n. 52, p. 75-96. 2009.

MOSCHINI, G.; HENNESSY, D.A. Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers. In: GARDNER, B.; RAUSSER, G. **Handbook of agricultural economics**. Boston: Elsevier Science, 2001. v. 1, p. 87-153.

NAWROCKI, D.N. A brief history of downside risk measures. **Journal of Investing**, New York, v. 8, n. 3, p. 9-25, 1999.

PRITCHETT, J.G.; PATRICK, G.F.; COLLINS, K.J.; RIOS, A. Risk management strategy evaluation for corn and soybean producers. **Agricultural Finance Review**, New York, v. 64, n. 1, p. 45-60, 2004.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS - PECEGE. **Custo de produção de cana-de-açúcar e etanol no Brasil: relatórios 2007 a 2011**. Piracicaba: FEALQ, 2011. 101 p.

RACHEV, S.T.; MENN, C.; FABOZZI, F.J. Risk measures and portfolio selection. In: _____. **Fat-tailed and skewed asset returns distributions: implications for risk management, portfolio selection, and option pricing**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. p. 181-198.

STREET, A. On the conditional value at risk probability-dependent utility function. **Theory and Decision Journal**, Paris, v. 68, n. 1, p. 49-68, 2009.

SZEGÖ, G. Measures of risk. 2002. **Journal of Banking & Finance**, New York, v. 26, n. 1, p. 1253-1272, 2002.

THOMPSON, C.J.; MCCARTHY, M.A. Alternative measure to value at risk. **The Journal of Risk Finance**, Philadelphia, v. 9, n. 1, p. 81-88, 2008.

TSAY, R. **Analysis of financial time series**. 3rd ed, Hoboken: John Wiley & Sons: Hoboken, 2010. 714 p.

UNSER, M. Lower partial moments as measures of perceived risk: an experimental study. **Journal of Economic Psychology**, Chicago, v. 21, n. 3, p. 253-280, 2000.

WILSEN, W.W.; NGANJE, W.E.; HAWES, C.R. Value at risk in bakery procurement. **Review of Agricultural Economics**, Cary, v. 29, n. 3, p. 581-595, 2005.

ZHANG, R.C. Hedging downside risk to farm income with futures and options: effects of government payment programs and federal crop insurance plans. In: AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 2007, Milwaukee. **Anais...** Portland: AAEA, 2007. 31 p.

ZHENG, H. Efficient frontier of utility and CVaR. **Mathematical Methods of Operational Research**, London, v. 70, n. 1, p. 129-148, 2009.

ZYLSTRA, M.J.; KILMER, R.L.; URYASEV, S. Risk balancing strategies in the Florida dairy industry: an application of conditional value at risk. In: AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION, ANNUAL MEETING, 2003, Milwaukee. **Anais...** Montreal: AAEA, 2003. 25 p.

4 RISCO DE BASE E ALTERNATIVAS DE *CROSS-HEDGE* PARA O ARROZ BRASILEIRO

Resumo

Previamente ao estabelecimento de um novo contrato futuro para uma *commodity* específica, a bolsa deve considerar as possibilidades de existência de *cross-hedge* deste produto com outro contrato futuro já existente, precavendo-se, assim, de uma possível concorrência entre contratos, e consequentemente, perda de liquidez para o novo contrato, ou mesmo para ambos. A proposta central deste capítulo se deu na investigação de possibilidades de *hedge* cruzado do arroz brasileiro com os contratos futuros de arroz na bolsa de Chicago, e com os contratos futuros das culturas graneleiras de milho e soja na BM&FBOVESPA. Para isso, analisou-se o risco de base, a razão de *hedge* ótima e a efetividade do *hedge* em cada uma das referidas operações de *cross-hedge*. Além disso, foram aplicados testes para identificação da estacionariedade das séries e da cointegração entre as operações em análise, de forma ao melhor ajuste dos modelos de *cross-hedge*. Os resultados principais sugerem um risco de base elevado, principalmente nas transações com soja, além de razões de *hedge* ótimas abaixo de 10% e efetividade do *hedge* próximas a zero em todas as situações, levando à conclusão de que nenhuma das alternativas de *cross-hedge* é viável para o gerenciamento do risco de preços dos agentes orizícolas brasileiros. Adicionalmente, os mesmos procedimentos foram aplicados considerando o indicador de preços à vista do Rio Grande do Sul como uma referência a um hipotético contrato futuro de arroz brasileiro com liquidação financeira. Os resultados mostram que o indicador seria uma boa referência a um novo contrato futuro desta *commodity*.

Palavras-chave: Risco de base; *Cross-hedge*; Razão de *hedge*; Efetividade do *hedge*; Arroz; Mercados futuros

Abstract

Before the establishment of a new futures contract for a specific commodity the futures exchange must consider the cross-hedge possibilities among this commodity and any current futures contract. The reason for that is to avoid the cannibalism between the contracts which affect their liquidity. This chapter proposed to investigate the cross-hedge possibilities for Brazilian rice with Chicago rice futures contract and with BM&FBOVESPA corn and soybean futures contracts. Risk basis, optimal hedge ratio, and hedge effectiveness of the three cross-hedge operations were analyzed. Also, for a better adjustment of the estimated models, it was applied tests for series stationary identification and cointegration among each hedge operations. Results point out for high basis risk, especially for the cross-hedge transaction with soybean futures. Also, all optimal hedge ratios found were lower than 10% as the hedging effectiveness, which reached values almost equal to zero in all operations. These findings lead to conclusions that none of these alternative cross-hedge operations are feasible for Brazilian rice hedge. Additionally, the same procedures were estimated in a hypothetical situation considering the current Brazilian rice cash prices index as reference for a new

futures contract. Results suggest that this index might be a good reference for a new futures contract design.

Keywords: Basis risk; Cross-hedge; Hedge ratio; Hedge effectiveness; Rice; Futures markets

4.1 Introdução

O gerenciamento do risco de preços tem ganhado importância nas discussões à respeito da gestão da produção agrícola, sobretudo considerando o lado do produtor, sujeitos, de um lado, às incertezas de produção, e do outro às indústrias cada vez mais competitivas e com influência na formação dos preços (FRANKEN; PARCELL, 2003). Conforme mencionado nesta tese, muitos produtores e agentes atuantes na cadeia orizícola no Brasil têm ressaltado, frequentemente, dificuldades na gestão do risco dos preços recebidos, em razão de situações de baixos retornos e alta variação nos preços deste cereal no mercado doméstico. Além disso, a presente pesquisa identificou, em um de seus artigos, um elevado *downside risk* para esta cultura em relação a outras atividades agrícolas no país.

Assim, tais agentes¹ enfrentam um risco de preços similar ou até mesmo maior que de outras *commodities* tradicionais no mercado doméstico. Porém, ao contrário de algumas destas, os orizicultores e demais elos desta cadeia agroindustrial não dispõem de um contrato futuro ou de opções que os auxiliem em um melhor gerenciamento dos riscos de suas atividades. Isto implica em algumas restrições no que se refere às opções de comercialização da produção agrícola, da compra dos insumos para beneficiamento, ou nas decisões de vendas das indústrias e compras dos grandes atacados e varejistas.

Neste contexto, uma das alternativas aos agentes se dá através da operação via *hedge* cruzado, ou em outras palavras, *cross-hedge*, a qual é realizada a partir do fechamento de uma posição de compra/venda com contrato futuro existente de outra *commodity* em bolsa local, ou alternativamente, outros contratos futuros da mesma *commodity* em bolsas estrangeiras. Segundo Franken e Parcell (2003), uma operação de *cross-hedge* é realizada a partir do *hedge* do preço físico de uma *commodity* com o contrato futuro de outra *commodity*, porém com alguma relação com a primeira. Isto implica que o *hedger* utiliza informação de um mercado para precaver-se do risco de preços de outro produto em outro mercado.

¹ Deve-se ressaltar, no entanto, que na pesquisa do segundo artigo desta tese, o foco se deu no produtor rural.

Atualmente, agentes envolvidos na atividade orizicultora no Brasil têm como alternativa a própria BM&FBOVESPA, onde podem considerar a possibilidade de realizar o *cross-hedge* com um contrato futuro de outra *commodity* agrícola que tenha alguma relação de preços, safra, demanda doméstica, estoques ou comercialização semelhantes ao do mercado de arroz. Analogamente, os produtores e beneficiadores envolvidos no comércio exterior deste cereal têm a opção do *hedge* de câmbio na bolsa. Além destas opções, existem algumas possibilidades de *cross-hedge* no mercado externo, como a utilização de contratos futuros de arroz em bolsas estrangeiras.

Dentre estas, ressaltam-se as quatro bolsas que possuem contratos de arroz com liquidez e utilizados como referência para *hedgers* de arroz em importantes mercados internacionais. A bolsa de Chicago, nos EUA (*Chicago Mercantile Exchange* - CME), com o contrato de arroz em casca (*rough rice*), a bolsa de Bangkok, na Tailândia (*Agricultural Futures Exchange of Thailand* - AFET), com o contrato arroz branco 5% (*white rice 5%*), e mais recentemente, a bolsa de Zhengzhou, na China (Zhengzhou Commodity Exchange - ZCE), com o contrato de arroz longo de primeira safra (*Early long-grain nonglutinous rice*) e a bolsa de Tóquio (Tokio Grain Exchange - TGE), com o contrato de arroz castanho (*brown rice*).

Entretanto, a efetividade de qualquer *hedge* depende fundamentalmente do risco de base. Considerando o risco de base envolvido na operação, o *hedger* deve buscar um contrato que minimize-o e, conseqüentemente, auxilie no seu gerenciamento, reduzindo as probabilidades de uma operação com perdas significativas. Assim, tal como enfatizam Lord e Turner (1998), o conhecimento acerca do comportamento da base é fundamental para implementar estratégias eficientes e com riscos minimizados

Partindo deste problema, o presente artigo propõe-se analisar as possibilidades de operações de *cross-hedge* para o arroz brasileiro com contratos futuros relacionados na BM&FBOVESPA e também na operação de *own-hedge*² com contratos futuros de arroz nas bolsas de futuros de Chicago (CME), e concomitantemente, calcular o risco de base nestas operações³. Também, as razões de *hedge* ótimas e a efetividade do *hedge* destas operações são verificadas.

² Por *own-hedge* entende-se a operação envolvendo um contrato futuro qualquer da mesma *commodity* de negociação no mercado físico. De forma geral, a literatura associa o termo "*cross-hedge*" a uma operação cruzada no mercado futuro que envolve duas *commodities* distintas, ou mesmo dois produtos distintos da mesma *commodity* (ex.: farinha de arroz e arroz em casca; farelo de milho e farelo de soja, etc.), enquanto o *own-hedge* envolve dois produtos da mesma *commodity* e com características próximas. Contudo, ressalta-se que, por simplificação, as operações analisadas neste artigo envolvendo o *hedge* de arroz com o contrato futuro de Chicago, são, eventualmente, nomeadas como *cross-hedge*.

³ Em virtude dos contratos da bolsas de Zhegzhou e Tóquio serem ainda recentes, este estudo restringe seu foco nos contratos da CME, o qual possui uma série de dados mais extensa. Já o contrato futuro de Bangkok não foi

Assim, o presente artigo parte de duas pressuposições para analisar tanto as possibilidades de *cross-hedge* com contratos futuros locais de outras *commodities* quanto de *own-hedge* com contrato futuro de arroz em bolsa estrangeira. Para o primeiro caso, considera-se que os contratos futuros de arroz em bolsa estrangeira não representam perfeitamente as características do produto e do mercado doméstico, bem como a sazonalidade da safra brasileira, e assim, é plausível analisar outro contrato no mercado local, de culturas cultivadas e colhidas em períodos similares ao arroz, e que atendam um mercado semelhante a este. Por outro lado, apesar de contratos em bolsas fora do país representarem mercados distintos, constituem o mesmo produto e parte das especificações do arroz no mercado brasileiro.

Desta forma, assumindo que as atuais *commodities* agrícolas negociadas em contratos futuros da BM&FBOVESPA são pouco homogêneas em relação ao arroz, faz-se necessário analisar, simultaneamente, as relações com tais mercados externos. Nesta ótica, os contratos futuros de milho e soja da BM&FBOVESPA são analisados como alternativas de *cross-hedge* doméstico para o arroz, uma vez que tais *commodities*, dentre as seis negociadas na bolsa de São Paulo, são as que mais se aproximam da atividade orizícola no que tange à periodicidade de safra, características de estocagem e comercialização, e proximidades entre as áreas de produção.

Além disso, como exercício para comparação da eficiência de um hipotético contrato futuro de arroz no país, as operações de *cross-hedge* também são testadas a um contrato futuro de arroz hipotético. Será considerada a criação de um contrato futuro de arroz no Brasil e operações de *own-hedge* com esse contrato hipotético serão simuladas. O cenário dessa simulação é atrelado a um contrato futuro com liquidação financeira baseado no indicador de preços de arroz do Rio Grande do Sul, levantados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA, da Universidade de São Paulo. Ressalta-se que este exercício adicional tem apenas o intuito de simular um hipotético cenário de um contrato não existente, com o indicador de preços atualmente mais próximo de ser utilizado como parâmetro para sua liquidação financeira. Neste sentido, enfatiza-se que os resultados baseados em tais situações simuladas de *hedge* devem ser cautelosamente interpretados.

4.1.1 Hipótese

analisado em virtude de, no período em questão, o mesmo ter sido extinto e relançado por duas vezes, por ausência de liquidez, o que acarretou em longos períodos de séries ausentes de preços futuros.

Os condicionantes do mercado orizícola brasileiro são determinados pelo consumo doméstico, com pouca integração com o mercado internacional. Além disso, o arroz possui características distintas de outras culturas agrícolas no país. Tais constatações levantam a hipótese de que não há nenhum contrato futuro doméstico ou estrangeiro que atenda adequadamente às necessidades dos orizicultores brasileiros. Atrelado ao fato desta *commodity* não possuir um contrato futuro doméstico, acredita-se não haver, atualmente, alternativas de *hedge* viáveis a produtores, indústrias e agentes atuantes nesta cadeia agroindustrial no país.

4.2 Revisão bibliográfica

4.2.1 Conceituação do *cross-hedge*

O primeiro passo para o entendimento do conceito de *cross-hedge* é compreender o conceito de *hedge*. Por *hedge*, entende-se como uma operação que visa administrar o risco contra variações indesejadas nos preços, através da negociação de compra ou venda do ativo em uma bolsa de futuros (MARQUES; MELLO; MARTINES-FILHO, 2008).

Segundo Working (1962), o *hedge* não só auxilia no gerenciamento do risco de preços, como também pode ser útil para assegurar um retorno desejado ao produtor. Sob esta ótica, o autor determina que o *hedger* atua no mercado futuro visando facilitar suas estratégias em relação às suas expectativas de preços e à sua capacidade de estocagem e carregamento, auxiliar seu processo de negociação, antecipar as negociações à vista e evitar variações de preços indesejadas.

Ainda de acordo com Working (1962), como existem dois tipos de *hedge* - compra (*long*) e venda (*short*) - os *hedgers* podem ganhar no mercado futuro e perderem no mercado *spot*, ou perderem no mercado futuro e ganharem no mercado *spot*. O ganho ou perda total do *hedge* depende de como os preços futuros e *spot* se movimentam em relação ao outro, isto é, depende dos movimentos da base. Assim, o *hedger* que atua no mercado futuro está disposto a assumir um risco de base em troca do risco de preço. Neste caso, o risco de preço é assumido pelos especuladores, que com isso, contribuem com uma maior liquidez do mercado.

O *cross-hedge*, por sua vez, se dá a partir do *hedge* de um ativo diferente daquele referenciado na bolsa, ou seja, o *hedger* utiliza-se de um contrato futuro em que acredita contemplar parte das características de seu ativo (HIERONYMUS, 1977). Black (1986) relaciona o risco residual com os custos de transação para demonstrar a eficiência de uma

operação de *cross-hedge*. Segundo a autora, se um contrato futuro é utilizado eficientemente como um substituto próximo à outra *commodity*, a redução do risco residual originada da criação de um novo contrato (para *own-hedge*) é menos atrativa e pode não cobrir os custos de transação, devido à menor liquidez deste novo contrato, reduzindo assim as chances de seu sucesso. Por outro lado, se a operação de *cross-hedge* gera um alto risco residual, pode haver espaço para a criação de um novo contrato.

Pode-se encontrar na literatura internacional diversos estudos que se propuseram a analisar a efetividade de operações de *cross-hedge* entre *commodities* agrícolas. Historicamente, é possível observar que os trabalhos têm evoluído de uma análise empírica para a aplicação de testes com maior embasamento estatístico. Uma das primeiras contribuições acadêmicas sobre tal assunto foi o estudo de Anderson e Danthine (1981), que proporcionou uma revisão teórica sobre o *hedge* no mercado futuro sob a ótica do comportamento dos agentes. Os autores introduziram o conceito de *hedge* cruzado e associaram seu padrão ao formato da operação de *hedge* tradicional. Também, demonstraram a regra de decisão ótima para os agentes cujos objetivos são maximizar os retornos a partir de suas expectativas no mercado à vista e futuros. Para os autores, o *cross-hedge*, assim como o *own-hedge*, só tendem a ser eficientes se a correlação entre preços nos mercados disponível (à vista) e futuros for uma constante e diferente de zero.

Dentre os trabalhos clássicos que se propuseram a aplicar estes conceitos empiricamente, pode-se citar o de Hayenga e Di Pietre (1982), que analisaram as estratégias para o *cross-hedge* dos principais cortes de produtos de origem suína no nível de atacado com o contrato futuro de suínos vivos na CME. O problema analisado se relacionava às estratégias dos atacadistas e indústrias em gerir seus estoques perecíveis de origem animal, atuando no mercado futuro. Nesta análise, Hayenga e Di Pietre (1982) determinaram a análise para um horizonte de nove anos (1970 a 1979), com preços diários. Para isso, aplicaram uma análise de regressão por mínimos quadrados ordinários (MQO), expressa da seguinte maneira:

$$CP_{ij} = a_{ij} + b_{ij}FP_i + u_{ij} \quad (1)$$

em que CP_{ij} se refere ao preço à vista médio do j -ésimo produto em atacado durante o período i do contrato; FP_i se refere ao preço médio de fechamento do contrato futuro de suínos vivos mais próximo durante o período i , para cada ano; e u_{ij} é um termo de erro.

Seus resultados indicaram um elevado coeficiente de determinação, explicando a relação entre os preços dos principais cortes de suínos no atacado com os preços do contrato

futuro de suínos vivos, o que os levou à conclusão de que a utilização deste contrato por atacadistas seria uma boa opção de *hedge*.

Blake e Catlett (1984) examinaram as possibilidades de *hedgear* a produção de feno de alfafa oriunda do Estado norte-americano do Novo México, utilizando-se do contrato futuro de milho na Chicago Board of Trade - CBOT. Neste estudo, Blake e Cattlet (1984) propuseram uma revisão sobre os conceitos usuais da literatura à época e discutiram sobre algumas de suas aplicações, como o cálculo da correlação entre os preços físicos e futuros, a análise das implicações de mercado sobre as estratégias de *hedge*, e a estimação de uma regressão entre os preços físicos e futuros, de forma a obter a efetividade do *hedge*. Seus resultados apontaram que o *cross-hedge* era efetivo em termos do aumento dos retornos aos produtores de feno de alfafa, sobretudo nos contratos com vencimento no mês de maio.

Elan, Miller e Holder (1986), por sua vez, analisaram a viabilidade de realizar o *hedge* de farinha de arroz do mercado norte-americano, mais especificamente no Arkansas, utilizando dos contratos futuros de milho, aveia, trigo e farelo de soja nas bolsas de futuros de Chicago - CBOT e do centro-americano - MCE. Os autores ressaltaram que apesar da existência, à época, de um contrato futuro para o arroz em casca na Bolsa do Arroz e Algodão de Chicago - CRCE, a dinâmica do mercado e a formação dos preços da farinha de arroz eram pouco relacionadas com a comercialização do cereal *in natura*, em virtude das decisões sobre a produção da farinha serem tomadas após os agentes comercializarem a safra do arroz no mercado doméstico e externo. Ao aplicarem o método de mínimos quadrados ordinários (MQO) com os dados de preços mensais, os autores encontraram que o *cross-hedge* seria mais efetivo com o contrato futuro de milho, uma vez que a farinha de arroz apresenta características proteicas semelhantes ao milho, e assim, possui certos nichos de mercado similares à esta, o que consequentemente correlaciona o comportamento dos preços de ambos os produtos, resultantes dos fluxos domésticos de oferta e demanda para cada um.

Outro trabalho analisando o arroz é o de Zacharias et al. (1987), onde a preocupação central foi estudar o potencial de realização do *hedge* cruzado do arroz, antes da sua colheita no Estado de Louisiana, com o contrato futuro de trigo. A motivação encontrada é derivada da baixa liquidez observada no contrato futuro de arroz da CRCE, à época. Para isso, sugeriu considerar a hipótese de se utilizar o contrato do trigo de inverno vermelho, com vencimento em setembro, em virtude de sua colheita coincidir com a pré-colheita do arroz no sul dos EUA. A simulação de aproximações numéricas combinadas com a análise de eficiência do risco possibilitou expandir a variedade de alternativas para o *cross-hedge*, concluindo que tal alternativa seria viável para os produtores de arroz da Louisiana.

Também, Lee, Hayenga e Lence (1995) examinaram a efetividade do *hedge* para o arroz no Estado de Arkansas, em relação ao contrato futuro de arroz em casca da CBOT, e a possibilidade de realização do *own-hedge* entre o arroz beneficiado do Arkansas, Texas, Louisiana e Califórnia com o contrato futuro mencionado. O período de análise restringiu-se entre 1986 a 1993. Três diferentes abordagens para estimar a razão de *hedge* e o preço de minimização do *hedge* foram aplicadas. Primeiramente, estimou-se uma regressão por MQO entre os preços à vista e futuros em todos os Estados. Depois, considerou-se que existem diferenças de sazonalidade entre cada região, separando-se as análises de regressão de cada uma. Após isso, estimou-se um modelo para correção da base, incorporando-se informações recentes de mercado em cada equação. Os principais resultados desta pesquisa sugeriram que os modelos com incorporação das sazonalidades e informações de mercado são menos propensos a erros. O modelo incorporando informações de mercado indicou que o *hedge* era efetivo para os Estados do Arkansas, Texas e Louisiana, mas não para a Califórnia. Ainda, encontrou-se que o *hedge* direto de arroz em casca para os produtores do Arkansas é eficiente e oferece uma razão de *hedge* estável.

Mais recentemente, diferentes trabalhos analisaram a viabilidade de *hedge* cruzado para mercados diversos. Tais trabalhos apresentam distintas técnicas, ferramentas e abordagens, agregando maior acurácia na mensuração da eficiência deste tipo de operação. Entre estes, Souza (1998) avaliou a viabilidade de operações de *hedge* nos mercados futuros brasileiro e argentino para agentes de ambos os países. Com foco nos contratos de soja, trigo, milho e boi gordo, avaliou a viabilidade de *hedgers* brasileiros operarem na bolsa de Rosário, com os contratos de trigo, soja e milho, e *hedgers* argentinos operarem contratos de soja, milho e boi gordo na BM&F. Para isso, analisou-se a efetividade do *cross-hedge*, dado seu risco residual e custos de transações. Seus resultados apontaram baixa eficiência nas operações de *cross-hedge* entre tais países, muito em parte do alto nível de risco de tais operações cruzadas, o que foi identificado como principal fator de desestímulo às operações por tais agentes.

Rahman, Turner e Costa (2001) investigaram a viabilidade do uso do contrato futuro de farelo de soja na CBOT, para o *cross-hedge* do farelo de algodão em sete regiões norte-americanas. De forma a compreender as direções nas movimentações dos preços de um para o outro, foram estimadas regressões lineares simples pelo método de mínimos quadrados ordinários. Os autores encontraram que os preços movem-se na mesma direção e relacionam-se entre si, e que o valor recebido pelas operações cruzadas são geralmente maiores que operando apenas no mercado à vista, ou seja, com efetividade do *hedge*.

Em decorrência do crescimento da oferta e demanda internacional de etanol no início de 2000, Franken e Parcell (2003) propuseram um estudo para avaliar oportunidades de *cross-hedge* deste produto no mercado norte-americano. Analisando a razão de *hedge* ótima entre os preços à vista de etanol em Detroit e futuros de gasolina na bolsa de Mercadorias e Futuros de Nova York - NYMEX, os autores encontraram que esta operação é apropriada para reduzir as incertezas sobre o preço de etanol. No entanto, foi ressaltado que tal operação seria mais eficaz se o *hedge* de etanol fosse feito em maior volume que o estipulado no contrato futuro de gasolina.

Outro estudo é o de Silveira (2003), que analisou as operações de *cross-hedge* dos preços do bezerro em relação ao contrato de boi gordo na BM&F. Para tanto, o autor calculou o risco de base destas operações, as razões de *hedge* ótimas e a efetividade das operações de *hedge*, entre 1995 a 2001, em diferentes praças produtoras do Centro-Sul brasileiro. Suas conclusões apontaram para uma baixa efetividade do *cross-hedge* em todas as regiões, mostrando que o uso do contrato de boi gordo para o *hedge* de bezerro não era, à época de análise, um instrumento eficiente.

Rahman, Dorfman e Turner (2004) examinaram a viabilidade do *cross-hedge* de produtos derivados da semente do algodão utilizando os contratos futuros do complexo soja (grão, farelo e óleo), na CBOT, entre 1994 a 1999. Para os cálculos, os autores elaboraram uma abordagem bayesiana para decisões sob a utilidade esperada para diferentes níveis de aversão ao risco, e estimaram horizontes de *hedge* para a maximização do lucro a partir da razão de *hedge* ótima. Os resultados obtidos indicaram que as operações de *cross-hedge* analisadas eram perfeitamente eficazes. Entretanto, o trabalho conclui que os *hedgers* devem atentar-se a escolher cautelosamente o tamanho ideal de suas posições no mercado futuro e o tempo para encerramento das mesmas, para que suas posições sejam, de fato, eficientes.

Com o crescimento da importância econômica dos resíduos gerados pela produção do etanol de milho nos EUA, o DDG⁴, Brinker et al. (2009) procuraram analisar a opção do *cross-hedge* deste subproduto não só com o farelo de milho, mas também com o farelo de soja, uma vez que o DDG é adicionado a estes dois compostos para a produção de ração animal. Aplicando regressões lineares pelo método de mínimos quadrados ordinários para encontrar as razões de *hedge* ótimas em usinas de etanol de quatro diferentes Estados norte-americanos, os autores encontram que, independente do contrato futuro, o *cross-hedge* é

⁴ *Distillers dried grains* (DDG) corresponde ao resíduo sólido oriundo da produção de etanol de milho e com valor proteico suficiente para mistura na ração animal.

efetivo para o DDG em todas as condições, porém variando o risco de acordo com cada região.

Aplicações semelhantes foram realizadas por Parcell et al. (2009) na análise da possibilidade de *hedge* de farinha de peixe a partir do futuro de farelo de soja e de milho na CME. Os resultados indicam que, embora seja efetivo a utilização do contrato de farelo de soja, quando analisada a possibilidade de se utilizar o farelo de milho, nota-se que este reduz significativamente o risco da variabilidade de preços para os *hedgers* de farinha de peixe.

De forma geral, os trabalhos citados anteriormente apresentam que a evidência de um padrão de eficiência do *cross-hedge* depende de um produto para outro. Percebe-se em tais estudos uma sinalização de que quando os produtos possuem alguma relação entre si, não necessariamente física, mas de mercado, no que tange às possibilidades de atenderem características similares destinadas a fins em comum, o *hedge* é efetivo. Por outro lado, quando não há integração de mercado, ou sem ponto de convergência comum dentro de um mercado, os resultados das estimações apresentadas indicam uma baixa efetividade do *hedge*.

4.2.2 Risco de base

O termo referente à base é compreendido como sendo a diferença entre o preço físico da região em que encontra-se o *hedger* e o preço futuro do contrato negociado em bolsa, ou seja, o seu conhecimento auxilia na redução dos impactos advindos de variações nos níveis dos preços físicos e futuros das *commodities* (MARQUES; MELLO; MARTINES-FILHO, 2008). Assim, a compreensão sobre a base e os fatores que afetam seu comportamento são fundamentais para tomadas de decisões dos agentes sobre a produção e comercialização agrícolas (GARCIA; LEUTHOLD; SARHAN, 1984).

Segundo Hull (1995), a base, em uma situação de *hedge*, é definida da seguinte maneira:

$$Base = P_{físico} - P_{futuro} \quad (2)$$

Segundo o autor, a base é oscilante ao longo do contrato, podendo ser negativa ou positiva, de acordo com as variações nos preços físicos e futuros. Se o preço à vista crescer a uma maior taxa que o futuro, diz-se que a base aumenta, ou que há um fortalecimento da base. Caso o preço futuro cresça mais que o preço físico, há um enfraquecimento da base.

Segundo Garcia, Leuthold e Sarhan (1984), produtores, indústrias e *traders* que praticam o *hedge* de compra ou venda no mercado futuro movimentam suas posições constantemente para anteciparem-se a variações específicas na base. Entretanto, diversos fatores exógenos influenciam no comportamento dos preços nos mercados físico e futuro, e variações inesperadas na base criam riscos aos *hedgers*, de acordo com suas posições, tornando menos desejável a operação no mercado futuro, tendo assim, o chamado risco de base. Neste sentido, conforme complementa Netz (1996) os *hedgers* realizam uma troca do risco de preços no mercado físico pelo risco de base no mercado futuro.

Adicionalmente, Fligewski (1984) ressalta que as variações diárias na diferença entre os preços à vista e preços futuros induzem a flutuações nos retornos das posições *hedgeadas*. A magnitude deste risco é então delineada pela possibilidade de ocorrência de arbitragem entre estes preços. Ou seja, em mercados onde os custos de transação são pequenos e há arbitragem, o risco de base tende a ser insignificante. Caso contrário, o risco de base se eleva e pode afetar as decisões de entrada de *hedgers* no mercado futuro.

Porém, mesmo havendo o risco de base, Hull (1995) explicita que tal predição é, ainda, mais exata que a dos preços de *commodities* no mercado físico, o que leva à aceitação por parte dos *hedgers* em eliminar o risco de preços ao mesmo tempo em que se sujeitam ao risco de base. Dada as colocações de Hull, seja S_1 o preço à vista no instante t_1 ; S_2 o preço à vista no instante t_2 ; F_1 o preço futuro em t_1 ; F_2 o preço futuro em t_2 ; b_1 a base em t_1 , e b_2 a base em t_2 . Sabendo que a base é a diferença entre o preço físico da região em que o *hedger* se encontra e o preço futuro, tem-se:

$$b_1 = S_1 - F_1 \quad (3)$$

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

Considerando-se, por exemplo, um *hedge* de venda iniciado em t_1 e encerrado em t_2 , o saldo final (lucro ou prejuízo) para o *hedger* será:

$$S_2 + (F_1 - F_2) = F_1 + b_2 \quad (5)$$

Ou seja, ao final da operação, o *hedger* receberá a soma entre o preço futuro no início do contrato e a base no instante de encerramento deste contrato. Entretanto, como b_2 não é conhecida, a incerteza do *hedge* está associada ao seu valor, o qual é conhecida como risco de base. Assim, para um *hedge* de venda, a posição melhorará quanto mais a base se fortalecer, enquanto para um *hedge* de compra, a posição melhorará em caso de um enfraquecimento da base.

Diversas são as pesquisas com foco no estudo do comportamento da base em contratos futuros agropecuários. Um dos primeiros estudos que procurou entender os fatores que afetam o comportamento da base foi o de Vollink e Raikes (1977). Este estudo objetivou analisar a base para produtores de boi gordo nas localidades de entrega estabelecidas nos contratos futuros. A análise empírica foi aplicada para treze vencimentos do contrato em conjunto com um modelo de equilíbrio entre os dois mercados, considerando o custo de transporte até o ponto de entrega. Desta análise, os autores encontraram que as expectativas de preços dos especuladores explicam grande parte da variação da base, principalmente em decorrência do risco associado à entrega e à arbitragem. Outra constatação é de que o risco de base é maior próximo do ponto de vencimento de cada contrato, o que se dá em virtude da maior incerteza dos *hedgers* sobre o momento da entrega, sobretudo em razão de tratar-se deste tipo de produto, diferentemente das commodities estocáveis, como grãos, por exemplo.

Analizando algumas praças produtoras distantes dos pontos de entrega referenciados no contrato futuro de milho da CBOT, Martin, Groenewegen e Pidgeon (1980) buscaram compreender as condições do mercado local do Sudoeste da Província de Ontário, Canadá, de forma a compreender o comportamento dos preços e aprimorar a qualidade das informações referentes aos fatores que afetam a base para *hedgers* daquela região. Aplicando uma análise de regressão por mínimos quadrados ordinários, incluindo fatores como sazonalidade, razão entre produção e consumo doméstico, a produção de milho nacional e do principal parceiro comercial (EUA), e políticas agrícolas para compra e estocagem do cereal, os autores encontraram que as variáveis regionais são de suma importância para explicar o comportamento da base.

Garcia, Leuthold e Sarhan (1984) procuraram mensurar e analisar as flutuações nas bases de contratos com vencimentos mensais para os setores de produção animal de bovinos de corte e suínos, a partir de diferentes praças do Meio-Oeste norte-americano. O objetivo dos autores era investigar se as bases variavam de forma distinta em cada um dos mercados; se o grau do risco de base é elevado de acordo com a maturidade de cada contrato, ou se um mercado com mais informação e próximo à maturidade influencia mutuamente os preços

mercados à vista e de futuros; se o risco de base no curto prazo tem relações com fatores econômicos exógenos de longo prazo; e se existem diferenças no padrão aleatório do comportamento das bases para os mercados de suínos e de bovinos de corte.

Aplicando a análise de regressão e o método de análise da diferença das variáveis, que isola os componentes aleatórios das bases diárias e quantifica-os aos movimentos de curto prazo das bases dentro de cada contrato, Garcia, Leuthold e Sarhan (1984) encontraram evidências de que o risco de base é relacionado a diversos fatores de longo-prazo em variáveis econômicas exógenas, os quais aumentam as incertezas sobre tais variações. Outra evidência encontrada foi de que existem pequenas e pouco significativas diferenças no risco de base entre praças distintas, e também, que quanto maior a participação no mercado, maior a informação obtida pelos *hedgers* e, conseqüentemente, maior a acurácia em prever o risco de base do contrato operado, dada as regiões de atuação.

Em outro estudo, Thompson e Bond (1985) propuseram um estudo entre o risco de base de *commodities* agrícolas e o risco da taxa de câmbio negociados em bolsas de futuros norte-americanas por *hedgers* estabelecidos em outros países, de forma a entender os principais fatores que influenciavam as tomadas de decisões destes agentes. Através de uma análise empírica de diferentes situações, os autores sugeriram que os *hedgers* estrangeiros têm menor interesse em fechar posições no mercado norte-americano, quanto maior for o risco de base. Outro fator apontado como redutor do *offshore market* são as operações de *cross-hedge*, em virtude das dificuldades em padronização dos produtos, mercados e safras entre diferentes países. Além disso, o *hedge* simultâneo de taxa de câmbio eleva os riscos aos *traders* e impactam em suas decisões. Tal constatação levou os autores à conclusão de que quanto maiores os riscos envolvidos nas transações, menor tende a ser o volume de negociação fechadas nas bolsas de futuros oriundas de agentes situados em países estrangeiros.

Partindo do pressuposto de que um risco de base elevado implica em uma redução das posições dos *hedgers* no mercado futuro, Netz (1996) propôs um estudo empírico para analisar os efeitos do risco de base nas posições dos *hedgers* no mercado à vista de milho, analisando as variações dos estoques de diferentes localidades produtoras da parte central dos EUA. Para isso, utilizou um modelo padrão de média-variância aplicada aos estoques, onde as oscilações na variância dos preços futuros e físicos afetam diretamente a utilidade do *hedger* quanto à posição a aderir. Assim, assumiu-se que os retornos decorrentes dos estoques físicos são funções do risco de base e do risco de preço. Os resultados encontrados foram de encontro à hipótese levantada, de que quanto maior o risco de base, menores os estoques de milho, uma

vez que nesta situação, os *traders* preferem vender o produto no mercado à vista a operar em bolsa de futuros.

Fraser e McKaig (2001) examinaram o ambiente condicional para a base de cinco contratos futuros na *London International Financial Futures and Option Exchange* - LIFFE, em relação à influência de variáveis sistemáticas que afetam os preços físicos e futuros que não são explicadas por variáveis implícitas em modelos de previsão tradicionais, como por exemplo, políticas públicas pontuais sobre os preços. Com uma base de dados mensal, de 1989 a 1996, os autores aplicaram o método de momentos generalizados (MMG) para testar os componentes de previsão da base para diferentes horizontes temporais. Seus principais resultados indicaram que variações nas bases são comuns com covariância condicional constante. Também, foi apontado que no curto prazo, as variações na base são associadas tanto ao preço físico quanto ao preço futuro realizados, enquanto que a médio e longo prazo, os fatores sistemáticos não previstos são os maiores responsáveis por variações nas bases de todos os contratos analisados.

Não diferente, alguns destes estudos focaram sua análise no risco de base para o arroz no mercado norte-americano, tais como os trabalhos de Lord e Turner (1998) e Giesler, Gauthier e Salassi (1998). Lord e Turner (1998) desenvolveram um modelo de *cross-hedge* para minimização do risco de base e que facilitasse a compreensão do comportamento da base do arroz nos EUA, a partir da análise de correlação entre os preços à vista e a base. Adicionalmente, os autores examinaram o risco de base sob o padrão de sazonalidade desta *commodity*. Usando o contrato de arroz em casca para o *hedge* de arroz de grão médio, Lord e Turner (1987) analisaram a efetividade do *hedge* de mínima variância a partir das razões de *hedge* ótimas. Seus resultados indicaram presença de sazonalidade da base nas regiões produtoras do Arkansas e Califórnia, ajustando assim, a análise de autocorrelação para o cálculo da razão de *hedge*, o que os levou à conclusão de que os ajustes são importantes para uma predição exata do risco de base. Na aplicação empírica, encontrou-se, também, que não há eficiência na operação de *cross-hedge* analisada.

Giesler, Gauthier e Salassi (1998), por sua vez, calcularam a base para o arroz em casca do Sudoeste da Louisiana, EUA, em relação ao contrato futuro de arroz em casca na CME, entre os anos de 1991 a 1997. O objetivo deste estudo foi compreender o comportamento da base nesta região, de forma a implementar estratégias eficientes dos agentes participantes e pleitear melhores políticas de subsídios aos preços da atividade arrozeira do Estado. Utilizando-se de análise de regressão pelo método de mínimos quadrados ordinários, os autores avaliaram, também, os impactos de variáveis explicativas sobre os

preços do arroz na região. Os autores constataram que na maior parte dos anos em análise, as variações na base eram maiores que as variações nos preços à vista, uma vez que estes encontravam-se muito baixos, ou seja, o risco de base era maior que o risco de preços. Portanto, concluíram que o governo deve atentar suas políticas de garantias de preços para o setor, na região de estudo, uma vez que em anos de baixos preços, o *hedge* em bolsa não é suficientemente efetivo para redução do risco aos agentes desta cadeia.

4.2.3 Razão de *hedge* de mínima variância

Conforme discutido, o risco de base é resultado da diferença existente entre os preços correntes nos mercados físico e de futuros, tal como a posição assumida pelos *hedgers*. Assim, seu entendimento ou previsão tornam-se fatores de fundamental importância para o *hedger*, principalmente para que este assuma suas posições nos diferentes mercados. Desta forma, segundo Silveira (2003), os agentes devem definir uma proporção de suas posições à vista que irão assumir no mercado futuro, minimizando, assim, os riscos inerentes às variações nos preços de sua carteira. Tal proporção é conhecida como razão de *hedge* de mínima variância.

A decisão em relação a qual proporção das posições à vista será coberta por posições no mercado futuro é considerada por Myers e Thompson (1989) como um dos principais problemas enfrentados por *traders* de *commodities* agrícolas. Conforme ressalta Cruz Junior (2009), Johnson (1960) deu início à formalização de uma teoria que buscasse determinar a proporção ideal da produção no mercado à vista a ser *hedgeada* no mercado futuro, modernizando a teoria do portfólio e adaptando-a ao problema do *hedging*. Ederington (1979), por sua vez, aprimorou um método para minimização do risco de preço, enquanto Hayenga e Di Pietre (1982) estimaram a razão de *hedge* ótima e a efetividade do *hedge* para atacadistas de produtos de origem suína e bovina que utilizavam tais respectivos contratos futuros.

De acordo com Myers e Thompson (1989), para equacionar-se a razão de *hedge* ótima, deve-se assumir que um agente tem a expectativa de negociar N_A unidades de um ativo em um período. Tal como reforçado por Silveira (2003), para que o agente fixe seu preço de venda ou de compra, deve, obviamente, transacionar contratos futuros de seu ativo na ordem de N_F unidades. Assim, a razão de *hedge* escolhida é expressa como:

$$h = \frac{N_F}{N_A} \quad (6)$$

Aprimorando tal discussão, Cruz Júnior (2009) menciona que o modelo tradicional pode ser formulado a partir do problema de um produtor que opta realizar o *hedge* no mercado futuro, vendendo N_F contratos a um preço F_1 no instante t_1 . Ainda, supõe-se que a receita do produtor no mercado à vista seja conhecida somente no instante t_2 , com a venda de N_S unidades do produto a um preço S_2 . Considerando que em t_2 o produtor inverta sua posição, comprando N_F contratos a um preço F_2 , as receitas nos mercados à vista e futuro, no momento t_2 serão, respectivamente:

$$R_S = N_S S_2 \quad (7)$$

$$R_F = N_F(F_1 - F_2) = -N_F(F_2 - F_1) \quad (8)$$

Desta maneira, a receita total é dada pela soma de R_F e R_S , tal como:

$$R = N_S S_2 - N_F(F_2 - F_1) \quad (9)$$

Substituindo (6) em (9), pode-se incorporar a razão de *hedge* na fórmula da receita, e então, encontrar a variância de R que será minimizada. O problema da minimização da variância será obtido a partir da derivação deste termo em relação à razão de *hedge* (h)⁵. Balizando-se no exemplo do produtor, de acordo com Hull (1995), este procura minimizar a variância de sua carteira (*long* no mercado à vista e *short* no mercado futuro) de modo a minimizar seus riscos.

Tal formulação decorre do trabalho de Johnson (1960), que deriva a razão de *hedge* minimizando o risco do portfólio do *hedger*, assumindo que tal risco é dado pela variância das mudanças no valor do portfólio *hedgado*, onde a minimização da variância de sua carteira resultará na razão de *hedge* ótima, tal como:

$$h_J^* = \rho_{\Delta S, \Delta F} \frac{\sigma_S}{\sigma_F} = \frac{\text{cov}(\Delta S_t, \Delta F_t)}{\text{Var}(\Delta F_t)} \quad (10)$$

⁵ O detalhamento algébrico desta formulação está expresso em Myers e Thompson (1989), Hull (1995, p. 113) e Silveira (2003).

sendo $\rho_{\Delta S, \Delta F}$; σ_s e σ_f os desvios dos preços à vista e futuros, respectivamente; $Cov(\Delta S_t, \Delta F_t)$ a covariância entre as diferenças dos preços à vista e futuros, e $Var(\Delta F_t)$ e $Var(\Delta S_t)$ a variância da diferença dos preços futuros e físicos, respectivamente.

Diversos métodos foram desenvolvidos para a estimação da razão *de hedge* ótima, visando encontrar o grau ótimo de efetividade do *hedge*, como ressaltam Chen, Lee e Shrestha (2003). O modelo tradicional proposto por Johnson (1960) é baseado em uma regressão pelo método de mínimos quadrados ordinários (MQO), que considera mudanças nos preços à vista em virtude de variações nos preços futuros, onde a razão de *hedge* de mínima variância é encontrada pelo intercepto da equação, ou seja, é igual à reta que melhor se ajusta à regressão de mudança dos preços à vista contra mudanças nos preços futuros (CHEN, LEE, SHRESTHA, 2003; CRUZ JÚNIOR, 2009).

Segundo Marshall (1989, apud SILVEIRA, 2003), a efetividade do *hedge* depende de quanto a variação do preço à vista é compensada pela variação do preço futuro, dada a estimação da regressão, ou seja, depende do risco de base. Assim, obtém-se o grau de efetividade do *hedge* mediante o coeficiente de determinação da regressão (R^2), o qual representa a correlação entre os preços à vista e futuros. Neste sentido, quanto maior for o R^2 , maior a eficiência da operação, com tendência de menor risco de base.

Contudo, de acordo com Chen, Lee e Shrestha (2003), para que esta técnica seja válida e eficiente, algumas pressuposições associadas ao método de MQO devem ser satisfeitas. Um dos casos citados pelos autores é o problema da heterocedasticidade no termo de erros da regressão. Também, como bem discutiu Myers e Thompson (1989), o parâmetro de deslocamento desta regressão estimada fornece apenas a razão oriunda da covariância incondicional entre as variáveis dependentes e explicativas para a variância incondicional das variáveis explicativas. Desta maneira, sugere-se o uso de informações de mercado relevantes e condicionadas à regressão, o que gerará covariâncias e variâncias condicionais, para que assim, seja analisado se esta abordagem é apropriada para a estimação da razão de *hedge* ótima.

Cruz Júnior (2009) discorre sobre a proposta de Myers e Thompson (1989) para a generalização do modelo tradicional. Tal generalização deve ser feita a partir de uma melhor especificação, utilizando-se ferramentas disponíveis na metodologia de séries temporais, de forma a evitar estimativas equivocadas. Neste sentido, Viswanath (1993) complementa as considerações de Myers e Thompson (1989), considerando a dependência das convergências possíveis dos preços físicos e futuros e da razão de *hedge* em relação tanto à duração do *hedge* e quanto ao tempo de necessário para que o contrato atinja sua maturidade. Assim, ao invés de

incluir um amplo número de defasagens na estimação da regressão, o autor recomenda a inclusão da base no modelo de regressão, como forma de adicionar as informações de mercado em um modelo mais consistente e com convergência dos preços físicos e futuros no momento em que o contrato futuro atinge sua maturidade.

4.3 Metodologia

Apresenta-se nesta seção as ferramentas utilizadas para investigar as alternativas de *cross-hedge* para o arroz brasileiro, o risco de base, e a efetividade deste *hedge*. O primeiro passo consiste na análise estatística da base entre os preços à vista de arroz e os contratos futuros analisados⁶. O risco de base é calculado utilizando-se o conceito de volatilidade (desvio-padrão) e também o de *downside risk*.

O uso das ferramentas de *downside risk* segue a arguição teórica, já trabalhada nesta tese, de que a mensuração de um lado da distribuição é mais consistente com as percepções dos indivíduos, e mais relevante sob o contexto de gerenciamento do risco do que em relação a abordagens tradicionais que consideram os dois lados da distribuição, como por exemplo, o desvio-padrão (GROOTVELD; HALLERBACH, 1999; LIEN; TSE, 2002).

Adicionalmente, o desvio-padrão não é apropriado para captar adequadamente o problema da curtose (caudas pesadas) e assimetria na distribuição de probabilidade, sendo estas duas importantes propriedades a serem analisadas em séries de preços financeiras (CONT, 2001). Na abordagem de *downside risk* para o presente estudo são utilizados o *lower-partial moments* (LPM), *value-at-risk* (VaR) e o *conditional value-at-risk* (CVaR)⁷. Deve-se ressaltar, no entanto, que tais abordagens metodológicas serão utilizadas para análise tanto do lado esquerdo das distribuições das bases (*downside risk*), quanto do lado direito (*upside risk*⁸), uma vez que bases negativas e positivas podem ser desejáveis ou não para diferentes segmentos de *hedgers*, como por exemplo, produtores agrícolas, indústrias beneficiadoras, armazéns, atacadistas, entre outros.

⁶ Além do indicador de preços do arroz no Rio Grande do Sul.

⁷ A fundamentação teórica e matemática destes modelos não serão descritas no presente artigo, em virtude da extensa explanação sobre este método no capítulo 3 desta tese.

⁸ Entenda-se, por este caso, como sendo o *upper side moment* (UPM), em que se analisam os desvios das observações que encontram-se acima do *benchmark* estabelecido. Sua formulação é a oposta do LPM, e expressa como: $UPM(\alpha, t) = \frac{1}{K} \sum_{T=1}^K \text{Max}[0, (R_t - t)]^\alpha$. Maior detalhamento em VIOLE, F.; NAWROCKI, D. The utility of wealth in an upper and lower partial moment fabric. **The Journal of Investing**, New York, v. 20, n. 2, p. 58-85, 2011.

Posteriormente, adotam-se técnicas padrões para análise da ação de *hedge*, no que se refere à estimação da razão de *hedge* de mínima variância e da efetividade do *hedge*, incluindo análise de regressão e testes de cointegração (CHEN; LEE; SHRESTHA, 2003). A razão de *hedge* ótima e a efetividade do *hedge* de um potencial contrato futuro de arroz no Brasil em relação às alternativas de *cross-hedge* propostas são geradas para fins de comparação.

4.3.1 Modelo de regressão linear para *cross-hedge*

O modelo básico estimado é adaptado ao modelo desenvolvido por Hayenga e Di Pietre (1982). Tal modelo replica a análise de regressão por mínimo quadrados ordinários, o qual é útil para identificar as relações entre os preços à vista do arroz e os contratos futuros analisados. Sua formulação é expressa da seguinte maneira:

$$Parroz_d = \beta_0 + \beta_1 Pfuturo_d + u_d \quad (11)$$

sendo $Parroz_d$ o preço à vista de arroz diário (d); $Pfuturo_d$ é o preço futuro diário dos contratos analisados; β_0 é o termo de intercepto e u_d o termo do erro, ou distúrbio estocástico.

O termo $Pfuturo_d$ representa a variável explicativa, pois assume-se que o preço no mercado futuro é pré-determinado em *hedge*, e o preço à vista de arroz correspondente é estimado. O intercepto β_0 reflete a diferença média entre os preços futuros e à vista, identificando qualquer dimensão de mercado espacial ou temporal ou quaisquer variações qualitativas. Já a inclinação β_1 indica a mudança no preço à vista associada a uma variação no preço futuro. Esta inclinação fornece a razão de *hedge* ótima para determinação do tamanho da posição futura ideal ao *hedger* para qualquer volume na posição no mercado à vista. Desta forma, uma inclinação positiva denota uma relação de preço direta para o *hedge* de venda, enquanto uma inclinação negativa denota uma relação de preço inversa e leva ao *hedge* de compra (RAHMAN; TURNER; COSTA, 2001).

Assim, em um *hedge* de compra ou venda, a diferença entre o valor inicial do preço futuro $Pfuturo_1$ e o preço de fechamento ao final do contrato $Pfuturo_n$, multiplicados pelo coeficiente da inclinação β_1 , deve ser aproximadamente igual à diferença entre o preço à vista de arroz esperado $Parroz_{esperado}$ estimado na equação (11) e do preço à vista corrente $Parroz_n$ no momento em que as transações são completadas. Assim, tal lógica é expressa como:

$$(Pfuturo_1 - Pfuturo_n)\beta = Parroz_{esperado} - Parroz_1 \quad (12)$$

Segundo Hayenga e Di Pietre (1982), em virtude do coeficiente de inclinação estimado indicar uma mudança típica nos preços à vista associados aproximadamente a mudanças nos preços futuros ao longo do contrato, invertendo-se esta razão, tem-se uma taxa adequada para quantificar-se a quantidade (ou posição) a ser *hedgeada* no mercado futuro.

Desta forma, os autores enfatizam que as decisões estratégicas do *hedger* no momento corrente da transação são baseadas em uma comparação da provável distribuição dos preços no mercado futuro, levando-se em conta a magnitude do risco de base e a variação da mesma, e também, os prováveis resultados de se operar unicamente no mercado à vista. Ou seja, a partir da análise da probabilidade e magnitude das diversas combinações de resultados possíveis oriundas da decisão de *hedge* no momento corrente, o *hedger* pode determinar se fecha uma posição imediatamente no mercado futuro, ou resguarda-se para entrar em um período posterior, quando tiver uma melhor oportunidade de adotar uma estratégia ótima.

Outro método de abordagem equivalente que minimiza o risco de preço do *hedge* é um modelo similar ao modelo da base corrigida (*basis corrected model*), apresentado por Viswanath (1993) e aplicado por Lee, Hayenga e Lence (1995). Este modelo incorpora informações recentes ocorridas nos mercados, através da inclusão da base na regressão proposta. Sua formulação é apresentada da seguinte maneira:

$$Parroz_d = \beta_0 + (\beta_1 Pfuturo_d)_t + \beta_2 (Parroz_d - Pfuturo_d)_{t-i} + u_d \quad (13)$$

em que $(Parroz_d - Pfuturo_d)_{t-i}$ se refere à base defasada, estimada para diferentes horizontes de tempo.

Segundo Lee, Hayenga e Lence (1995), a estimação da equação incluindo o termo das bases recentes como informação adicional é coerente, uma vez que os preços à vista tendem a refletir quaisquer novas informações de mercado, e assim, afetando os preços futuros. Portanto, na medida em que mudanças recentes nas relações de mercado persistem durante o período de vigência de um contrato futuro, o ajuste da equação de *hedge* deve ser aprimorado.

4.3.2 Razão ótima e efetividade das operações de *hedge*

Sabe-se que a razão de *hedge* é igual à proporção do tamanho da posição em contratos futuros com relação à extensão da exposição do *hedger* ao risco de operar no mercado físico (HULL, 1995), conforme já discutido neste trabalho. A construção de um modelo consistente que determine as posições à vista e futuras de um *hedger* é fundamental para uma correta estimação da razão de *hedge* ótima, assim como demonstrado por Myers e Thompson (1989).

A regra de *hedge* ótima é assim, fundamentada, como sendo a razão entre a covariância do preço à vista e futuro ($\sigma_{p,f}$) e a variância do preço futuro (σ_f^2), onde tais parâmetros representam os momentos condicionais dos preços em ambos os mercados. Suas estimações, portanto, são obtidas a partir de um modelo que representa o equilíbrio de mercado, levando-se em consideração informações inerentes ao mesmo, como por exemplo, os comportamentos dos agentes (MYERS; THOMPSON, 1989; SILVEIRA, 2003), tal como representado anteriormente na expressão (10).

Diversos métodos foram desenvolvidos para a estimação da razão de *hedge* ótima. O procedimento mais usual encontrado na literatura (EDERINGTON, 1979; MYERS; THOMPSON, 1989; CHEN; LEE; SHRESTHA, 2003) é baseado na estimação de uma regressão simples da variação dos preços à vista sobre a variação dos preços futuros, a partir do método de mínimos quadrados ordinários (MQO) com correções para a autocorrelação, sendo a estimativa do coeficiente angular decorrente desta regressão, correspondente à razão de *hedge* ótima, tal como ressalta Silveira (2003).

No modelo generalizado de Myers e Thompson (1989), um sistema de duas equações simplificadas é proposto para a estimação da razão de *hedge* ótima, tal como:

$$p_t = X_{t-1}\alpha + u_t \quad (14)$$

$$f_t = X_{t-1}\beta + v_t \quad (15)$$

sendo p_t os preços à vista e f_t os preços futuros no momento t ; X_{t-1} um vetor de variáveis conhecidas em $t-1$ e que auxiliam na previsão de p_t e f_t ; α e β os vetores dos parâmetros não conhecidos; e u_t e v_t representam os termos de erros com média zero e sem correlação serial com a matriz de covariâncias Ω .

Portanto, rearranjando os termos, obtém-se o estimador da razão de *hedge* ótima pelo método MQO, a qual é representada pelo termo δ , tal como expresso em:

$$p_t = \delta f_t + X_{t-1}\alpha + \varepsilon_t \quad (16)$$

em que ε_t corresponde a um termo de erro com média zero e variância constante.

De acordo com Myers e Thompson (1989), esta regressão é um método direto, simples e generalizado para computar-se a razão de *hedge* ótima. Sua vantagem em relação a um método simplificado, utilizando-se os preços em nível (sem aplicar a diferença), se dá pelo fato do termo X_{t-1} incluir informações defasadas relevantes e que podem ser úteis na explicação da razão *do hedge*. Assim, a razão de *hedge* será consistente apenas no caso em que os preços à vista e futuros forem iguais a uma constante adicionada por seus respectivos termos de erros, o que significa que neste sentido, X_{t-1} será formado apenas por um termo constante, portanto, restringindo-se o modelo.

Neste caso, o modelo pode ser simplificado ao considerar-se que X_{t-1} é formado por um termo constante e que os preços à vista e futuros sejam defasados, existindo, assim, duas pressuposições em relação a tais preços. A primeira de que correspondem a um processo autorregressivo (AR); e a segunda de que refletem as demais variáveis explicativas que não foram incluídas na regressão (SILVEIRA, 2003).

Segundo Meyers e Thompson (1989), o mais adequado para este caso seria a utilização do método de equações aparentemente não correlacionadas (SUR). Entretanto, os próprios autores relevam que a estimação de um MQO levará a resultados semelhantes aos encontrados pelo método SUR, concluindo que é válida a aplicação do método expresso pela equação (16) para obtenção da razão de *hedge* ótima.

Assim, Myers e Thompson (1989) enfatizam a necessidade de utilizar-se da metodologia de séries temporais para um melhor especificação do modelo generalizado, uma vez que os modelos estimados sem um tratamento estatístico adequado possam fornecer estimações equivocadas da razão de *hedge*. Neste sentido, deve-se verificar a estacionariedade das séries de preços à vista e futuros, de forma a obter a comprovação da necessidade de se estimar a regressão na primeira diferença, ou não. Para isso, são realizados testes da raiz unitária em ambas as séries de preços.

Basicamente, segundo Chen, Lee e Shrestha (2003), a abordagem convencional para estimação da razão de *hedge* de mínima variância envolvendo regressões pelo método de MQO e utilizando as variáveis na diferença é expressa da seguinte maneira:

$$\Delta S_t = a_0 + a_1 \Delta F_t + e_t \quad (17)$$

onde a razão de *hedge* de mínima variância (h_j^*) é representada por a_j . Embora robusto e simples de usar, os autores também enfatizam que esta técnica será válida para a estimação de h_j^* , desde que algumas pressuposições sejam atendidas. Entre elas o problema da heterocedasticidade e, tal como levantado por Myers e Thompson (1989), o fato de usar momentos amostrais incondicionais ao invés de condicionais, o qual, por sua vez, usa informações correntes disponíveis nos mercados de análise. A versão condicional da razão de *hedge* ótima, com o uso da variância e covariância condicionais, é expressa como:

$$h_j^* = \frac{C_f}{C_s} = \frac{Cov(\Delta S_t, \Delta F_t) | \Omega_{t-1}}{Var(\Delta F_t) | \Omega_{t-1}} \quad (18)$$

sendo C_f e C_s , respectivamente, os preços futuros e à vista; Ω_{t-1} um vetor com informações atuais e defasadas, incluindo o vetor de variáveis X_{t-1} , com as variações nos preços à vista e futuros sendo geradas por um modelo de equilíbrio tal como as equações (14) e (15).

Desta forma, Chen, Lee e Shrestha (2003) apontam que, se os preços à vista e futuros seguem um passeio aleatório com ou sem deslocamento (*drift*), então os dois estimadores permanecerão os mesmos. Caso contrário, a razão de *hedge* estimada da regressão por MQO (equação 18) não será ótima.

Assim, deve-se levar em conta, primeiramente, a possibilidade dos preços à vista e futuros serem não-estacionários, ou seja, possuírem raiz unitária. Caso as séries de preços sejam não-estacionárias em nível, deve-se aplicar uma diferença nas mesmas. Posteriormente, um teste de cointegração deve ser aplicado de forma a identificar as relações de longo prazo das variáveis testadas e identificar a existência da necessidade de inclusão de um vetor de correção de erro nas regressões a serem estimadas. Tal como especificam Chen, Lee e Shrestha (2003), se a condição de arbitragem entre os preços é nula, entende-se que as variáveis não podem se relacionar no longo prazo. Consequentemente, se ambas seguem um passeio aleatório, é esperado que elas sejam cointegradas, caso o qual, torna-se necessário estimar o modelo de correção de erro, através da análise de correção, a qual é detalhada no próximo tópico do presente trabalho.

Após tais procedimentos econométricos e a partir da definição de razão de *hedge* ótima, pode-se trabalhar sob o conceito de efetividade do *hedge*. Segundo Carter e Loyns (1985, apud SILVEIRA, 2003), a efetividade do *hedge* é definida como a redução percentual da variância (relativa às variações nos preços à vista), causada pela realização do *hedge*,

considerando-se sua razão ótima. A efetividade do *hedge* é expressa tal como a expressão seguinte:

$$E^* = \frac{Var(\Delta p_t) - Var(\Delta Y_t)}{Var(\Delta p_t)} = 1 - \frac{Var(\Delta Y_t)}{Var(\Delta p_t)} = 1 - \frac{Var(\Delta p - h^* \Delta f)}{Var(\Delta p)} \quad (19)$$

em que $Var(\Delta p_t - h^* \Delta f_t)$ corresponde à variância da variação da receita em um portfólio com adoção de *hedge* na proporção ótima; e $Var(\Delta p_t)$ corresponde à variância da variação da receita sem a realização do *hedge*.

A efetividade do *hedge* dependerá, portanto, de quanto a variação no preço à vista é compensada pela variação no preço futuro. Neste sentido, segundo Marshall (1989, apud SILVEIRA, 2003), obtém-se o grau de efetividade do *hedge* a partir do coeficiente de determinação da regressão (R^2). Portanto, quanto maior for o R^2 , mais eficiente é a operação de *hedge*, uma vez que há um alto grau explicativo das variações nos preços futuros sobre as variações nos preços à vista.

4.3.3 Procedimentos metodológicos

Ao se estimar a relação entre um conjunto de variáveis, pode-se obter, frequentemente, um coeficiente de determinação (R^2) elevado, sem que exista uma relação entre as séries que faça sentido. Tal resultado reflete o problema da estimação de regressões espúrias, exigindo, portanto, cuidado ao trabalhar com séries temporais. Assim, antes de se relacionar variáveis em um modelo, é necessário entender seu comportamento ao longo do tempo.

Neste ponto, ressalta-se a importância em identificar a presença ou não de raiz unitária. Séries que apresentam raiz unitária são classificadas como não-estacionárias pois apresentam médias, variância e autocorrelação que variam com o tempo. Assim, ao se combinar séries não-estacionárias, um alto valor de R^2 pode ser função, por exemplo, da tendência e não devido a uma relação verdadeira entre as variáveis.

Dickey e Fuller (1981) formularam a metodologia mais usualmente empregada para se testar a presença de uma raiz unitária⁹ em processos autorregressivos de ordem p , onde p se refere à ordem do processo autoregressivo que descreve o comportamento da série. Diversos

⁹ Outros testes também podem ser aplicados, como, por exemplo, os testes de Dickey-Fuller (1981) e Dickey e Pantula (1987), o qual testa a existência de raízes unitárias múltiplas. Porém, por sua maior aplicabilidade e por simplificação optou-se pela aplicação apenas do teste DFA. Tal decisão foi tomada com intuito de realizar uma descrição objetiva e sem delongas dos procedimentos utilizados.

estudos adotam procedimentos para verificar a ordem de integração de uma série temporal. Entre estes, encontra-se o teste dado pela metodologia de Dickey-Fuller Aumentado - DFA, cujos valores críticos dos testes de raiz unitária são apresentados em Dickey e Fuller (1981).

O procedimento sequencial proposto por Enders (2004, p.203) a partir do teste DFA é adotado no presente trabalho, com a finalidade de auxiliar na definição correta do modelo a ser utilizado no teste - incluindo ou não a constante e a tendência determinística.

A seguinte formulação é utilizada:

$$\Delta y_t = \alpha + \beta t + \eta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta y_{t-1} + e_t \quad (20)$$

A hipótese nula deste teste é que existe raiz unitária na série de preços, ou seja, a série é não-estacionária. Consequentemente, a hipótese alternativa é de que não existe raiz unitária na série testada.

No presente trabalho, o teste de raiz unitária é aplicado a todas as séries de preços físicos de arroz, e às series de preços futuros dos contratos analisados e do indicador de preços. Também, verifica-se a existência de estacionariedade nas bases calculadas, de forma a averiguar se há convergência entre os preços físicos e futuros ao longo do tempo.

Para determinação do número de defasagens (ordem do processo autorregressivo) a ser adotado nos testes de raiz unitária, são utilizados os critérios de informação Akaike (AIC) e bayesiano de Schwarz (SBC), optando-se pelos modelos que possuem os menores valores dentre estes critérios¹⁰.

Analogamente, um teste adicional proposto com aplicação da metodologia de séries temporais é o teste de cointegração entre todos os preços físicos e futuros em estudo. Objetiva-se, a partir da aplicação deste teste, averiguar a existência de relação de longo prazo entre tais preços, o que por sua vez, auxilia em uma melhor compreensão sobre a possibilidade de existência de *cross-hedge* efetivo do arroz brasileiro com os demais contatos futuros.

Ao testar-se a existência de cointegração entre as variáveis, testa-se a existência de relação de longo prazo entre elas. A metodologia utilizada é a proposta por Johansen (1988), que busca determinar o *ranking* (número de vetores de cointegração) através de um vetor autorregressivo (VAR) de ordem p . Testa-se, portanto, a existência de n vetores de

¹⁰ Um maior detalhamento destes critérios está disponível em Enders (2004).

cointegração, e é indicada para modelos com duas ou mais variáveis explicativas. Ainda, para a determinação do número de defasagens no teste de cointegração, utilizam-se os critérios de Akaike (AIC) e Schwarz (SBC) a partir de um sistema multiequacional.

O teste de Johansen em sua natureza é formulado para variáveis integradas de ordem 1, ou $I(1)$, sendo sua formulação matemática expressa pela equação abaixo:

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \Pi y_{t-1} + \mu + \varphi d_t + \varepsilon_t \quad (21)$$

Onde y_t é um vetor ($k \times 1$) de variáveis $I(1)$, e o $\varepsilon_t \sim N(0, \Sigma)$ e $E(\varepsilon_t \varepsilon_s') = 0$ para qualquer t diferente de s , sendo d_t um vetor de variáveis binárias para captar a variação estacional.

A matriz de coeficiente de y_{t-1} (matriz Π) possui as informações de longo prazo entre as variáveis. Assumindo que o posto desta matriz seja r , y_t será estacionário se $r = k$. Caso $r = 0$, Π é uma matriz nula. Por fim, se $0 < r < k$, existem matrizes α e β de dimensão $k \times r$, tais que $\Pi = \alpha\beta'$ e o vetor $\beta'y_t$ é estacionário, existindo, assim, r vetores de cointegração, que são exatamente suas r colunas (HARRIS, 1995).

Existem dois testes para identificação da presença e do número de vetores de cointegração, tal como levantado por Johansen e Juselius (apud, ALVES, 2002). A hipótese nula de que existem r vetores cointegrados é testada pela estatística do traço ($\lambda_{traço}$) e pela estatística do máximo autovalor (λ_{max}). Em um contexto multiequacional, os critérios de Akaike (AIC) e Schwarz (SBC) são utilizados para a determinação do valor p .

Os testes do traço e do máximo autovalor são representados, respectivamente, como:

$$\lambda_{traço} = -n \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \lambda_i) \quad (22)$$

$$\lambda_{max} = -n \ln(1 - \lambda_{r+1}) \quad (23)$$

em que λ_i são os autovalores estimados.

Após identificar a existência de vetores de cointegração, é necessária a inclusão destes componentes formulando, assim, o modelo denominado de mecanismo de correção de erro. Segundo Bacchi (1994), a inclusão de um mecanismo de correção de erro é necessária para a inserção de um componente que recupera o desvio da trajetória de longo prazo das variáveis,

após sua diferenciação. Este mecanismo consiste na inclusão do resíduo do teste de cointegração na estimação do modelo econométrico especificado nas diferenças, resultando no Modelo de Correção de Erro.

4.3.4 Aplicação dos procedimentos para análise da efetividade do *hedge*

O primeiro procedimento a ser testado, tal como explicitado, é o teste da raiz unitária para que se verifique a estacionariedade das séries de preços à vista e futuros, de modo que permite a inferência sobre qual modelo a ser utilizado na averiguação da eficiência do *hedge*. Concomitante, os critérios de Akaike e Schwarz são considerados para a especificação da estrutura de defasagens de cada série.

Caso o teste DFA aponte não-estacionariedade das séries, com estas indicando serem integradas da mesma ordem, aplica-se o teste de cointegração de Johansen, com as variáveis na primeira diferença. Assumindo que os preços à vista e futuros são cointegrados, é esperado que estes possuam um equilíbrio de longo-prazo, após desvios de curto-prazo. As variáveis cointegradas podem ser representadas por um modelo de correção de erro, onde o erro corresponda às respostas aos desequilíbrios, tal como as expressões a seguir (CHEN; LEE; SHRESTA, 2003; MATTOS; GARCIA, 2006):

$$\Delta F_t = \alpha + \Pi z_{t-1} + \sum_{i=1}^q \beta_i \Delta F_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j \Delta C_{t-j} + \varepsilon_t \quad (24)$$

$$\Delta C_t = \alpha' + \Pi' z_{t-1} + \sum_{i=1}^q \beta'_i \Delta F_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma'_j \Delta C_{t-j} + \varepsilon'_t \quad (25)$$

em que ΔF_t e ΔC_t referem-se às primeiras diferenças dos preços futuros e à vista, respectivamente; z_{t-1} reflete o desvio decorrente da defasagem do equilíbrio obtido pelo vetor de correção de erro Π .

Segundo Mattos e Garcia (2006), se ambas as equações apresentarem o mesmo número de regressores de defasagem¹¹, a estimação pelo método de mínimos quadrados ordinários pode ser realizada eficientemente. Ainda, na presença de cointegração, a razão de *hedge* é obtida pela estimação da seguinte equação:

¹¹ Testado pelos critérios de AIC e SBC, para uma versão multiequacional.

$$\Delta C_t = \alpha + \Pi z_{t-1} + \phi \Delta F_t + \sum_{i=1}^q \beta_i \Delta F_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j \Delta C_{t-j} + \varepsilon_t \quad (26)$$

em que ϕ representa a razão de *hedge*.

O passo seguinte se dá pelo cálculo da efetividade deste *hedge* (E_t), a partir da comparação do risco entre a posição não-*hedgeada* com o risco da posição *hedgeada*, tal como a seguinte expressão:

$$E_t = \frac{Var(\Delta C_t^u) - Var(\Delta C_t^h)}{Var(\Delta C_t^u)} = 1 - \frac{Var(\Delta C_t^h)}{Var(\Delta C_t^u)} \quad (27)$$

em que $Var(\Delta C_t^h)$ corresponde à variância condicional da mudança no preço à vista com adoção de *hedge* na proporção ótima; e $Var(\Delta C_t^u)$ corresponde à variância condicional da mudança no preço à vista sem a realização do *hedge*; E_t mensura a redução percentual na variância condicional na mudança do preço à vista quando ocorre o *hedge*. Assim, na presença de *hedge*, a variância condicional desta mudança é expressa como:

$$Var(\Delta C_t^h) = MSE = \frac{SSE}{T - K} \quad (28)$$

sendo MSE o quadrado médio residual (*mean squared error*) e SSE a soma dos quadrados dos resíduos (*sum of squared errors*) gerados pela estimação da expressão (26); T corresponde ao número de observações; e K corresponde ao número de variáveis da equação mais a constante.

De outra forma, tal como expressam Mattos e Garcia (2006), na ausência do *hedge*, a variância condicional da mudança no preço à vista é obtida pelo erro quadrado médio, a partir da seguinte equação:

$$\Delta C_t = \alpha + \Pi z_{t-1} + \sum_{i=1}^q \beta_i \Delta F_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j \Delta C_{t-j} + \varepsilon_t \quad (29)$$

Note que, neste caso, o termo correspondente à razão de *hedge* na equação (26) é excluído em virtude da ausência de operação de *hedge*.

4.3.5 Fonte dos dados

As análises do risco de base, razão de *hedge* e efetividade do *hedge* das operações de *cross-hedge* são realizadas a partir das séries de preços à vista de arroz em cinco praças produtoras do Rio Grande do Sul, onde concentra-se a maior parte da produção doméstica deste cereal, em relação aos contratos futuros de arroz na CME, e de milho e soja na BM&FBOVESPA. Os preços físicos de arroz e o indicador do arroz foram coletados juntos CEPEA/ESALQ/USP, e referem-se às praças produtoras da Campanha, Planície Interna, Depressão Central, Fronteira Oeste e Litoral Sul. Tais preços referem-se ao preço posto na indústria da região em estudo, incluindo o frete¹². Os preços futuros de arroz foram coletados juntos à CME, e os preços futuros de soja e milho juntos à BM&FBOVESPA.

A justificativa pelo uso apenas do contrato de arroz da CME na análise de *own-hedge* com um contrato futuro de arroz estrangeiro se dá pelo motivo deste ser o contrato futuro desta *commodity* com maior liquidez, e único com periodicidade de dados disponíveis suficientes para os objetivos deste trabalho.

Tais estimações são realizadas a partir de dados diários das séries de preços à vista e futuros, entre 1º de agosto de 2005 a 29 de julho de 2011, contabilizando seis anos-safras. Tanto as séries de preços físicos de arroz, quanto as de preços futuros e do indicador foram padronizadas para os mesmos dias. Assim, ao longo do período de referência citado, dias sem levantamento em algumas das instituições provedoras dos dados foram excluídos. O total de observações é de 1.457 dias para as análises com contrato futuro de arroz, de milho e com o indicador. Para as análises com o contrato futuro de soja, o total de observações é de 1.442 dias.

Ainda, como o contrato futuro de arroz têm seis vencimentos por ano, e os de milho e soja sete vencimentos, as séries de preços futuros foram estruturadas sempre com base no primeiro vencimento de cada contrato. A rolagem de vencimentos foi feita no primeiro dia de negociação do mês de vencimento de cada contrato, para em seguida dar-se sequência aos preços do contrato com vencimento subsequente, até o primeiro dia do mês de vencimento deste contrato, e assim por diante¹³.

Além disso, todas as séries de preços foram padronizadas para saca de 50kg (medida padrão do indicador de preços físicos de arroz). Como os contratos futuros de soja e arroz são

¹² Preço disponível, que reflete o valor pago pela indústria; e o valor recebido pelos produtores, menos o frete.

¹³ Ressalta-se, também, que ao longo do período estabelecido, os contratos futuros de soja e de milho tiveram mudança para liquidação financeira. Assim, a partir destes momentos de transição de um contrato para outro, a coleta passou a assumir o novo contrato como referência, e os novos vencimentos estabelecidos, se necessário.

disponibilizados em dólar, os preços à vista de arroz foram transformados em dólar para a análise com ambos, assim como na análise com os preços futuros de milho, também em dólar¹⁴. Para isso, utilizou-se a taxa de câmbio comercial para venda, ao final de cada período, disponibilizadas pelo Banco Central.

Quando disponibilizadas originalmente em Reais, as séries de preços foram deflacionadas pelo índice geral de preços, disponibilidade interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas. Já as séries originalmente disponibilizadas em dólar (futuro de arroz e de soja) foram deflacionadas pelo índice de preços ao consumidor dos EUA (IPC)¹⁵.

Atenta-se neste caso, que embora não seja usual o deflacionamento de séries de preços em cálculos de *hedge*, pela necessidade de aplicação prévia das séries a alguns testes de séries temporais, optou-se por deflacioná-las. Ainda, ressalta-se que, como exercício de verificação, os cálculos da razão e efetividade do *hedge* também foram realizados com as séries não deflacionadas, e seus resultados apresentaram-se muito próximos aos obtidos com as séries deflacionadas. Desta forma, optou-se por apresentar apenas os resultados dos cálculos de *hedge* com as séries deflacionadas.

Por fim, para os cálculos e estimações propostos no presente artigo foram utilizados os softwares estatísticos "R" e "E-Views", versão 5.0.

4.4 Resultados

4.4.1 Análise do risco de base

No período de análise proposto, 2005 a 2011, o cálculo da base foi realizado entre os preços à vista de arroz nas cinco praças gaúchas mencionadas anteriormente, e os preços futuros de arroz na CME, e de soja e milho na BM&FBOVESPA. Desta forma, foram testadas as bases em 15 diferentes situações, nos três cenários.

Primeiramente, cada um dos cenários envolvendo os contratos futuros estão expressos graficamente nas figuras de 1 a 3. Nota-se que nos casos envolvendo o contrato futuro de arroz e de soja, a base é majoritariamente negativa, o que implica que os preços à vista de arroz no Brasil estão frequentemente abaixo de tais preços futuros. Na situação envolvendo os

¹⁴ Na operação com futuro de milho, as séries foram transformadas para dólar de forma a padronizar a comparação entre o risco de base com as demais operações, uma vez que nestes casos, os preços físicos de arroz foram convertidos para dólar. No entanto, para os cálculos da razão de *hedge* ótima e efetividade do *hedge*, assim como para os pré-testes econométricos, esta operação (arroz vs milho) também foi testada com os preços em Reais. Os resultados foram muito similares aos da operação em dólar, não apresentando diferenças significativas dos resultados apresentados a seguir.

¹⁵ Tais séries estão disponíveis em: <<http://www.bcb.gov.br/?seriestemp>>.

preços futuros de milho, observa-se o contrário, com a base positiva na maior parte da série de tempo analisada.

Figura 1 - Comportamento das bases entre os preços à vista de arroz e preços futuros de arroz da CME, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Figura 2 - Comportamento das bases entre os preços à vista de arroz e preços futuros de milho da BM&FBOVESPA, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Figura 3 - Comportamento das bases entre os preços à vista de arroz e preços futuros de soja da BM&FBOVESPA, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Nas tabelas 1, 2 e 3 encontram-se as estatísticas descritivas e medidas de risco para, respectivamente, as bases entre as cinco praças gaúchas em relação ao preço futuro de arroz da CME, e aos preços futuros de milho e soja da BM&FBOVESPA, respectivamente.

Tabela 1 - Estatística descritiva e medidas de risco para as bases entre os preços à vista de arroz e preços futuros de arroz na CME, US\$/sc 50kg, 2005-2011

	Planície Interna	Campanha	Depressão Central	Fronteira Oeste	Litoral Sul
Min	-9,404	-10,945	-10,244	-9,481	-9,679
Max	4,066	3,243	3,496	3,526	3,848
Média	-1,546	-2,203	-2,080	-1,875	-1,613
Desv. Pad.	2,042	2,104	2,108	2,061	1,996
Coef. Var.	-1,321	-0,955	-1,014	-1,099	-1,237
LPM	0,819	0,604	0,659	0,687	0,752
UPM	2,426	2,985	2,887	2,699	2,453
VaR	-4,904	-5,663	-5,547	-5,263	-4,895
CVaR	-5,757	-6,542	-6,427	-6,124	-5,728

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: LPM referem aos *lower partial moments*; UPM aos *upper partial moments*; VaR ao *value at risk*; e CVaR ao *conditional value at risk*.

Tabela 2 - Estatística descritiva e medidas de risco para as bases entre os preços à vista de arroz e preços futuros de milho na BM&FBOVESPA, US\$/sc 50kg, 2005-2011

	Planície Interna	Campanha	Depressão Central	Fronteira Oeste	Litoral Sul
Min	-4,310	-4,731	-4,850	-4,640	-4,265
Max	9,102	8,485	8,834	8,739	9,096
Média	3,004	2,346	2,470	2,675	2,938
Desv. Pad.	2,758	2,760	2,827	2,824	2,757
Coef. Var.	0,918	1,176	1,145	1,055	0,939
LPM	4,014	3,481	3,621	3,787	3,954
UPM	0,716	1,001	0,988	0,888	0,771
VaR	-1,530	-2,192	-2,179	-1,968	-1,596
CVaR	-2,682	-3,345	-3,360	-3,147	-2,748

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: LPM referem aos *lower partial moments*; UPM aos *upper partial moments*; VaR ao *value at risk*; e CVaR ao *conditional value at risk*.

Tabela 3 - Estatística descritiva e medidas de risco para as bases entre os preços à vista de arroz e preços futuros de soja na BM&FBOVESPA, US\$/sc 50kg, 2005-2011

	Planície Interna	Campanha	Depressão Central	Fronteira Oeste	Litoral Sul
Min	-13,941	-14,469	-14,396	-14,670	-13,753
Max	0,144	-0,474	-0,124	-0,271	0,137
Média	-5,782	-6,438	-6,315	-6,110	-5,849
Desv. Pad.	3,053	3,207	3,225	3,193	3,098
Coef. Var.	-0,528	-0,498	-0,511	-0,523	-0,530
LPM	0,004	0,000	0,000	0,000	0,004
UPM	6,504	7,155	7,054	6,858	6,584
VaR	-10,801	-11,711	-11,617	-11,361	-10,943
CVaR	-12,076	-13,050	-12,964	-12,695	-12,237

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: LPM referem aos *lower partial moments*; UPM aos *upper partial moments*; VaR ao *value at risk*; e CVaR ao *conditional value at risk*.

Nota-se, a partir das três tabelas, que as menores médias das bases obtidas são as relativas ao contrato futuro de soja (US\$ 6,44/sc), enquanto as maiores médias são em relação ao contrato futuro de milho R\$ 3,00/sc. Já a base média em relação ao contrato de arroz é de aproximadamente (US\$ 2,00/sc). Ao considerar o desvio padrão da base, observa-se que tanto uma operação cruzada com o contrato de milho, quanto envolvendo os contratos futuros de soja e de arroz, resultam em oscilações similares, entre US\$ 2,00/sc a US\$ 3,00/sc.

De forma a dar uma melhor compreensão ao grau de variabilidade das bases calculadas, uma importante medida a ser observada é o coeficiente de variação. Esta medida

mostrou que as bases oscilam negativamente no caso do cross-hedge com os contratos futuros de arroz e soja, e positivamente com o contrato futuro de milho. Dada esta dispersão nos preços, pode-se argumentar que, sob a ótica de *hedge* de venda um produtor de arroz, os contratos de arroz e soja mostram-se mais vantajoso para tal operação, no período analisado, enquanto o de milho a pior opção. De forma contrária, sob a ótica de um *hedge* de compra por uma indústria, por exemplo, o contrato de milho é mais vantajoso que o de soja.

Uma forma alternativa para compreensão dos desvios das bases é balizar o cálculo para os momentos parciais inferiores (*Lower Partial Moments* - LPM) da base a partir de um *benchmark* definido. Definindo a base igual a zero como *benchmark*, pode-se auferir tanto os momentos parciais inferiores quanto os superiores. Isto é, para os LPMs menores que zero, analisa-se apenas os momentos em que a base oscilou negativamente, ou seja, nos períodos em que os preços à vista encontram-se menores que os preços futuros. De forma contrária, os momentos parciais superiores (UPMs) analisam os desvios somente nos períodos em que os preços à vista são maiores que os preços futuros. No caso dos produtores rurais, assumindo, hipoteticamente, operações com posição vendida no mercado futuro, quanto maior a base positiva (além de zero), pior sua situação. Já para as indústrias que operam o *hedge* de compra do produto agrícola, quanto mais negativa for a base, menos desejável será sua posição no mercado futuro. Assim, para uma gestão eficiente do risco de preços, a análise dos momentos parciais inferiores da base, com o *benchmark* sendo base zero, interessam às indústrias, armazéns, beneficiadoras entre outras, enquanto na mesma situação, a análise dos momentos parciais superiores da base são de maior interesse aos produtores agrícolas.

Sob a ótica do produtor, a operação envolvendo o *hedge*-cruzado com o milho é a que gera uma maior oscilação da base além do momento parcial tolerado (base zero), e assim, deve ser observada como a que resulta em maiores retornos indesejáveis. Tal como observado na tabela 2, os desvios negativos calculados em relação à base zero variam entre 3,48 (Campanha) a 4,01 (Planície Interna). Ainda, as operações de *hedge* de venda envolvendo os contratos futuros de arroz em Chicago apresentam um LPM entre 0,6 de 0,8, nas regiões de Campanha e Planície Interna, respectivamente. Por outro lado, as operações envolvendo o contrato futuro de soja na BM&FBOVESPA demonstram um risco quase nulo, próximo a zero.

Pelo lado do *hedge* de compra (indústrias), as operações envolvendo o contrato futuro de soja são as que resultam em um maior UPM, oscilando entre patamares de 6,5 a 7,15, o que por sua vez requer maior atenção aos *hedgers* com posições compradas na operação de *cross-hedge*. As operações com o contrato futuro de arroz americano vêm na sequência, em

termos de risco às indústrias, com UPM de aproximadamente 2,98, enquanto as operações com o milho geram valores de aproximadamente 1,0.

Aprofundando-se na discussão sobre o risco de base a partir de medidas de *downside/upside risk*, o presente trabalho calculou os valores em risco da distribuição das bases envolvendo as cinco praças nos quatro cenários de *hedge* propostos, a partir das mensurações do VaR e CVaR. Tal mensuração considerou a distribuição de cada uma das bases em sua forma original, ou seja, sem considerar qualquer proporção em relação a um determinado *benchmark*. Desta forma, o intuito da análise restringe-se em demonstrar, a um nível de probabilidade de 95%, até quanto as bases podem variar, positivamente ou negativamente, mostrando-se as situações de risco para os *hedgers* nos presentes cenários propostos.

Assumindo todas as séries das bases de preços testadas com distribuição normal¹⁶, os resultados evidenciam situações similares aos *hedgers* em cada uma das opções de operação analisadas, conforme observado nas duas últimas linhas das tabelas 1 a 3. As evidências encontradas nas três situações envolvendo as bases dos preços à vista de arroz em relação aos contratos futuros sugerem que os valores extremos obtidos dos cálculos destas medidas são negativos. Ou seja, os valores em risco e valores em risco condicionados encontrados indicam que o risco para a base situa-se no lado esquerdo de sua distribuição, o que por sua vez tende a ser desvantajoso aos *hedgers* que assumem posições compradas, uma vez que o VaR e CVaR apontam para situações de extremo risco com bases negativas.

No caso do *hedge* com o contrato futuro de arroz da CME, o VaR oscila entre (US\$ 4,90) a (US\$ 5,66) e o CVaR entre (US\$ 5,73) a (US\$ 6,54), nas praças do Litoral Sul e Campanha, respectivamente. Em menor escala, o VaR da base oriunda da operação de *hedge* envolvendo os preços à vista de arroz e futuro de milho, mostram uma variação entre (US\$ 1,53) a (US\$ 2,19) (Planície Interna e Campanha), enquanto o CVaR oscila entre (US\$ 2,68) a (US\$ 3,36), na Planície Interna e Depressão Central, respectivamente. Já o VaR para a base envolvendo a operação com o contrato futuro da soja apresentou-se como o mais negativo. O valor em risco dessa operação pode ocasionar uma variação da base em até (US\$ 11,71) e o valor em risco condicional até aproximadamente (US\$ 13,05), na região da Campanha.

Comparando estes resultados com aqueles obtidos no cálculo da base média para cada uma das operações, em termos absolutos, a operação de soja é quem apresenta os maiores desvios entre seu ponto médio até os valores extremos na cauda da distribuição. Por exemplo,

¹⁶ Os testes de normalidade de Jarque-Bera e Anderson-Darling apontaram para uma distribuição normal em todas as séries.

se analisada a operação para o *hedger* na praça da Campanha, a variação da base média até o VaR é de aproximadamente (US\$ 5,20), enquanto que nas operações com futuros de arroz e milho, para a mesma praça, esta variação é de (US\$ 3,40) e (US\$ 4,20), respectivamente. Já para o CVaR, esta variação em relação à média das operações com soja, arroz e milho, na região da Campanha, é de aproximadamente (US\$ 6,50), (US\$4,30) e (US\$ 5,40), respectivamente. Em geral, nota-se, também, que os patamares destas variações são mantidos nas demais praças. Neste sentido, os resultados destas medidas de *downside risk* permitem constatar que os riscos para as três operações de *hedge* cruzado são elevados, e sendo negativos, afetam, principalmente, o *hedge* de compra.

Desta forma, a magnitude das bases envolvendo o fechamento de posições nestes três contratos futuros apresentam um patamar de risco elevado às indústrias e agentes diversos que fecham posições compradas na bolsa de futuros, uma vez que a utilização destas operações para este tipo de *hedge* pode ocasionar situações desfavoráveis em relação a uma operação no mercado à vista ou a termo. Embora, sob esta lógica, uma posição de *hedge* de venda com o risco de base negativo possa ser menos arriscado aos produtores rurais, deve-se ressaltar que nas operações envolvendo os contratos futuros de arroz e de milho, a base atingiu valores de máximo elevados (dois desvios da média). Além disso, a base média apresentou-se positiva nas operações com futuros de milho. Tais situações evidenciam que a base do *hedge* cruzado deve ser analisada cuidadosamente por parte dos agentes interessados em tais operações.

4.4.2 Resultados dos testes de raiz unitária e cointegração

Primeiramente, antes de qualquer inferência que consista buscar o entendimento das relações entre as séries de preços testadas no presente trabalho, deve-se atentar na aplicação de testes que permitam identificar os processos autorregressivos das mesmas, bem como suas estacionariedades.

Para determinação do número de defasagens (*lags*) das variáveis inseridas no teste de raiz unitária das séries, utilizaram-se os critérios de informação de Akaike (AIC) e Schwartz (SBC).

Conforme abordado anteriormente, para a realização dos testes de raiz unitária, utilizou-se o procedimento proposto por Enders (2004), que recomenda que se inicie o teste da forma mais geral (em nível, com constante e tendência), eliminando progressivamente os termos determinísticos, sempre que não se apresentarem significativos, e diferenciando as séries, se necessário.

No teste DFA, o número de defasagens necessárias a serem incluídas na autorregressão é estimado de forma a eliminar a autocorrelação dos resíduos. Para tanto, a ordem do processo autorregressivo (AR) foi determinada de acordo com os menores valores dos critérios de AIC e SBC.

Os testes foram aplicados às séries de preços à vista de arroz nas cinco praças gaúchas em estudo, à série de preços futuros de arroz em Chicago, às séries de preços futuros de milho e soja na BM&FBOVESPA, e à série do indicador de preços do arroz do RS, que por sua vez serão discutidas no último tópico deste artigo.

No caso das séries em questão, as variáveis referentes ao preço físico de arroz apresentaram um processo autorregressivo de ordem 5, ou AR(5), para as praças da Planície Interna, Campanha, Fronteira e Litoral Sul, e de ordem 2 para a praça da Depressão Central. As séries dos preços futuros de arroz, milho e soja, apresentaram, todas, um processo autorregressivo de ordem 1, AR(1), enquanto a série referente ao indicador de preços apresentou um AR(22).

Os resultados do teste da raiz unitária de Dickey-Fuller Aumentado estão expressos na Tabela 4. Conforme proposto por Enders (2004), buscou-se analisar a estacionariedade das séries através da seguinte rotina: teste com constante e tendência, com constante e sem tendência, sem constante e sem tendência (todos em nível) e, sem constante e sem tendência, na primeira diferença.

Tabela 4 - Resultados do teste de raiz unitária DFA em nível e na 1ª diferença, 2005-2011

Séries (US\$/sc 50kg)	Defasagem						
	(p-1)	τ_τ	$\tau_{\beta\tau}$	τ_μ	$\tau_{a\mu}$	τ	$\Delta\tau$
Planície Interna	5	-2,064	1,325	-1,540	1,809	0,610	-12,775*
Campanha	5	-1,804	1,119	-1,477	1,738	0,583	-13,227*
Depressão Central	2	-1,439	0,762	-1,329	1,645	0,768	-23,661*
Fronteira Oeste	5	-1,795	1,044	-1,544	1,800	0,556	-13,041*
Litoral Sul	5	-3,178	2,314	-2,182	2,321	0,119	-4,998*
CME	1	-1,977	0,929	-1,775	1,990	0,485	-33,097*
Indicador	22	-3,107	2,238	-2,167	2,314	0,135	-4,982*
Milho	1	-2,093	1,988	-0,918	1,143	0,704	-34,557*
Soja	1	-1,983	1,782	-0,936	1,233	0,817	-45,877*

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Valores críticos para a estatística descrita, obtidos em Enders (2004) e Fuller (1979), são, respectivamente: -3,96; 3,46; -3,42; 3,18; e -2,58 em nível de significância de 1%.

* Significativo a 1%.

Em todas as ocasiões em nível, os testes de raiz unitária com constante e tendência, com constante e sem tendência, e sem constante e sem tendência, apresentaram-se não significativos, não rejeitando a hipótese nula de estacionariedade das séries¹⁷. Em outras palavras, os testes corroboraram a hipótese de que nenhuma das variáveis de preços testadas é estacionária em nível. Assim, repetiu-se os mesmos procedimentos para tal teste, com as séries na primeira diferença. Nesta segunda etapa, todas as variáveis mostraram-se significativas a 1% em relação ao valor crítico da estatística τ , ou seja, são estacionárias apenas na primeira diferença (Tabela 4).

Desta forma, os testes subsequentes de determinação da ordem de integração e da estimação dos processos regressivos para análise da efetividade do *hedge* são realizados com as variáveis na primeira diferença.

De forma a complementar a análise descritiva destas variáveis, antes de se apresentar os testes do cointegração, apresenta-se na tabela 5, testes de correlação simples entre as séries de preços físicos e de futuros. Note que os testes foram aplicados, também, com as variáveis em nível, apenas para demonstrar a distinção entre a análise em nível e na primeira diferença.

Tabela 5 - Correlação entre os preços à vista e futuros, em nível e na 1ª diferença, 2005-2011

Praças/Contratos	Preços em nível				Preços na diferença			
	CME	Milho	Soja	Indicador	CME	Milho	Soja	Indicador
Planície Interna	0,850	0,500	0,837	0,999	0,098	0,018	0,055	0,874
Campanha	0,835	0,474	0,820	0,999	0,115	0,001	0,081	0,829
Depressão Central	0,836	0,466	0,813	0,999	0,113	0,018	0,039	0,850
Fronteira Oeste	0,845	0,471	0,817	0,999	0,117	0,034	0,056	0,920
Litoral Sul	0,855	0,488	0,832	0,999	0,111	0,024	0,081	0,891

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados da análise em nível apontam para uma alta correlação entre os preços físicos de arroz no mercado brasileiro e no mercado futuro norte-americano, assim como na relação entre os preços físicos e o indicador de preços do arroz, como era de se esperar¹⁸. Também, há uma alta correlação entre os preços físicos de arroz com os de soja. Contudo, ao se analisar a correlação das séries na primeira diferença, apenas a correlação de tais preços com o indicador de arroz mostram-se sob patamares significativos. Todas as demais situações

¹⁷ Considerando-se níveis de significância de 5% e 1%.

¹⁸ Uma vez que o indicador é composto pela média ponderada dos preços físicos de tais praças produtoras.

mostram uma correlação baixa, reforçando a hipótese teórica da necessidade de verificação da estacionariedade das séries a serem analisadas, sob o risco de se obter uma regressão espúria.

O passo posterior para análise da integração entre os preços em estudo se dá através do teste de cointegração de Johansen. Após identificar a não estacionariedade das variáveis em nível, opta-se por este teste para analisar a relação de longo prazo entre as operações de *hedge* cruzado propostas neste trabalho, com as séries de preços na primeira diferença. Embora analisado um teste de correlação simples, com as variáveis na primeira diferença, o teste de cointegração apresenta maior robustez para análise das variáveis em uma série de tempo extensa, e pode apontar as relações de longo prazo entre as variáveis, indicando a necessidade ou não da inclusão de um ou mais vetores de cointegração no modelo a ser estimado, como um mecanismo para a correção de erros.

Os testes de cointegração foram aplicados para cada uma das séries de preços à vista de arroz do RS em relação aos preços futuros de arroz na CME, aos preços futuros de soja e milho na BM&FBOVESPA, e ao indicador de arroz.

O número de defasagens utilizadas nos testes de cointegração foi definido de acordo com o critério de AIC e SBC, para uma versão multiequacional. A especificação indicada para todos os testes foi o modelo linear com intercepto e sem tendência determinística. No caso da metodologia de Johansen, torna-se necessário determinar a ordem das defasagens, pois esse procedimento tem como base a hipótese de que, ao se introduzir um número suficiente de defasagens, obtém-se uma estrutura de resíduos bem comportados e estacionários.

Assim, ao se testar a ordem das defasagens para todos os pares de séries analisadas, percebeu-se que as defasagens foram as mesmas dentro de cada grupo em análise (entre os preços físicos e os três preços futuros mais o indicador). Para os testes entre os preços físicos e futuros de arroz, utilizou-se duas defasagens; para os testes entre os preços físicos de arroz e o preço futuro de milho, utilizou-se seis defasagens; para os testes entre os preços físicos de arroz e preço futuro de soja, duas defasagens; e finalmente, para os testes entre os preços físicos de arroz e o indicador de preços de arroz, foram usadas três defasagens.

A tabela 6 apresenta os resultados do teste de cointegração entre o grupo de preços físicos em relação aos preços futuros de arroz da CME. Em todas as situações, encontra-se, a 1% de significância, um vetor de cointegração. O mesmo é observado nos testes entre os preços à vista em relação ao indicador do arroz, com um vetor de cointegração para todas as praças estudadas, com 1% de significância, conforme observa-se na tabela 9. Para as análises

posteriores a ambos os grupos de variáveis, os vetores de cointegração devem ser embutidos no modelo com correção de erros.

Nota-se, entretanto, pelas tabelas 7 e 8, que os testes de cointegração envolvendo os preços à vista em cada uma das praças e os preços futuros de milho e soja, respectivamente, não apresentaram, em nenhuma ocasião, vetor de cointegração. Tal constatação é um forte argumento para explicar uma baixa (ou nula) relação de longo prazo com tais séries de preços futuros. Embora isto permita a estimação do regressor nas diferenças e defasagens, sem a necessidade de inclusão de um vetor para correção de erros, tais resultados permitem inferir que ambos os contratos tendem a oferecer pouca eficiência no *hedge* de arroz, uma vez que seus preços não apresentam relação de longo prazo. Ou seja, assumindo a alta volatilidade das bases envolvendo estes dois contratos futuros, e o alto risco de base em ambos, pode-se argumentar que o uso destes para *hedge* cruzado do arroz brasileiro apresenta baixa eficácia. Porém, para ratificar esta hipótese, deve-se testar a eficiência deste *hedge* (E^*).

Tabela 6 - Resultados de teste de cointegração de Johansen entre as séries de preços à vista de arroz e preços futuros de arroz na CME, 2005-2011

	Hipótese nula	Hipótese alternativa	$\lambda_{traço}$	Prob.	λ_{max}	Prob.
Planície Interna	$r \leq 0$	$r = 1$	21,445*	0,006	18,895*	0,009
	$r \leq 1$	$r = 2$	2,550	0,110	2,550	0,110
Campanha	$r \leq 0$	$r = 1$	24,732*	0,002	21,782*	0,003
	$r \leq 1$	$r = 2$	2,951	0,086	2,951	0,086
Depressão Central	$r \leq 0$	$r = 1$	25,066*	0,001	21,878*	0,003
	$r \leq 1$	$r = 2$	3,187	0,074	3,187	0,074
Fronteira Oeste	$r \leq 0$	$r = 1$	24,543*	0,002	21,625*	0,003
	$r \leq 1$	$r = 2$	2,918	0,088	2,918	0,088
Litoral Sul	$r \leq 0$	$r = 1$	21,766*	0,005	19,128*	0,008
	$r \leq 1$	$r = 2$	2,638	0,104	2,638	0,104

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: teste para o modelo linear com intercepto e sem tendência determinística, com duas defasagens.

* Significativo a 1%.

Tabela 7 - Resultados de teste de cointegração de Johansen entre as séries de preços à vista de arroz e preços futuros de milho na BM&FBOVESPA, 2005-2011

	Hipótese nula	Hipótese alternativa	$\lambda_{traço}$	Prob.	λ_{max}	Prob.
Planície Interna	$r \leq 0$	$r = 1$	6,996	0,578	5,786	0,641
	$r \leq 1$	$r = 2$	1,210	0,271	1,210	0,271
Campanha	$r \leq 0$	$r = 1$	6,550	0,631	5,665	0,656
	$r \leq 1$	$r = 2$	0,884	0,347	0,884	0,347
Depressão Central	$r \leq 0$	$r = 1$	5,807	0,718	4,907	0,754
	$r \leq 1$	$r = 2$	0,900	0,343	0,900	0,343
Fronteira Oeste	$r \leq 0$	$r = 1$	6,974	0,581	5,775	0,642
	$r \leq 1$	$r = 2$	1,199	0,274	1,199	0,274
Litoral Sul	$r \leq 0$	$r = 1$	6,958	0,583	5,761	0,644
	$r \leq 1$	$r = 2$	1,197	0,274	1,197	0,274

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: teste para o modelo linear com intercepto e sem tendência determinística, com seis defasagens.

Tabela 8 - Resultados de teste de cointegração de Johansen entre as séries de preços à vista de arroz e preços futuros de soja na BM&FBOVESPA, 2005-2011

	Hipótese nula	Hipótese alternativa	$\lambda_{traço}$	Prob.	λ_{max}	Prob.
Planície Interna	$r \leq 0$	$r = 1$	11,401	0,188	10,602	0,175
	$r \leq 1$	$r = 2$	0,799	0,371	0,799	0,371
Campanha	$r \leq 0$	$r = 1$	9,692	0,305	8,802	0,303
	$r \leq 1$	$r = 2$	0,890	0,346	0,890	0,346
Depressão Central	$r \leq 0$	$r = 1$	9,398	0,330	8,552	0,325
	$r \leq 1$	$r = 2$	0,845	0,358	0,845	0,358
Fronteira Oeste	$r \leq 0$	$r = 1$	9,472	0,324	8,626	0,319
	$r \leq 1$	$r = 2$	0,846	0,358	0,846	0,358
Litoral Sul	$r \leq 0$	$r = 1$	10,922	0,216	10,139	0,203
	$r \leq 1$	$r = 2$	0,783	0,376	0,783	0,376

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: teste para o modelo linear com intercepto e sem tendência determinística, com duas defasagens.

Tabela 9 - Resultados de teste de cointegração de Johansen entre as séries de preços à vista de arroz e o indicador de preços de arroz do RS, 2005-2011

	Hipótese nula	Hipótese alternativa	$\lambda_{traço}$	Prob.	λ_{max}	Prob.
Planície Interna	$r \leq 0$	$r = 1$	54,869*	0,000	52,856*	0,000
	$r \leq 1$	$r = 2$	2,013	0,156	2,013	0,156
Campanha	$r \leq 0$	$r = 1$	86,246*	0,000	83,734*	0,000
	$r \leq 1$	$r = 2$	2,512	0,113	2,512	0,113
Depressão Central	$r \leq 0$	$r = 1$	67,788*	0,000	65,420*	0,000
	$r \leq 1$	$r = 2$	2,368	0,124	2,368	0,124
Fronteira Oeste	$r \leq 0$	$r = 1$	44,846*	0,000	42,900*	0,000
	$r \leq 1$	$r = 2$	1,946	0,163	1,946	0,163
Litoral Sul	$r \leq 0$	$r = 1$	38,282*	0,0000	36,340*	0,000
	$r \leq 1$	$r = 2$	1,942	0,164	1,942	0,164

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: teste para o modelo linear com intercepto e sem tendência determinística, com três defasagens.

* Significativo a 1%.

Nos casos envolvendo as séries de preços à vista de arroz com os preços futuros de arroz de Chicago, e também com o indicador de preços desta *commodity*, dado o vetor de cointegração encontrado, um modelo autorregressivo com correção de erros é estimado considerando as defasagens de acordo com o modelo multiequacional previamente testado, com duas defasagens no primeiro caso (envolvendo os preços futuros de arroz) e três defasagens no segundo (envolvendo o indicador de preços).

Para o primeiro caso, tal como observado na tabela 10, observa-se que a hipótese de que o coeficiente do termo de correção de erro estimado é significativo em todas as situações, o que sugere que na presença de relação de longo prazo, os ajustes de equilíbrio podem ser feitos tanto para as séries de preços à vista, como as de preços futuros. Isto significa, por exemplo, que variações na série de preços futuros diferenciada e defasada afetam a série preços à vista diferenciada e defasada, e vice-versa.

Tabela 10 - Representação do termo de correção de erro dos preços cointegrados à vista de arroz e futuros de arroz na CME, e teste F do modelo, 2005-2011

		Termo de correção de erro			Teste F
		Coeficiente Π_i	Desvio-padrão	Valor-p	Estatística F
Planície Interna	Eq. preços à vista	-0,138	0,021	-6,522*	186,141*
	Eq. preços futuros	0,608	0,033	18,514*	199,450*
Campanha	Eq. preços à vista	-0,109	0,020	-5,520*	169,689*
	Eq. preços futuros	0,600	0,032	18,775*	203,993*
Depressão Central	Eq. preços à vista	-0,207	0,025	-8,208*	166,648*
	Eq. preços futuros	0,696	0,040	17,425*	188,919*
Fronteira Oeste	Eq. preços à vista	-0,220	0,027	-8,157*	166,848*
	Eq. preços futuros	0,778	0,044	17,791*	193,639*
Litoral Sul	Eq. preços à vista	-0,071	0,017	-4,034*	152,555*
	Eq. preços futuros	0,524	0,027	19,478*	210,700*

Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo a 1%.

Por sua vez, na tabela 11, nota-se que a hipótese de que o coeficiente do termo de correção de erro estimado é significativo nas relações entre os preços à vista e o indicador de arroz, somente em duas situações. As exceções ocorrem com a série diferenciada e defasada do indicador de preços em relação às praças da Planície Interna, Depressão Central e Litoral Sul. Nestes três casos, deve-se assumir as referidas praças como variável dependente, e o indicador como explicativa. Adicionalmente, ressalta-se que todos os modelos com correção de erro estimados são estatisticamente significativos, dado os resultados do teste F, também expressos nas tabelas 10 e 11, os quais corroboram a hipótese de que as séries testadas são adequadamente ajustadas nos modelos em questão.

Tabela 11 - Representação do termo de correção de erro dos preços cointegrados à vista de arroz e indicador dos preços de arroz no RS, e teste F do modelo, 2005-2011

		Termo de correção de erro			Teste F
		Coeficiente Π_i	Desvio-	Valor-p	Estatística F
			padrão		
Planície Interna	Eq. preços à vista	-1,339	0,152	-8,816*	167,806*
	Eq. preços futuros	0,245	0,134	1,831	119,951*
Campanha	Eq. preços à vista	-1,555	0,133	-11,702*	167,956*
	Eq. preços futuros	0,241	0,125	1,931**	119,788*
Depressão Central	Eq. preços à vista	-1,599	0,133	-12,009*	159,814*
	Eq. preços futuros	-0,041	0,120	-0,343	119,770*
Fronteira Oeste	Eq. preços à vista	-1,918	0,185	-10,368*	157,084*
	Eq. preços futuros	-0,319	0,170	-1,877**	120,432*
Litoral Sul	Eq. preços à vista	-1,386	0,155	-8,925*	145,162*
	Eq. preços futuros	0,172	0,138	1,249	119,732*

Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo a 1%.

** Significativo a 5%.

4.4.3 Razão de *hedge* ótima e efetividade das operações de *cross-hedge*

Para a obtenção das estimativas das razões de *hedge* em cada uma das operações propostas, aplicou-se o método de regressão linear, com as variáveis na diferença, considerando os preços à vista como variável dependente, e os preços futuros, preços futuros defasados e preços à vista defasados como variáveis explicativas (todos na primeira diferença).

Os resultados destas estimações estão expressos a seguir. Primeiramente, pode-se notar que as regressões para todas as estimativas referentes às operações de *cross-hedge* são significativas pela aplicação do teste F. Além disso, as razões ótimas de *hedge*, indicadas pelos coeficientes angulares obtidos nos processos regressivos apresentaram-se significativas em dois dos três grupos de regressões estimados. Somente no *cross-hedge* envolvendo o

contrato futuro do milho, o teste t indicou razões de *hedge* não significativas, ou seja, razão não-ótima de *hedge* (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultados das estimações das razões de *hedge* ótimas nas operações de *hedge* cruzado, 2005-2011

Contrato	Praça	Razão de <i>hedge</i>	Estatística t	Prob.	Estatística F	Prob.
CME	Planície Interna	5,60%	3,609*	0,000	11,805*	0,000
	Campanha	6,40%	4,344*	0,000	12,880*	0,000
	Depressão Central	6,45%	4,212*	0,000	13,947*	0,000
	Fronteira Oeste	6,65%	4,445*	0,000	12,744*	0,000
	Litoral Sul	6,43%	4,196*	0,000	14,366*	0,000
Milho	Planície Interna	0,55%	0,310	0,757	17,245*	0,000
	Campanha	0,43%	0,254	0,800	17,357*	0,000
	Depressão Central	0,92%	0,528	0,598	17,406*	0,000
	Fronteira Oeste	1,67%	1,018	0,309	16,757*	0,000
	Litoral Sul	1,63%	0,994	0,320	20,144*	0,000
Soja	Planície Interna	2,01%	2,058**	0,040	6,795*	0,000
	Campanha	2,80%	3,023*	0,003	7,330*	0,000
	Depressão Central	1,31%	1,987**	0,049	6,183	0,000
	Fronteira Oeste	1,97%	2,092**	0,037	5,952	0,000
	Litoral Sul	2,93%	3,038*	0,002	9,740	0,000

Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo a 1%.

** Significativo a 5%.

Especificamente em relação as razões de *hedge* ótimas obtidas, observa-se na tabela 12, que as três operações resultaram em um baixo valor percentual. Nas transações com futuro de arroz, milho e soja as médias das razões de *hedge* ótimas situaram-se em torno de 6,5%, 1% e 2,2%, respectivamente. Ainda, é possível verificar que esta taxa apresenta pouca variação entre as diferentes praças orizícolas em estudo. Tais razões de *hedge* ótimas abaixo de 10%, em todas as operações, indicam que o *hedger* que optar por esta operação cruzada deve atentar-se em operar apenas uma pequena parcela do montante negociado no mercado físico. Nem mesmo o *cross-hedge* envolvendo o contrato futuro de arroz norte americano, apesar de apresentar a maior razão de *hedge* dentre as opções em estudo, apresenta-se como uma opção para diversificação do portfólio de negociações dos orizicultores gaúchos.

Contudo, uma razão de *hedge* ótima reduzida não indica, necessariamente, que as operações de *cross-hedge* em questão não são alternativas viáveis para o fechamento de

operações dos orizicultores brasileiros. Um passo posterior a ser analisado nas operações de *hedge* em questão se relaciona ao cálculo da efetividade do *hedge*, o qual se dá a partir das variâncias das operações com *hedge* e sem *hedge*, tal como especificado nas equações 27, 28 e 29 do presente artigo.

Observa-se na tabela 13, que novamente, assim como na razão ótima de *hedge*, os valores percentuais obtidos das estimações são pequenos. A partir da estimação da efetividade do *hedge*, os resultados sugerem que o *hedge* é pouco efetivo nas três situações, para todas as praças produtoras, com taxas próximas a zero. Nas operações com futuros de arroz, a efetividade do *hedge* situou-se, aproximadamente, entre 0,9% a 1,3%, enquanto nas operações com futuros de soja entre 0,1% a 0,6% e nas operações com futuros de milho, a efetividade apresentou-se praticamente nula, tendendo a zero.

Tabela 13 - Efetividade do *hedge* nas operações de *hedge* cruzado, 2005-2011

Contrato	Praça	$\text{var}(\Delta C^h_t)$	$\text{var}(\Delta C^u_t)$	Eficiência do <i>hedge</i> (E^*)
CME	Planície Interna	0,02292	0,02312	0,891%
	Campanha	0,02067	0,02094	1,286%
	Depressão Central	0,02231	0,02259	1,209%
	Fronteira Oeste	0,02129	0,02158	1,345%
	Litoral Sul	0,02234	0,02262	1,201%
Milho	Planície Interna	0,03940	0,03941	0,007%
	Campanha	0,03668	0,03668	0,004%
	Depressão Central	0,03794	0,03794	0,019%
	Fronteira Oeste	0,03400	0,03402	0,072%
	Litoral Sul	0,03403	0,03405	0,068%
Soja	Planície Interna	0,02353	0,02360	0,294%
	Campanha	0,02124	0,02138	0,633%
	Depressão Central	0,02310	0,02312	0,128%
	Fronteira Oeste	0,02194	0,02201	0,304%
	Litoral Sul	0,02307	0,02321	0,639%

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: $\text{var}(\Delta C^h_t)$ e $\text{var}(\Delta C^u_t)$ as variâncias com *hedge* e sem *hedge*, respectivamente.

Note que mesmo em relação ao contrato futuro de arroz na CME, encontram-se baixos valores para a efetividade e razão de *hedge*. Uma possível justificativa para tão baixas taxas pode ser dada pelo fato do maior volume de operações em Chicago se dar no período de entressafra do arroz brasileiro. Além disso, tais resultados indicam que há um fluxo de informações pouco significativo entre os dois mercados, o que contribui para a existência de

um risco de base próximo ao que se encontra nas operações de *cross-hedge* com os contratos futuros de milho e soja.

Neste sentido, os resultados apresentados mostram evidências que, de fato, não existe um contrato futuro efetivo para o gerenciamento do risco de preços do arroz brasileiro, o que corrobora com a hipótese levantada no presente artigo e demonstra a necessidade de desenvolvimento de instrumentos alternativos que atenda às necessidades dos agentes da cadeia orizícola brasileira.

4.4.4 Análises do *cross-hedge* alternativo em relação ao indicador de preços de arroz

Conforme apresentado ao longo deste artigo, a abordagem de um cenário alternativo para análise do risco de base, razão de *hedge* e efetividade do *hedge* pode ser realizada considerando uma representação do que seria um hipotético contrato futuro de arroz no Brasil, com liquidação financeira baseada no indicador de preços do arroz no Rio Grande do Sul e, portanto, considerando as praças produtoras gaúchas como locais de referência.

Como o indicador de preços de arroz é representado como uma média ponderada das cinco praças produtoras analisadas neste trabalho, espera-se que a aplicação das metodologias propostas gere um risco de base pequeno, cointegração entre os preços¹⁹, uma alta razão de *hedge* e uma taxa de efetividade do *hedge* elevada. Porém, a justificativa por esta análise complementar ao trabalho em questão se dá, primeiramente, em razão de se poder auferir com maior precisão, as exatas magnitudes das razões de *hedge* e efetividade do *hedge* desta operação, em termos absolutos e também em relação às opções de *cross-hedge* discutidas anteriormente, as quais podem vir a auxiliar na interpretação de prováveis cenários que pudessem vir a existir, caso se criasse um contrato de arroz no país, referenciado à esta região de estudo.

Assim, entende-se que esta abordagem permite uma noção mais clara e quantitativa das diferenças das razões de *hedge* e efetividade do *hedge* das operações com este indicador, em relação àquelas obtidas nas análises das operações de *cross-hedge* com os contratos futuros de arroz da CME, e de milho e soja da BM&FBOVESPA, de forma a averiguar se, de fato, é possível a criação de um contrato futuro doméstico de arroz, balizado, em parte, nos moldes deste indicador.

¹⁹ Tal como apresentado na tabela 9.

Tal como exposto nos tópicos anteriores, primeiramente, a análise de uma hipotética operação de *hedge* entre os preços à vista do arroz nas cinco praças gaúchas e o indicador de arroz do Rio Grande do Sul parte da análise da base e do risco de base. Conforme se observa na figura 4, e diferente das situações apresentadas anteriormente, há uma flutuação constante entre base positiva e negativa, à exceção das praças da Campanha e Depressão Central, que constantemente apresentam base negativa em relação ao indicador de preços.

Figura 4 - Comportamento das bases entre os preços à vista de arroz e o indicador de preços do RS, 2005-2011

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Nota-se, pela tabela 14, que as médias das bases são próximas a zero, assim como a volatilidade, que apresenta desvios inferiores a US\$ 0,20, em todas as praças. Tais resultados estão de acordo com o esperado, uma vez que o indicador, de forma geral, oscila como uma média ponderada de cada uma das séries de preços à vista. Assim, as medidas de *downside risk* e *upside risk* também apresentam um comportamento moderado se comparadas às obtidas nas operações com os demais contratos futuros. O LPM e UPM calculados são, na maioria dos casos, muito próximos a zero, com o LPM atingindo seu máximo na Planície Interna, enquanto o UPM é maior na região da Campanha, embora não seja possível afirmar que estes patamares máximos obtidos das duas medidas são suficientemente significativos para gerar riscos de perdas indesejáveis nesta operação de *hedge* simulada.

Tabela 14 - Estatística descritiva e medidas de risco para as bases entre os preços à vista de arroz e indicador de preços de arroz no RS, US\$/sc 50kg, 2005-2011

	Planície Interna	Campanha	Depressão Central	Fronteira Oeste	Litoral Sul
Min	-0,128	-1,347	-1,146	-0,619	-0,230
Max	1,176	0,100	0,345	0,491	0,927
Média	0,278	-0,378	-0,255	-0,050	0,211
Desv. Pad.	0,170	0,184	0,172	0,111	0,159
Coef. Var.	0,611	-0,488	-0,674	-2,221	0,755
LPM	0,326	0,003	0,020	0,053	0,264
UPM	0,012	0,421	0,307	0,110	0,023
VaR	-0,001	-0,682	-0,538	-0,233	-0,051
CVaR	-0,072	-0,759	-0,962	-0,279	-0,118

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: LPM referem aos *lower partial moments*; UPM aos *upper partial moments*; VaR ao *value at risk*; e CVaR ao *conditional value at risk*.

No que tange aos cálculos do VaR e CVaR, note que os valores em risco são menores na situação que considera as operações com o indicador de arroz. Neste caso, o VaR da base varia negativamente entre valores próximos de (US\$ 0,50) até um CVaR de aproximadamente (US\$ 1,00), ou seja, considerando por exemplo, a praça da Campanha Gaúcha (Tabela 14), há 95% de chances da base não ultrapassar o valor negativo de (US\$ 0,68). Caso ultrapasse esse valor, seu valor esperado seria de (US\$ 0,76). Isto significa, que baseado na série histórica de seis anos safras (2005-2011), o produtor agrícola que assume uma posição vendida em relação a um hipotético contrato futuro balizado no indicador de arroz, tem um risco de base pequeno e a base próxima a zero. Também, tal como verificado nos cálculos das medidas de dispersão e do LPM e UPM, ao considerar o indicador de preços como um suposto contrato futuro de arroz no Brasil, pode-se afirmar que seu patamar é pouco oscilante a ponto de afetar severamente as possíveis operações de *hedge* tanto por produtores, como pelas indústrias e outros agentes na cadeia orizícola do país.

Com relação à estimação da razão de *hedge*, estimou-se um modelo com correção de erros, em virtude dos resultados do teste de cointegração entre os preços à vista e o indicador, tal como apresentados anteriormente nas tabelas 9 e 11. Conforme se observa na tabela 15, os coeficientes angulares da variável explicativa deste modelo (indicador de preços com na diferença), em cada uma das situações, apontam que nesta operação, a razão de *hedge* ótima é elevada. Nas praças produtoras da Planície Interna, Fronteira Oeste e Litoral Sul, alcançam patamares acima de 98%, o que demonstra que neste cenário, o *hedge* poderia ser feito em

quase toda a totalidade das transações dos agentes, em qualquer uma das regiões. Ressalta-se, ainda, que tais coeficientes, assim como os modelos estimados, apresentaram-se significativos em todas as situações.

Tabela 15 - Resultados das estimações das razões de *hedge* ótimas nas operações de *hedge* cruzado com o indicador de preços de arroz, 2005-2011

Contrato	Praça	Razão de <i>hedge</i>	Estatística t	Prob.	Estatística F	Prob.
Indicador	Planície Interna	98,58%	67,820*	0,000	1.138,45*	0,000
	Campanha	87,42%	56,036*	0,000	906,94*	0,000
	Depressão Central	94,66%	61,251*	0,000	1.029,71*	0,000
	Fronteira Oeste	98,79%	68,490*	0,000	1.150,81*	0,000
	Litoral Sul	98,32%	67,130*	0,000	1.122,46*	0,000

Fonte: Dados da pesquisa.

* Significativo a 1%.

Da mesma maneira, a estimação da efetividade do *hedge*, a partir da razão entre as variâncias condicionais para uma situação envolvendo o *hedge* com outra sem *hedge*, indicam que esta operação, tal como esperada, é eficaz sob o ponto de vista dos *hedgers*. Observa-se na tabela 16, que a efetividade do *hedge* é superior a 68%, atingindo seu máximo em um patamar de aproximadamente 85,6%.

Tabela 16 - Efetividade do *hedge* nas operações de *hedge* cruzado envolvendo o indicador de preços de arroz, 2005-2011

Contrato	Praça	$\text{var}(\Delta C_t^h)$	$\text{var}(\Delta C_t^u)$	Eficiência do <i>hedge</i> (E^*)
Indicador	Planície Interna	0,00518	0,02338	77,844%
	Campanha	0,00611	0,01936	68,440%
	Depressão Central	0,00603	0,02166	72,152%
	Fronteira Oeste	0,00310	0,02167	85,685%
	Litoral Sul	0,00453	0,02287	80,186%

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: $\text{var}(\Delta C_t^h)$ e $\text{var}(\Delta C_t^u)$ as variâncias com *hedge* e sem *hedge*, respectivamente.

Também, embora os resultados da estimação da razão de *hedge* ótima indicassem a praça da Fronteira Oeste com a maior taxa, não foi possível verificar a diferença para as demais praças, principalmente em relação à Planície Interna e Litoral Sul. No mesmo sentido,

embora a efetividade do *hedge* aponte a região da Fronteira Oeste com a maior taxa de efetividade, dada as diferenças pouco significativas em relação às demais, não se pode afirmar que há uma praça que possa ser classificada como mais eficaz ao *hedge* que as demais.

Por fim, as percepções gerais oriundas da análise desta hipotética operação são de que ela fornece condições suficientes para viabilizar as operações de *hedge* dos agentes orizícolas do país. Desta forma, entende-se que um estudo para a criação e implantação de um novo contrato futuro de arroz no Brasil, deve considerar tal indicador de preços e praças produtoras como balizadoras para um desenho que atenda seu mercado potencial.

4.5 Considerações finais

Este artigo propôs-se a analisar o risco de base e a efetividade do *hedge* entre algumas possibilidades de *cross-hedge* para orizicultores brasileiros, especificamente da principal área produtora e beneficiadora, o Rio Grande do Sul, de forma a fornecer maior conhecimento sobre ferramentas alternativas para uma melhor gestão do risco de preços destes agentes, e principalmente, investigar se há, atualmente, algum contrato futuro que possa concorrer com um novo contrato futuro de arroz no país e, assim, podendo levá-lo à perda de liquidez.

Complementando o objetivo central desta tese, o de identificar a viabilidade de implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil, a análise sob a ótica do risco de base e do *cross-hedge* permite auferir, primeiramente, a variação do risco de operação nas bolsas de futuros com contratos de diferentes *commodities* e, posteriormente, averiguar a integração entres os preços à vista domésticos e os preços futuros de tais contratos, bem como a efetividade do *hedge* cruzado e a razão de *hedge* ótima em cada uma das operações.

Para isso, foram analisadas três possíveis operações para os orizicultores gaúchos, utilizando outros contratos futuros. Entre estas, uma correspondente ao principal contrato futuro de arroz mundial, na bolsa de Chicago (CME), e outras duas envolvendo os contratos futuros das únicas culturas graneleiras com operações na BM&FBOVESPA, as quais, milho e soja. Ainda, outro cenário foi testado, o qual compreendeu em uma simulação de *hedge* com um contrato futuro hipotético baseado no indicador de preços físicos de arroz no Rio Grande do Sul, supondo-se que um novo contrato de arroz no Brasil tivesse comportamento de preços próximos a este indicador, e assim, analisando-se a eficiência desta operação e buscando mensurar uma magnitude aproximada que se obteria na operação envolvendo um novo contrato.

Com relação ao risco de base, as principais constatações são de que as bases entre os preços à vista de arroz e os contratos futuros de arroz, milho e soja apresentam volatilidades semelhantes. Tais diferenças entre as operações não são observadas quando calculados os coeficientes de variação de cada situação. Esta medida de dispersão aponta que, de forma geral, os desvios das bases oscilam em relação às suas médias de forma similar, porém em alguns casos positivamente (milho), e em outros casos negativamente (arroz e soja), sugerindo que um *hedger* deve atentar-se ao contrato futuro de milho em caso de uma posição comprada (indústrias, armazéns, entre outros), e nos futuros de arroz e soja em caso de uma posição de venda (produtores).

Contudo, medidas de risco focadas nos extremos das distribuições de probabilidades das bases foram calculadas para dimensionar o potencial de risco em cada uma das operações tanto para o *hedge* de venda como para o *hedge* de compra no mercado futuro. As principais constatações da aplicação das medidas de *downside risk* mostram que o contrato futuro de soja possui os menor LPM, indicando que estas operações fornecem menores riscos para os *hedgers* de venda. Do outro lado da distribuição, o *hedge* de compra é mais arriscado às operações com os contratos futuros de arroz, e principalmente, o de soja, os quais acarretam em altos UPMs. Adicionalmente, o VaR e CVaR das distribuições das bases indicam que todas as operações, sobretudo com futuros de soja, apresentam probabilidades de bases com valores negativos expressivos, o que implica em alto risco para o *hedge* de compra.

Todos os modelos estimados apresentaram-se estatisticamente significativos. Entretanto, os resultados obtidos indicaram uma baixa razão de *hedge* ótima para os orizicultores, nas três situações de *cross-hedge* testadas, o que sugere cautela por parte destes agentes ao assumir uma posição de *hedge* cruzado no mercado futuro. Da mesma maneira, a efetividade do *hedge* mostrou-se muito próxima a zero, indicando que as operações analisadas são alternativas pouco viáveis para gerir o risco de preços dos orizicultores brasileiros.

Tais constatações corroboram a hipótese de que as características de produção, beneficiamento e consumo do arroz o distinguem de qualquer outra cultura agrícola produzida domesticamente, levando-o a uma baixa efetividade no *cross-hedge* com qualquer outro contrato futuro doméstico, mesmo com o de culturas graneleiras, como milho e soja. Da mesma maneira, outra hipótese apresentada, de que há pouca integração entre a orizicultura brasileira e o mercado internacional, é ratificada quando não é possível encontrar viabilidade mínima na utilização de contratos futuros de arroz no mercado externo, o que por sua vez é fruto, também, da pouca informação deste mercado por parte dos orizicultores brasileiros, aliado às diferenças nas safras e comercialização.

Adicionalmente, testou-se um cenário considerando o indicador de arroz como uma tentativa de aproximação ao que seria obtido de uma série de preços futuros de arroz de um possível contrato a ser criado domesticamente. Nestas estimações, as razões de *hedge* e a efetividade do *hedge* mostraram-se elevadas em todas as praças produtoras, sugerindo que um possível contrato futuro pudesse referenciar-se a esta região de produção e embasar-se nos moldes do indicador de arroz.

Atenta-se, entretanto, para o fato de que esta análise assume que o preço futuro do arroz seguiria o comportamento do indicador. Porém, caso seja criado este contrato, não há como prever se o seu comportamento ao longo do tempo seguiria o comportamento deste indicador, pois somente quando o contrato futuro é criado, e a partir do início das aberturas de negociações por parte *hedgers* e especuladores, é que se pode ter uma noção mais clara sobre o comportamento dos preços. Assim, enfatiza-se que é possível que as razões e efetividade do *hedge* de um contrato futuro de arroz no Brasil não sejam tão altas como as obtidas neste exercício complementar, e desta forma, tais resultados devem ser interpretados cautelosamente.

Ainda, ressalta-se que, pela ótica do *hedger*, os riscos de um novo contrato futuro de arroz sofrer concorrência de outros contratos futuros vigentes são pouco relevantes. Entretanto, além de prover condições para atrair possíveis especuladores à esta negociação, cabe à bolsa e interessados um estudo detalhado para melhor compreensão das ferramentas atualmente utilizadas para gestão de risco por parte dos agentes orizicultores, bem como um estudo que permita investigar se o grau de aversão ao risco de tais agentes é suficientemente relevante a ponto de haver demanda por um novo contrato. Além disso, um esforço adicional deve ser realizado no que diz respeito ao desenho do contrato, público alvo e divulgação desta nova ferramenta, de forma que permita um maior público interessado e apto a operar tal ferramenta, e assim gerar liquidez ao novo contrato. Neste sentido, a bolsa deve focar suas decisões em um formato que forneça maior transparência ao mercado e que repasse a imagem de solidez deste novo contrato. Por exemplo, embora tenha fracassado após alguns anos de sua criação, cita-se como uma referência desta transparência e esforço em atrair o maior número de *hedgers* potenciais, o processo de criação e lançamento do contrato de feijão mungo, da bolsa chinesa de Zenghzhou, tal como apresentado no estudo de Williams et al. (1998).

A partir das conclusões do presente artigo e dos demais artigos desta tese, alguns pontos de maior importância devem ser evidenciados. Primeiramente, o fato do risco de preço ao arroz ser muito elevado em comparação a outras *commodities* no país, atrelado à questão

de não haverem alternativas viáveis para o *cross-hedge* deste arroz, permitem a afirmação de que há, por parte dos agentes orizícolas, necessidade de novos mecanismos para gestão do risco de preços. Nesta ótica, entende-se que um contrato futuro para esta *commodity* poderia vir a ser uma ferramenta útil para os agentes desta cadeia. No entanto, um segundo ponto a ser ressaltado se dá em relação a ainda ativa participação estatal no setor. Entende-se que nos patamares atuais, as políticas agrícolas destinadas à orizicultura, principalmente àquelas ligadas à política de garantia de preços mínimos, são fatores inibidores a um novo contrato, no sentido em que reduziriam a atratividade dos agentes por *hedge*, uma vez que boa parte destes utilizam destas políticas como um mecanismo artificial para redução dos riscos de preços.

Por fim, outros dois pontos devem ser acompanhados de perto em futuros estudos para a viabilidade deste contrato. O primeiro se refere ao fato que, à medida que a renda da população brasileira cresce, diminui-se a preocupação com a segurança alimentar da população de baixa renda. Consequentemente, assumindo que os montantes destinados à intervenções na produção e comercialização do arroz tendem a diminuir, novos mecanismos para a gestão de risco desta atividade devem ser criados, com o objetivo de manter a competitividade do setor. O segundo ponto refere-se ao aumento nas exportações do arroz brasileiro nas últimas safras. Se tal aumento e conquista de novos parceiros comerciais for consistente no longo prazo, deve-se considerá-lo como um fator positivo para atração de possíveis novos *hedgers*. Nesta ótica, também deve-se considerar com atenção a região de referência de tal contrato, uma vez que esta pode atender à demanda por *hedgers* dos países do Mercosul.

Desta forma, dado que diversas pré-condições são favoráveis a um novo contrato de arroz, adicionado às constatações de que há um risco de preço elevado para esta *commodity* no país e de que não existem alternativas eficientes de *cross-hedge* para o arroz doméstico em bolsa de futuros, pode-se inferir que a implantação de um contrato futuro de arroz no Brasil é viável desde que ocorra uma significativa redução das intervenções do governo neste setor, concomitante a um interesse de potenciais *hedgers* em operar este contrato.

Referências

ALVES, L.R.A. **Transmissão de preços entre produtos do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo**. 2002. 107 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ANDERSON, R.W.; DANTHINE, J.P. Cross hedging. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 89, n. 6, p. 1182-1196, 1981.

BACCHI, M.R.P. **Previsão de preços de bovino, suíno e frango com modelos de séries temporais**. 1994. 172 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

BLACK, D.G. **Success and failure of futures contract: theory and empirical evidences**. 1986. 70 p. Monograph (Graduate) - School of Business Administration, New York University, New York, 1986.

BLAKE, M.L.; CATLETT, L. Cross hedging hay using corn futures: an empirical test. **Western Journal of Agricultural Economics**, Laramie, v. 9, n. 1, p. 127-134, 1984.

BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS DE SÃO PAULO - BM&FBOVESPA. **Dados históricos de mercadorias e futuros**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br>>. Acesso em: 08 janeiro 2013.

BRINKER, A.; PARCELL, J.L.; DHUYVETTER, K.; FRANKEN, J.R.V. Cross-hedging distillers dried grains using corn and soybean meal futures contracts. **Journal of Agribusiness**, Athens, GA, v. 27, n. 2, p. 1-15, 2009.

CHEN, S.; LEE, C.; SHRESTHA, K. Futures hedge ratios: a review. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 433-465, 2003.

CHICAGO MERCANTILE EXCHANGE GROUP - CME. **Products and trading: agriculture**. Chicago, 2012. Disponível em: <<http://www.cmegroup.com/trading/agricultural>>. Acesso em: 18 dezembro 2012.

CONT, R. Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues. **Quantitative Finance**, Colchester, v. 1, n. 1, p. 223-236, 2001.

CRUZ JÚNIOR, J.C. **Modelo de razão de hedge ótima e percepção subjetiva de risco nos mercados futuros**. 2009. 100 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

DICKEY, D.A.; FULLER, W.A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1057-1072, July 1981.

EDERINGTON, L.H. The hedging performance of the new futures markets. **The Journal of Finance**, Pittsburgh, v. 34, n. 1, p. 157-170, mar. 1979.

ELAM, E.W.; MILLER, S.E.; HOLDER, S.H. Simple and multiple cross-hedging of rice bran. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Athens, GA, v.6, n.1, p. 123-128, 1986.

ENDERS, W. **Applied econometrics time series**. 2nd ed. New York: Wiley, 2004. 460 p.

FIGLEWSKI, S. Hedging performance and basis risk in stock index futures. **The Journal of Finance**, San Francisco, v. 39, n. 3, p. 657-669, jul. 1984.

FRANKEN, J.R.V.; PARCELL, J.L. Cash ethanol cross-hedging opportunities. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, Athens, GA, v.35, n.3, p. 509-516, 2003.

FRASER, P.; McKAIG, A.J. Basis variation and a common source of risk: evidence from UK futures market. **The European Journal of Finance**, London, v. 7, n. 1, p. 39-62, 2001.

FRECHETTE, D.L. The demand for hedging and the value of hedging opportunities. **American Journal of Agricultural Economics**, New York, v. 82, n. 4, p. 897-907, nov. 2000.

FULLER, W.A. **Introduction to statistical time series**. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 1996. 696 p.

GARCIA, P.; LEUTHOLD, R.M.; SARHAN, M.E. Basis risk: measurement and analysis of basis fluctuations for selected livestock markets. **American Journal of Agricultural Economics**, New York, v. 66, n. 4, p. 499-504, 1984.

GIESLER, G.G.; GAUTHIER, W.M; SALASSI, M.E. **An estimation of rough rice basis in Southwest Louisiana**. Baton Rouge: AC/LSU, 1998. 64 p. (Texto para discussão, 865).

GROOTVELD, H.; HALLERBACH, W. Variance vs downside risk: is there really that much difference? **European Journal of Operational Research**, London, v. 114, n. 2, p. 304-319, 1999.

GUJARATI, D.N. **Econometria básica**. 3. ed. Trad. de M.J.C. Monteiro. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2006. 812 p.

HARRIS, R.I.D.: **Using cointegration analysis in econometric modelling**. Prentice Hall/Havester: Wheatsheaf, 1995. 176 p.

HAYENGA, M.L.; DI PIETRE, D.D. Cross-hedging wholesale porks products using live hog futures. **American Journal of Agricultural Economics**, New York, 1982, v. 64, n. 4, p. 747-751.

HIERONYMUS, T. **Economics of futures trading for commercial and personal profit**. 2nd ed. New York: Commodity Research Bureau Inc., 1977. 367 p.

HULL, J. **Introdução aos mercados futuros e de opções**. 2. ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros / Cultura Editores Associados/ Prentice Hall. 1995. 448 p.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economics Dynamics and Control**, Frankfurt, v. 12, p. 231-254, 1988.

JOHNSON, L.L. The theory of hedging and speculation in commodity futures. **The Review of Economics Studies**, Oxford, UK, v. 27, n. 1, p. 139-151, jun. 1960.

LEE, K.R.; HAYENGA, M.L.; LENCE, S.H. The hedging effectiveness of rough rice futures. In: **APPLIED COMMODITY PRICE ANALYSIS, FORECASTING AND MARKET RISK MANAGEMENT**, 1995, Chicago. **Anais...** Chicago, 1995. p. 358-368.

LIEN, D.; TSE, Y.K. Hedging downside risk with futures contracts. **Applied Financial Economics**, London, v. 10, n. 2, p. 163-170, 2000.

LORD, Y.S.; TURNER, S.C. Basis risk for rice. In: AMERICAN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 1998, Milwaukee. **Anais...** Salt Lake City: AAEA, 1998. 14 p.

MARQUES, P.V.; MELLO, P.C. de.; MARTINES-FILHO, J.G. **Mercados futuros agropecuários: exemplos e aplicações para os mercados brasileiros**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2008. 223 p.

MARTIN, L.; GROENEWEGEN, J.L.; PIDGEON, E. Factors affecting corn basis in Southwestern Ontario. **American Journal of Agricultural Economics**, New York, v. 62, n. 1, 1980, p. 107-122.

MATTOS, F.L.; GARCIA, P. Price discovery and risk transfer in thinly traded markets: evidence from Brazilian agricultural futures markets. **Review of Futures Markets**, Washington, DC, v. 14, n. 4, p. 471-483, 2006.

MAYNARD, L.J.; DILLON, C.R.; CARTER, J. Go ahead, count your chickens: cross-hedging strategies in the broiler industry. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, Athens, GA, v.33, n.1, p. 79-90, 2001.

McKENZIE, A.M. **Prefeasibility study of an Asean rice futures market**. Manila: Asian Development Bank, n. 19, 49 p. march 2012. (Working paper series)

McKENZIE, A.M.; JIANG, B.; DJUNAIDI, H.; HOFFMAN, L.; WAILES, E.J. Unbiasedness and market efficiency tests of the U.S. rice futures market. **Review of Agricultural Economics**, Cary, v. 24, n. 2, p. 474-493, 2002.

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

NETZ, J.S. An empirical test of the effect of basis risk on cash markets positions. **Journal of Futures Markets**, Malden, v. 16, n. 3, p. 289-311, mai. 1996.

PARCELL, J.; BOESSEN, C.; ALTMAN, I.; SANDERS, D. Cross-hedging fishmeal: exploring corn and soybean meal futures contracts. In: SOUTHERN AGRICULTURAL ECONOMICS ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 2008, Athens, GA. **Anais...** Dallas: SAEA, 2008. 14 p.

RAHMAN, S.M.; TURNER, S.C.; COSTA, E.F. Cross-hedging cottonseed meal. **Journal of Agribusiness**, Athens, GA, v. 19, n. 2, p. 163-171, 2001.

RAHMAN, S.M.; DORFMAN, J.H.; TURNER, S.C. A bayesian approach to optimal cross-hedging of cottonseed products using soybean complex futures. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, Laramie, v. 29, n. 2, p. 260-275, 2004.

SILVEIRA, R.L.F. da. **Análise das operações de cross hedge do bezerro e do hedge do boi gordo no mercado futuro da BM&F**. 2003, 106 p. Dissertação (Mestrado em Economia

Aplicada) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SOUZA, W. A. **Determinantes da viabilidade de mercados futuros agropecuários no âmbito do Mercosul**. 1998. 136 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

THOMPSON, S.R.; BOND, G.E. Basis and exchange rate risk in offshore futures trading. **American Journal of Agricultural Economics**, New York, v. 67, n.5, p. 980-991, 1985.

VISWANATH, P.V. Efficient use of information, convergence adjustments, and regression estimates of hedge ratios. **Journal of Futures Markets**, Malden, v. 13, n. 1, p. 43-53, 1993.

VOLLINK, W.; RAIKES, R. An analysis of delivery-period basis determination for live cattle. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Athens, GA, v. 9, n. 1, p. 179-184, jul. 1977.

WILLIAMS, J.; PECK, A.; PARK, A.; ROZELLE, S. The emergence of a futures market: mungbeans on the China Zhengzhou commodity exchange. **The Journal of Futures Markets**, Boston, v. 18, n. 4, p. 427-448, 1998.

WORKING, H. New concepts concerning futures markets and price. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 52, n. 3, p. 431-459, jun. 1962.

ZACHARIAS, T.P.; LANGE, M.D.; GLEASON, W.J.; TRAYLOR, H.D. A producer-level cross-hedge for rough rice using wheat futures. **Southern Journal of Agricultural Economics**, Athens, GA, p.75-82, dez. 1987.

ZHAO, J.; GOODWIN, B.K. Dynamic cross-hedge ratios: an application of copula models. In: AMERICAN AGRICULTURAL AND APPLIED ECONOMICS ASSOCIATION ANNUAL MEETING, 2012, Milwaukee. **Anais...** Seattle: AAEA, 2012. 40 p.

ANEXOS

Anexo A - Estatística descritiva dos retornos dos preços físicos sobre o custo de produção, entre 2005/06 a 2010/11

Produto/Praça	Média	Desv. Pad.	Mediana	Máx.	Mín.	Assimetria	Curtose
Açúcar - São Paulo	1,502	0,382	1,528	2,180	0,976	0,307	-1,313
Arroz - Planície Interna	0,856	0,187	0,861	1,276	0,503	0,167	-0,502
Arroz - Campanha	0,858	0,193	0,851	1,308	0,501	0,181	-0,598
Arroz - Depr. Central	0,868	0,198	0,861	1,340	0,508	0,226	-0,599
Arroz - Fronteira Oeste	1,023	0,219	1,016	1,544	0,612	0,343	-0,214
Arroz - Litoral Sul	0,849	0,198	0,849	1,250	0,472	0,009	-0,796
Boi gordo - Araçatuba	1,391	0,145	1,355	1,863	1,149	1,059	0,594
Boi gordo - Rio Preto	1,395	0,144	1,358	1,839	1,147	1,045	0,622
Boi gordo - Bauru	1,399	0,144	1,357	1,841	1,159	1,090	0,662
Boi gordo - P. Prudente	1,399	0,144	1,359	1,849	1,151	1,059	0,583
Café - São Paulo	1,129	0,174	1,115	1,586	0,780	0,294	-0,151
Milho - Campinas	1,127	0,254	1,071	1,802	0,665	0,472	-0,806
Milho - Sorocabana	1,012	0,287	0,891	1,743	0,608	0,581	-0,870
Soja - Sudoeste PR	1,258	0,244	1,275	1,973	0,830	0,400	-0,527
Soja - Oeste PR	1,250	0,249	1,278	1,972	0,800	0,361	-0,584
Soja - Ponta Grossa	1,247	0,248	1,172	2,092	0,908	1,136	0,669
Soja - Norte PR	1,200	0,267	1,133	2,101	0,773	1,217	1,053

Fonte: Dados da pesquisa.

Anexo B - Estatística descritiva dos retornos dos preços físicos sobre o preço médio da safra anterior, entre 2005/06 a 2010/11

Produto/Praça	Média	Desv. Pad.	Mediana	Máx.	Mín.	Assimetria	Curtose
Açúcar - São Paulo	0,995	0,179	1,007	1,345	0,611	-0,108	-0,937
Arroz - Planície Interna	1,056	0,191	1,053	1,650	0,667	0,572	0,481
Arroz - Campanha	1,059	0,204	1,065	1,669	0,658	0,537	0,311
Arroz - Depr. Central	1,057	0,209	1,056	1,702	0,657	0,610	0,406
Arroz - Fronteira Oeste	1,056	0,208	1,046	1,671	0,668	0,616	0,295
Arroz - Litoral Sul	1,056	0,198	1,049	1,688	0,661	0,663	0,604
Boi gordo - Araçatuba	1,111	0,188	1,104	1,706	0,823	0,403	-0,253
Boi gordo - Rio Preto	1,109	0,188	1,097	1,705	0,822	0,431	-0,246
Boi gordo - Bauru	1,110	0,187	1,100	1,711	0,820	0,442	-0,149
Boi gordo - P. Prudente	1,109	0,189	1,102	1,702	0,821	0,425	-0,281
Café - São Paulo	1,103	0,259	1,028	2,028	0,782	2,165	3,974
Milho - Campinas	1,101	0,285	1,003	1,698	0,719	0,473	-1,203
Milho - Sorocabana	0,982	0,271	0,877	1,557	0,608	0,515	-1,149
Soja - Sudoeste PR	1,047	0,231	1,026	1,794	0,682	0,940	0,647
Soja - Oeste PR	1,074	0,233	1,073	1,815	0,654	0,689	0,514
Soja - Ponta Grossa	1,074	0,216	1,069	1,773	0,716	0,664	0,290
Soja - Norte PR	1,075	0,230	1,068	1,812	0,675	0,711	0,454

Fonte: Dados da pesquisa.

Anexo C - Estatística descritiva dos retornos dos preços físicos sobre os preços mínimos, entre 2005/06 a 2010/11

Produto/Praça	Média	Desv. Pad.	Mediana	Máx.	Mín.	Assimetria	Curtose
Açúcar - São Paulo	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Arroz - Planície Interna	1,078	0,214	1,060	1,670	0,651	1,042	0,808
Arroz - Campanha	1,018	0,206	1,000	1,598	0,699	1,039	0,755
Arroz - Depr. Central	1,029	0,213	1,006	1,638	0,706	1,070	0,765
Arroz - Fronteira Oeste	1,047	0,218	1,024	1,664	0,714	1,079	0,793
Arroz - Litoral Sul	1,075	0,213	1,047	1,673	0,727	1,136	0,970
Boi gordo - Araçatuba	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Boi gordo - Rio Preto	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Boi gordo - Bauru	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Boi gordo - P. Prudente	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Café - São Paulo	1,461	0,278	1,510	2,123	0,947	0,082	-0,868
Milho - Campinas	1,510	0,313	1,468	2,473	0,987	0,641	-0,114
Milho - Sorocabana	1,347	0,308	1,285	2,268	0,835	0,653	-0,143
Soja - Sudoeste PR	2,350	0,665	2,098	3,827	1,404	0,624	-1,087
Soja - Oeste PR	2,334	0,666	2,068	3,825	1,338	0,612	-1,068
Soja - Ponta Grossa	2,402	0,659	2,156	3,929	1,480	0,613	-1,087
Soja - Norte PR	2,328	0,653	2,063	3,815	1,368	0,632	-1,064

Fonte: Dados da pesquisa.

Anexo D - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o açúcar cristal em São Paulo, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005-2011
LPM - ano safra	6,573	5,855	3,011	5,949	9,761	7,226	6,472
LPM - custo de prod	n/d	n/d	0,117	0,000	0,000	0,000	0,058
Desvio padrão	8,414	5,682	1,550	7,025	11,325	9,779	15,606
Coef. Variação	0,195	0,166	0,060	0,185	0,202	0,149	0,356

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo E - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o arroz na região da Planície Interna, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	0,643	0,000	0,000	0,759	3,341	5,657	2,710
LPM - custo de prod	13,757	6,884	4,021	0,987	2,095	6,140	7,026
LPM - PGPM	3,400	1,117	0,000	0,015	0,000	3,341	1,999
Desvio padrão	1,753	1,743	4,631	3,179	1,586	2,785	5,037
Coef. Variação	0,092	0,080	0,169	0,102	0,055	0,117	0,199

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo F - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o arroz na região da Campanha, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	0,861	0,000	0,000	0,422	3,245	5,919	2,781
LPM - custo de prod	13,088	5,926	4,614	0,813	1,550	6,044	6,675
LPM - PGPM	3,839	2,099	0,175	0,416	0,049	4,604	2,599
Desvio padrão	1,628	1,767	4,376	3,239	1,627	2,925	4,928
Coef. Variação	0,091	0,086	0,171	0,109	0,060	0,132	0,206

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo G - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o arroz na região da Depressão Central, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	1,031	0,006	0,000	0,051	3,453	6,052	2,873
LPM - custo de prod	12,893	5,767	4,565	0,655	1,383	5,889	6,552
LPM - PGPM	3,657	1,980	0,247	0,283	0,033	4,470	2,497
Desvio padrão	1,623	1,811	4,640	3,391	1,811	2,978	5,076
Coef. Variação	0,090	0,087	0,179	0,112	0,066	0,133	0,210

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo H - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o arroz na região da Fronteira Oeste, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	1,089	0,121	0,000	0,097	3,685	5,925	2,881
LPM - custo de prod	7,422	0,662	0,429	0,000	0,168	3,936	3,447
LPM - PGPM	3,670	1,649	0,071	0,213	0,000	4,096	2,346
Desvio padrão	1,846	1,799	4,713	3,501	1,672	2,879	5,116
Coef. Variação	0,100	0,085	0,178	0,114	0,060	0,126	0,208

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo I - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o arroz na região do Litoral Sul, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	0,681	0,050	0,000	1,126	3,414	5,697	2,762
LPM - custo de prod	15,830	9,070	4,637	2,152	4,383	1,564	7,971
LPM - PGPM	2,704	1,127	0,000	0,087	0,000	3,643	1,909
Desvio padrão	1,723	1,672	4,640	3,383	1,559	2,822	4,981
Coef. Variação	0,090	0,077	0,170	0,109	0,055	0,121	0,198

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo J - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o boi gordo na região de Araçatuba, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	7,743	0,000	0,000	0,000	7,522	0,000	4,406
LPM - custo de prod	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	2,512	2,811	9,584	4,722	2,616	6,386	17,082
Coef. Variação	0,050	0,051	0,130	0,057	0,034	0,065	0,235

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo K - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o boi gordo na região de São José do Rio Preto, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	7,710	0,000	0,000	0,000	7,643	0,000	4,431
LPM - custo de prod	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	2,500	2,737	9,725	4,913	2,572	6,313	16,967
Coef. Variação	0,050	0,049	0,131	0,059	0,034	0,065	0,233

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo L - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o boi gordo na região de Bauru, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	7,770	0,000	0,000	0,000	7,023	0,000	4,277
LPM - custo de prod	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	2,400	2,703	9,725	4,804	2,179	6,267	17,232
Coef. Variação	0,048	0,049	0,131	0,058	0,028	0,064	0,236

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo M - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o boi gordo na região de Presidente Prudente, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	8,768	0,000	0,000	0,000	7,483	0,000	4,708
LPM - custo de prod	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	2,604	2,765	9,598	4,758	2,447	7,315	17,133
Coef. Variação	0,052	0,050	0,130	0,057	0,032	0,075	0,235

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo N - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o café em São Paulo, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	29,253	12,240	2,038	5,307	2,963	0,000	13,248
LPM - custo de prod	0,000	0,095	0,000	0,000	42,416	15,048	18,312
LPM - PGPM	0,000	0,000	0,000	0,000	3,548	0,000	1,442
Desvio padrão	20,911	20,598	11,779	8,746	16,421	84,182	75,430
Coef. Variação	0,084	0,082	0,045	0,034	0,059	0,195	0,262

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo O - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o milho na região de Campinas, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	2,332	0,085	0,043	5,306	3,548	0,000	2,778
LPM - custo de prod	3,659	0,423	0,000	0,134	2,185	0,167	1,753
LPM - PGPM	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009
Desvio padrão	1,386	2,588	3,020	1,416	0,839	3,339	4,886
Coef. Variação	0,083	0,126	0,108	0,064	0,044	0,118	0,218

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo P - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para o milho na região da Sorocabana, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	4,223	0,114	0,088	6,006	5,905	1,583	3,903
LPM - custo de prod	5,671	1,523	0,227	1,625	4,587	0,896	3,139
LPM - PGPM	0,608	0,035	0,000	0,000	0,439	0,069	0,308
Desvio padrão	1,397	2,553	3,036	1,585	0,916	3,386	4,760
Coef. Variação	0,096	0,140	0,119	0,080	0,054	0,133	0,238

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo Q - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para a soja na região do Sudoeste paranaense, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	6,040	0,498	0,000	0,001	8,999	3,206	4,615
LPM - custo de prod	1,941	0,699	0,000	0,000	0,369	0,000	0,857
LPM - PGPM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	2,026	1,793	4,940	2,133	5,281	2,766	8,097
Coef. Variação	0,073	0,059	0,114	0,046	0,133	0,061	0,209

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo R - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para a soja na região do Oeste paranaense, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	5,863	0,495	0,000	0,000	9,330	0,272	4,500
LPM - custo de prod	2,234	0,811	0,000	0,000	0,774	0,000	1,022
LPM - PGPM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	2,166	1,884	5,009	2,122	6,047	3,010	8,262
Coef. Variação	0,079	0,063	0,116	0,046	0,153	0,067	0,215

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo S - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para a soja na região de Ponta Grossa, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	5,737	0,269	0,000	0,332	8,027	0,025	4,029
LPM - custo de prod	0,627	0,000	0,000	0,000	1,070	0,000	0,506
LPM - PGPM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	1,963	1,626	4,654	2,599	4,475	2,748	7,948
Coef. Variação	0,069	0,052	0,105	0,055	0,112	0,059	0,201

Fonte: Dados da pesquisa

Anexo T - Medidas de dispersão e LPM para os *benchmarks* calculados para a soja na região do Norte paranaense, entre 2005/06 a 2010/11

Método	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2005 - 2011
LPM - ano safra	5,956	0,447	0,000	0,001	8,574	0,208	4,264
LPM - custo de prod	0,857	0,058	0,000	0,000	4,299	0,986	1,831
LPM - PGPM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio padrão	2,028	1,807	4,920	2,287	5,432	3,048	8,155
Coef. Variação	0,074	0,061	0,114	0,050	0,137	0,068	0,212

Fonte: Dados da pesquisa