

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

CHRISTIAN DAVID HURTADO MEZA

**GRAU DE CONECTIVIDADE ENTRE OS MERCADOS DE MILHO  
BRASILEIROS**

Sorocaba

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

CHRISTIAN DAVID HURTADO MEZA

**GRAU DE CONECTIVIDADE ENTRE OS MERCADOS DE MILHO  
BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Economia para  
obtenção do título de Mestre em  
Economia.

Orientador:

Prof. Dr. Adelson Martins Figueiredo

Coorientador:

Prof. Dr. José César Cruz Júnior

Sorocaba

2019



O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

**CHRISTIAN DAVID HURTADO MEZA**

**GRAU DE CONECTIVIDADE ENTRE OS MERCADOS DE MILHO  
BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Economia para  
obtenção do título de Mestre em  
Economia. Sorocaba, 18 de dezembro  
2019

Orientador:

---

Prof. Dr. Adelson Martins Figueiredo  
Universidade Federal de São Carlos

Coorientador:

---

Prof. Dr. José César Cruz Júnior  
Universidade Federal de São Carlos

Examinador

---

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues de Castro  
Universidade Federal de São Carlos

Examinador

---

Prof. Dr. Prof. Jeronimo Alves dos Santos  
Universidade Federal de São Carlos

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a minha mãe, Bertha Meza, por não medir esforços para que eu realizasse minhas metas e permanecer me dando força em todos os momentos e a toda minha família pelo apoio: Stalin, Paola, Carmen, Monserrath, María del Carmen, Cristian, Andrés y Sebastián.

Agradeço aos Professores Adelson Martins Figueiredo, José César Cruz Júnior e Cláudio Roberto Thiersch pelo acompanhamento, dedicação, amizade, incentivo permanente e pelas valiosas contribuições e sugestões ao longo do mestrado.

Agradeço a todos os professores e funcionários do programa de pós-graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar que contribuíram na minha formação, em especial agradeço às Professoras Rosane Nunes de Faria, Mariusa Momenti Pitelli e Maria Aparecida Silva Oliveira e aos Professores Geraldo Edmundo Silva Júnior, Rodrigo Vilela Rodrigues e Eduardo Rodrigues de Castro.

Agradeço também aos meus amigos do mestrado e da UFSCar com que pude compartilhar muitos momentos de alegrias e aprendizados.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil CAPES – pelo financiamento deste trabalho.

## RESUMO

HURTADO, Christian, Grau de Conectividade entre os Mercados de Milho Brasileiros. 2018 Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2019.

A produção de milho no Brasil é uma das principais atividades econômicas do país sendo consumido no mercado interno e externo. Além disso tem um grande potencial de crescimento envolvendo assim cada vez mais agentes econômicos como produtores, importadores, exportadores, o governo, compradores, entre outros, para os quais é necessário compreender o funcionamento e a dinâmica do mercado de milho. Diante deste cenário o objetivo do presente trabalho é compreender o funcionamento, as relações e interações dentro do mercado de milho brasileiro para o qual se considerou o mercado de futuros do Brasil e cinco mercados físicos, escolhidos pelo nível de produção/produktividade e pela relevância na economia brasileira, que são as cidades de Cascavel (Paraná – PR), Chapecó (Santa Catarina – SC), Rio Verde (Goiás – GO), Campinas (São Paulo - SP) e Sorriso (Mato Grosso – MT), no período de 2014 a 2019. A variável de comparação serão os preços. A metodologia usada foi a desenvolvida por Francis Diebold and Kamil Yilmaz (2009) e se baseia no cálculo da decomposição da variância do erro de previsão de um modelo VAR ou VECM para calcular os valores da conectividade ou índices *spillover*. Os estudos foram feitos com dois tipos de análises, com a série de dados toda e usando subperíodos dos dados ou janelas móveis as quais permitiram identificar desenvolvimentos progressivos nos mercados e deu mais dinâmica ao modelo. Os resultados mostram que os mercados estão bem integrados, tanto no longo prazo quanto no curto prazo, pois são encontradas relações de cointegração e os níveis de conectividade foram relevantes. Encontrou-se que os mercados de Cascavel, Campinas e de futuros do Brasil são os maiores transmissores de informações e Sorriso foi o mercado que menos informações transmitiu no período. Na análise usando janelas móveis conseguiu-se identificar que a conectividade é sensível não apenas às variações dos preços, mas também às mudanças econômicas nacionais e internacionais. Os resultados são úteis para aqueles que procuram por referências na formação dos preços de milho.

**Palavras chave:** Milho, VAR, VECM, conectividade, preços, integração de mercados, decomposição da variância do erro de previsão

## ABSTRACT

HURTADO, Christian, Connectedness in the Brazilian corn market. 2019. Thesis (Master in Applied Economics) – Center of Management and Technology Sciences, Federal University of São Carlos, Sorocaba, 2019.

Corn production is one of the main economic activities in Brazil and it is used in the domestic and foreign markets. In addition, Brazil's corn production has an important growth potential, therefore, more economic agents-like consumers, producers, hedgers, speculators, importers, exporters, local's governments- have been involved in the corn's market, then all of them need to understand the behavior of the market. Against this background, it is necessary new research in order to understand futures and cash prices dynamic. Hence, the main objective of this study is to examine the relationships and interactions within the Brazilian's corn market. We used the data from Brazil's futures market and five spot markets-Cascavel (Paraná – PR), Chapecó (Santa Catarina – SC), Rio Verde (Goiás – GO), Campinas (São Paulo - SP) and Sorriso (Mato Grosso - MT)- from January 2004 through September 2019. We used a methodology developed by Francis Diebold and Kamil Yilmaz (2009), based on the generalized variance decomposition framework from a Vector Autoregressive Model (VAR) or a Vector Error Correction Model – VECM. This methodology allows to measure both static connectedness -using full sample- and dynamic connectedness -using rolling window- through the measure the spillover index from simple pairwise to system-wide. The results reveals that the markets are well-integrated, in both short and long runs. In the same way, the results suggest that Cascavel, Campinas and Futures markets are important transmitters of information; by contrast, Sorriso transmits little information to other cities. In the analysis using rolling windows, it is possible to identify that connectedness is affected not only by prices variations but also by national and international economic changes. The results are useful for those looking for references of corn's market integration in Brazil.

**Palavras chave:** Corn, VAR, VECM, spillover, connectedness, prices, market integration, variance decomposition.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução das quantidades exportadas de milho por países, em mil tonelada no período de 2001 a 2018.....	14
Figura 2 – Cadeia produtiva do mercado de milho brasileiro .....	17
Figura 3 – Demanda interna do milho brasileiro, em mil toneladas no período de 2010 a 2018 .....	18
Figura 4 – Produção brasileira de milho por safra, em mil toneladas no período de 1976 a 2019.....	20
Figura 5 – Produtividade brasileira de milho por safra, em Kg/Ha no período de 1976 a 2019 .....	21
Figura 6 – Produção brasileira de milho por região, em mil toneladas no período de 1976 a 2019.....	22
Figura 7 – Produção brasileira de milho de segunda safra por região, em mil toneladas no período de 1976 a 2019.....	23
Figura 8 – Produção brasileira de milho de primeira safra por região, em mil toneladas no período de 1976 a 2019.....	23
Figura 9 – Produção de milho das macrorregiões Centro-sul e Norte-Nordeste, em mil toneladas no período de 1976 a 2019.....	24
Figura 10 – Produtividade de milho por região, em Kg/Ha no período de 1976 a 2019	25
Figura 11 – Produção dos cinco estados escolhidos dos últimos anos em toneladas.....	27
Figura 12 – Produção por cidade nos últimos anos .....	28
Figura 13 – Área plantada por cidade nos últimos anos em hectares (Ha) .....	29
Figura 14 – Produtividades por cidade nos últimos anos em Kg/Ha .....	29
Figura 15 – Balança comercial por estado em mil toneladas no período de 2004 a 2019 .....	30
Figura 16 – Balança comercial por cidade em mil toneladas no período de 2004 a 2019 .....	31
Figura 17 – Consumo aparente por estado em mil toneladas no período de 2004 a 2019 .....	32
Figura 18 – Mapa do Brasil com a distância entre as cidades escolhidas .....	32
Figura 19 – Evolução dos preços de milho em R\$/saca de 60 Kg nas praças físicas e dos preços futuros no Brasil de 2004 a 2019.....	41

Figura 20 – Análise de amostra inteira: Valores da conectividade líquida dos mercados de milho com um horizonte de 1, 5, 10 e 30 dias à frente .....	57
Figura 21 – Mapa de rede do valor da conectividade “para outras cidades” com um horizonte de previsão de cinco (5) passos à frente .....	58
Figura 22 – Mapa de rede do valor da conectividade “para outras” com um horizonte de previsão de dez (10) dias à frente .....	59
Figura 23 – Análise com janelas móveis: Evolução da conectividade total entre os mercados de milho com um horizonte de previsão de 1, 5,10 e 30 dias à frente.....	61
Figura 24 – Evolução da conectividade líquida com um horizonte de previsão de 10 dias à frente .....	64
Figura 25 –Percentagem de períodos nos quais o mercado foi receptor ou transmissor líquido de informação .....	65
Figura 26 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Cascavel em todas as janelas.....	66
Figura 27 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Chapecó em todas as janelas.....	66
Figura 28 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Rio Verde em todas as janelas.....	67
Figura 29 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Sorriso em todas as janelas.....	67
Figura 30 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Campinas em todas as janelas.....	68
Figura 31 – Histograma dos valores da conectividade líquida do mercado de Futuros do Brasil em todas as janelas com um período de previsão de 10 dias à frente .....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Demanda interna do milho brasileiro - média dos últimos 8 anos em mil toneladas e percentagem .....	19
Tabela 2 – Produção média de milho por estado dos últimos 10 anos em mil toneladas	26
Tabela 3 – Percentagem que cada cidade representa na produção total do respectivo estado .....	28
Tabela 4 – Distância e tempo estimado entre cidades .....	33
Tabela 5 - Tabela de Conectividade .....	47
Tabela 6 - Estatística descritiva das séries de preços de milho em R\$/saca de 60 Kg nas praças físicas e dos preços futuros no Brasil de 2004 a 2019 .....	49
Tabela 7 - Resultados do teste ADF para as séries de preços e para a primeira diferença .....	51
Tabela 8 - Resultados do teste de cointegração de Johansen para o período de 2004 a 2019 .....	52
Tabela 9 - Análise de amostra inteira: Índices <i>spillover</i> total e direcionais entre os mercados de milho com um horizonte de 1 e 5 dias à frente.....	53
Tabela 10 - Análise de amostra inteira: Índices <i>spillover</i> total e direcionais entre os mercados de milho com um horizonte de 10 e 30 dias à frente.....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Caraterização do problema .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Aspectos do mercado de milho brasileiro.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Abordagem teórica e evidências empíricas da relação entre os preços de diferentes mercados.....</b>	<b>33</b>
<b>2.3 Justificativa do uso das medidas de conectividade para abordar as relações entre os preços dos mercados .....</b>	<b>37</b>
<b>2.4 Abordagem empíricas das medidas de conectividade.....</b>	<b>39</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Fonte e tratamento dos dados.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 Testando estacionariedade das séries .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3 Descrição do Modelo .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4 Especificação do modelo .....</b>	<b>44</b>
<b>3.5 Decomposição da variância do erro de previsão .....</b>	<b>45</b>
<b>3.6 Tabela de conectividades .....</b>	<b>46</b>
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Estatísticas descritivas.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Resultados do Teste ADF .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3 Medidas de conectividade - Análise de amostra inteira.....</b>	<b>52</b>
<b>4.4 Medidas de conectividades que variam no tempo .....</b>	<b>59</b>
<b>4.5 Análise dos resultados com janelas moveis por série .....</b>	<b>63</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>7 ANEXO.....</b>	<b>76</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Caracterização do problema

O milho é uma *commodity* de grande importância na economia brasileira pois além de ser consumida por humanos (in natura ou processada<sup>1</sup>) também é a base das rações de aves, suínos e bovinos, os quais são os animais mais consumidos no Brasil. De acordo com a CONAB (2019), na safra 2017/18 o país foi o terceiro maior produtor mundial de milho com 17,8 milhões de hectares cultivados e uma produção de 82 milhões de toneladas, superado unicamente pelos Estados Unidos e pela China que tiveram uma produção de 371 e 259 milhões de toneladas respectivamente (USDA, 2018).

A produção de milho no Brasil compreende duas épocas de plantio. A primeira é feita entre setembro e dezembro, e colhido entre janeiro e março, sendo chamada de safra ou safra de verão. Entre janeiro e março é feito o segundo plantio, após a colheita da soja sendo utilizado o mesmo solo, e é chamado de safra de inverno ou safrinha. A colheita é feita entre abril e junho esta produção é dedicada, na sua maioria, para a exportação. Graças aos avanços tecnológicos, a segunda safra tem sofrido um aumento importante, pois 25 anos atrás era praticamente inexistente, fazendo assim com que novas regiões produtoras passassem a ofertar uma quantidade maior e, conseqüentemente, a interagir mais no processo de formação de preços do cereal, como por exemplo a região Centro-Oeste (ALVES, RAMOS e BARROS, 2016).

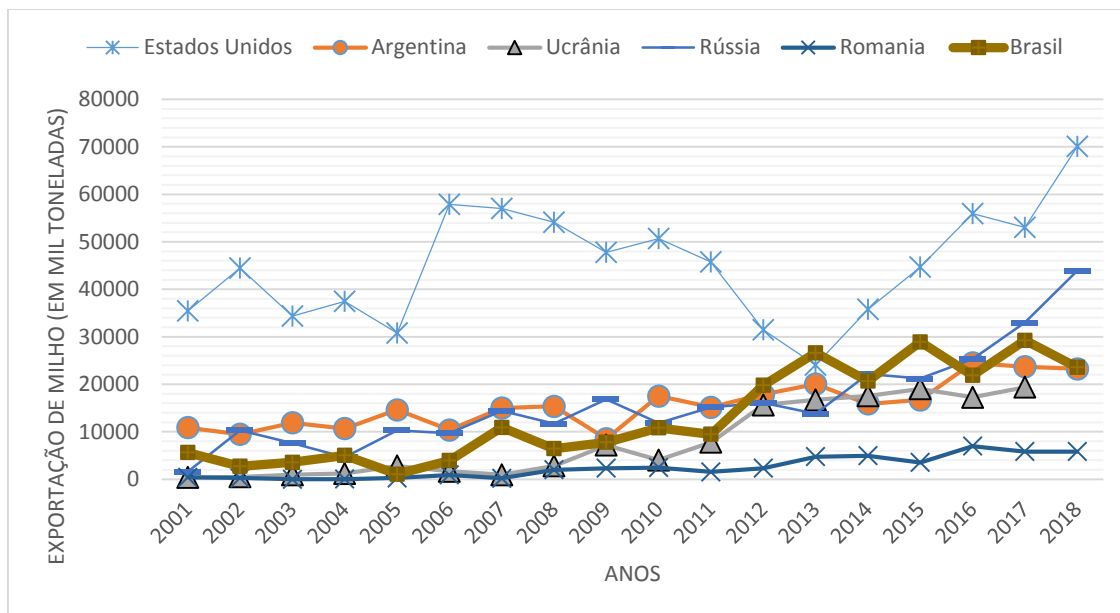
Adicionalmente, o Brasil possui uma posição importante como exportador mundial de milho, pois na safra 2017/2018 foi o terceiro *maior* exportador, atrás apenas dos Estados Unidos e da Rússia. Naquela safra o país superou um exportador tradicional, a Argentina, tornando assim a produção de milho uma das principais atividades econômicas do país (USDA, 2018). O aumento das quantidades exportadas e a relevância do Brasil no mercado mundial de milho pode ser vista na Figura 1, na qual também pode-se perceber que o país nem sempre teve essa relevância. Foi na última década que ele se tornou um dos maiores exportadores dessa *commodity*, aumentando suas exportações quase sete vezes nesses anos. Estima-se ainda que esta produção seguirá crescendo, já que de acordo com as Projeções Agrícolas do Departamento de Agricultura dos Estados

---

<sup>1</sup> O milho é usado na produção de pipoca, pães, bolos, broas, polenta, farofa entre outros produtos que são muito consumidos no Brasil

Unidos - USDA para 2027, o Brasil será o segundo maior exportador mundial de milho. (USDA, 2018).

Figura 1 – Evolução das quantidades exportadas de milho por países, em mil toneladas no período de 2001 a 2018



Fonte: USDA (2018)

As mudanças nas quantidades exportadas formam parte de vários câmbios no mercado interno de milho no Brasil, e esses câmbios afetaram a produção, produtividade e comercialização, como será analisado nos próximos capítulos. Assim é de se esperar mudanças na dinâmica do mercado de milho. Portanto surge uma nova problemática: compreender o funcionamento, as relações e as interações dentro do mercado de milho na atualidade, tanto físico como de futuros. Isso pode ter diferentes abordagens sendo uma delas a análise da conectividade entre os mercados, que permite determinar o grau de associação entre os preços de diferentes mercados através dos efeitos *spillovers* ou efeitos colaterais. Essa abordagem é parte de uma literatura emergente que usa perspectivas de rede em contextos econômicos. Neste sentido, as análises de séries temporais e de redes multivariadas, têm muito a complementarem-se umas com as outras. A combinação destas análises pode ter muito a contribuir para a avaliação bem-sucedida dos mercados (DIEBOLD e YILMAZ, 2015).

Mais especificamente, estudar as relações de preços entre as regiões brasileiras pode ajudar diversos atores econômicos envolvidos na produção, consumo, importações e exportações de milho a melhorarem suas previsões. Isto pode ser realizado baseando-se

na ideia de que, em mercados altamente conectados acontecem coisas similares, por exemplo, incremento ou diminuição de preços e transmissões de informações (DIEBOLD, LIU e YILMAZ, 2017). Essa questão é de importância crítica para a análise de mercado, pois com ela não apenas se determina o acesso do produtor a oportunidades de mercado e o acesso do consumidor a produtos de menor custo, mas também indicam o grau em que o mercado é eficiente (OLSEN, MJELDE e BESSLER, 2015).

Destaca-se que as informações de conectividade podem ser utilizadas de diferentes formas por diversos agentes: (1) Aqueles que usam o milho como matéria prima para a produção de um bem elaborado ou importam milho podem usar a informação da conectividade dos mercados para uma correta previsão dos preços, o que ajuda a um melhor planejamento e previsão dos gastos; (2) Os produtores e exportadores de milho podem usar a informação da conectividade dos mercados para analisar em que momento é melhor vender seu produto ou estimar se haverá uma diminuição do preço; (3) O setor público pode usar essa informação para o monitoramento e formulação das políticas públicas, porque a conectividade tende a aumentar durante as crises; (DIEBOLD, LIU e YILMAZ, 2017); (4) Os investidores com grandes volumes de recursos podem atuar como arbitradores, comprando em mercados onde o preço está baixo e vendendo em mercados onde o preço seja maior (HULL, 2009); (5) Na área financeira, especificamente a associada a mercados futuros e de opções, por sua parte tenta abordar e entender a questão da conectividade como ferramenta para analisar o risco e reduzir a probabilidade de perdas e a variabilidade de resultados econômicos (FORTUNA, 2009); (6) Os agentes envolvidos na cadeia produtiva do milho como as firmas que proveem insumos para a produção de milho, as armazenadoras, supermercados entre outros.

Por outro lado, mesmo que existam vários métodos para medir a conectividade, esta permanece como um conceito, em muitos aspectos incompletamente definido, uma vez que a conectividade geralmente tem sido medida com modelos em base na correlação. Desta forma é medida apenas a associação de pares, sendo estas medidas, em grande parte, ligadas aos modelos lineares, tornando-as de valor limitado nos contextos do mercado financeiro (DIEBOLD e YILMAZ, 2014). Uma estrutura unificada para conceituar e medir empiricamente a conectividade em uma variedade de níveis, de pares a todo o sistema, usando decomposições de variância a partir de modelos aproximados para depois calcular os índices *spillovers* é proposta por Diebold e Yilmaz (2015). Tanto as vantagens que têm o uso desta metodologia quanto os trabalhos que a usaram para

estudar as relações dos preços na área financeira serão discutidas detalhadamente da revisão bibliográfica.

Assim o presente trabalho busca contribuir para a literatura empírica sobre a análise das relações entre os preços dos mercados de milho brasileiros, usando medidas de conectividade, seguindo a proposta metodológica desenvolvida por Diebold e Yilmaz (2009) e Diebold e Yilmaz (2012).

Além desta introdução o projeto tem quatro seções. Na segunda são apresentados detalhes do mercado interno de milho assim como aspectos teóricos e trabalhos associados com o estudo das relações entre os preços dos mercados de milho no Brasil. Também serão analisados trabalhos referentes à medição da conectividade feitos através da metodologia proposta por Diebold e Yilmaz (2015). Na terceira seção é apresentada a metodologia utilizada para medir a conectividade e na quarta são apresentados os resultados; na quinta são apresentadas as conclusões do trabalho.

## **1.2 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como principal objetivo estudar as relações e as interações entre os preços à vista de milho nos mercados físicos do Sul, Centro-Oeste e Sudeste e o preço no mercado de futuros do Brasil, no período de 2004 a 2019, usando medidas de conectividade seguindo a metodologia proposta por Diebold e Yilmaz (2009, p. 56). Especificamente, busca-se encontrar a magnitude das relações entre as séries de preços, tanto de pares como do sistema como um todo, e a relevância que uma mudança nos preços de um determinado mercado tem sobre os preços no outro mercado.

## **1.3 Hipóteses**

Espera-se que com o cálculo da conectividade entre os mercados de milho do Brasil, seja possível confirmar a hipóteses de que existe uma relação de curto e longo prazo entre os mercados físicos e de futuros de milho brasileiros. Diante dos acontecimentos e mudanças ocorridas na economia brasileira e mundial nos últimos anos, espera-se também que as relações do mercado de milho sejam afetadas por estas mudanças.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

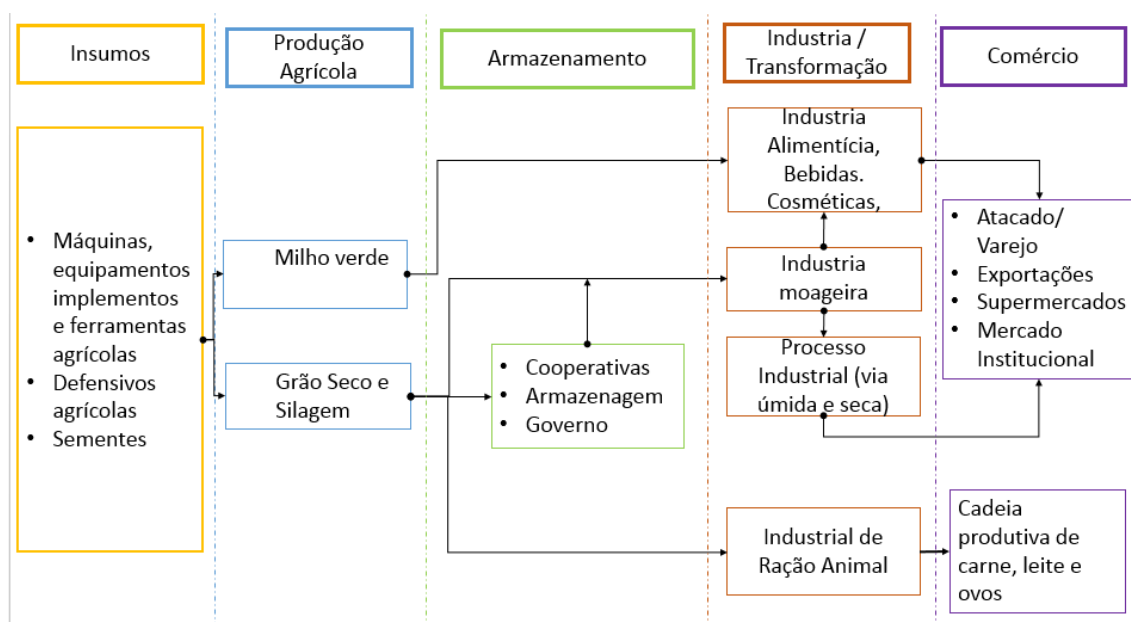
Na primeira parte desta seção será apresentada uma descrição do mercado de milho brasileiro em relação à cadeia produtiva, dinâmica de consumo e produção. Depois, serão apresentadas justificativas teóricas que suportem o estudo das relações entre os mercados físicos e os mercados futuros e justificativas teóricas para o usar medidas de conectividades para esse fim. Por último serão realizadas abordagens empíricas tanto do estudo das relações no mercado de milho quanto do uso das medidas de conectividade.

### 2.1 Aspectos do mercado de milho brasileiro

Antes de analisar os trabalhos que têm estudado as relações no mercado de milho brasileiro é importante compreender os aspectos relacionados com a estruturação da cadeia produtiva, o consumo e a produção do milho no Brasil.

A estruturação da cadeia produtiva do mercado de milho brasileiro, permite entender as relações entre os diversos atores que dominam a produção assim como evidenciar uma ligação entre oferta e demanda de milho no Brasil. Está formada por cinco segmentos: insumos, produção agrícola, armazenamento, indústria e comércio; cada um desses segmentos têm suas próprias características e formam parte de outras indústrias importantes para a economia brasileira.

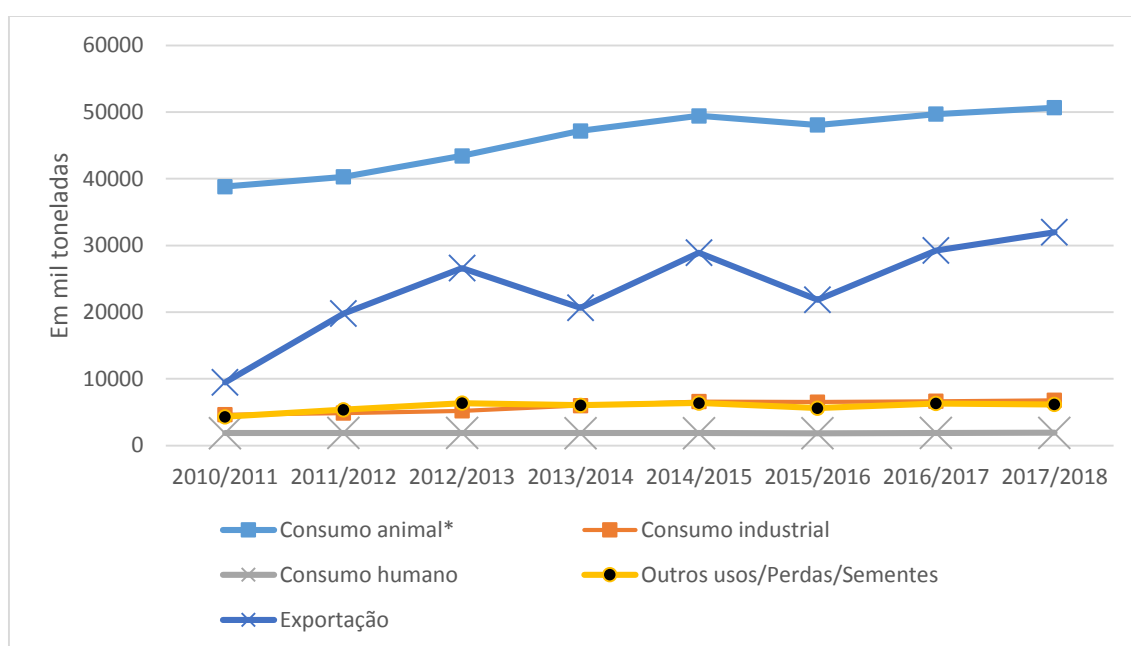
Figura 2 – Cadeia produtiva do mercado de milho brasileiro



Fonte: Elaboração própria com base a informação de (CALDARELLI, 2010) e (GRAZIANO, 2019).

Analisando a cadeia produtiva, deve-se destacar principalmente: (1) a interação da cadeia produtiva do milho com outra indústria importante para a economia brasileira que é a indústria de carnes; (2) a diversidade no uso de milho e a relação com várias indústrias dependendo do produto final; (3) a possibilidade do milho ser usado como matéria prima ou como bem final. Assim, com tantas possibilidades de uso do milho é importante analisar como é consumida essa produção, na Figura 3 mostra-se a demanda do milho a partir do ano 2010.

Figura 3 – Demanda interna do milho brasileiro, em mil toneladas no período de 2010 a 2018



Fonte: Céleres (2018)

Pode-se evidenciar que o principal uso do milho brasileiro é para consumo animal, incluindo aves de corte, aves de postura, suinocultura, bovinocultura e outros animais, seguido das exportações. Para ter um valor em porcentagem das quantidades relativas do consumo de milho, na Tabela 1 é apresentada a média dos últimos oito anos da demanda de milho, evidenciando-se que o consumo animal é definitivamente a principal fonte de demanda de milho representando 55% do total, seguido das exportações, as quais também são relevantes pois representam 28% da demanda de milho. É assim que em termos gerais pode-se esperar que o mercado de milho seja afetado não apenas pelas condições do mercado interno mais também pelas condições do mercado externo.

Tabela 1 – Demanda interna do milho brasileiro - média dos últimos 8 anos em mil toneladas e porcentagem

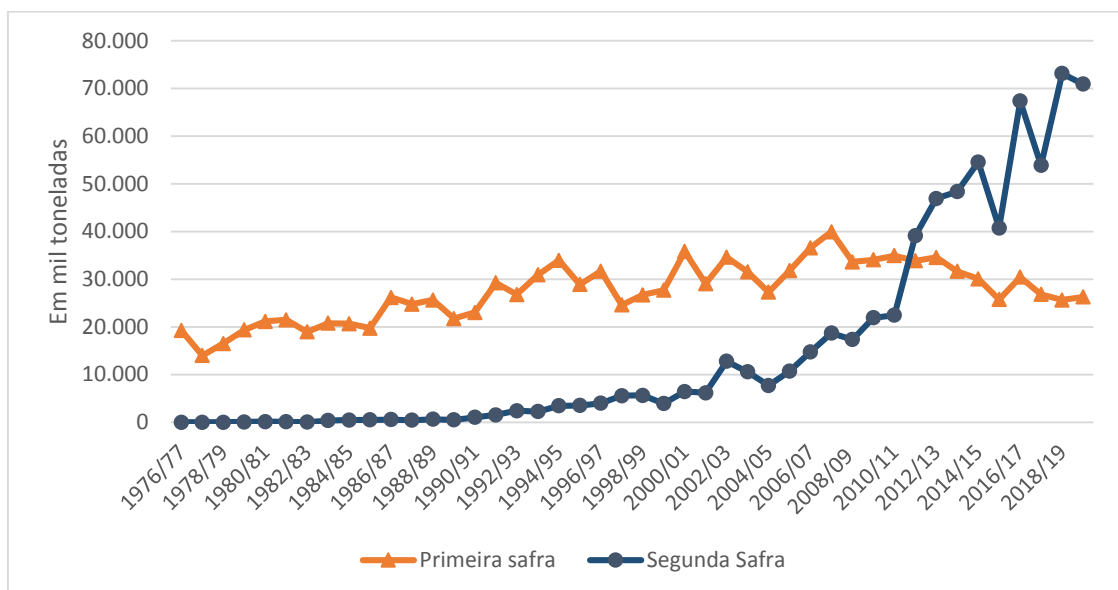
<b>Demanda</b>	<b>Média</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Consumo animal*</b>	45.959,62	55%
<b>Consumo industrial</b>	5.906,75	7%
<b>Consumo humano</b>	1.878,62	2%
<b>Outros usos/Perdas/Sementes</b>	5.818,00	8%
<b>Exportação</b>	23.578,25	28%
<b>Demanda Total</b>	83.140,87	100%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Céleres (2018)

Por outro lado, em relação à produção de milho existem diversos aspectos a levar em conta para um correto entendimento do mercado, como as quantidades produzidas e a produtividade da primeira e segunda safra, assim se analisará os aspectos mais importantes da produção. Em termos gerais, a produção do grão tem aumentado consideravelmente no Brasil, como pode-se verificar na Figura 4. Esse aumento é tanto da primeira quanto da segunda safra. Para Caldarelli (2010) essa expansão na produção de ambas as safras pode-se dever principalmente ao aumento do preço recebido pelo produtor e à eliminação de tarifas principalmente as relacionadas com o Tratado de Assunção<sup>2</sup>. Um fato interessante a se destacar é que a partir do ano 2011 a produção de milho de segunda safra é maior do que a produção de milho de primeira safra.

<sup>2</sup> Tratado firmado entre Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai para criar um mercado comum com a livre circulação de bens serviços e fatores produtivos entre os países

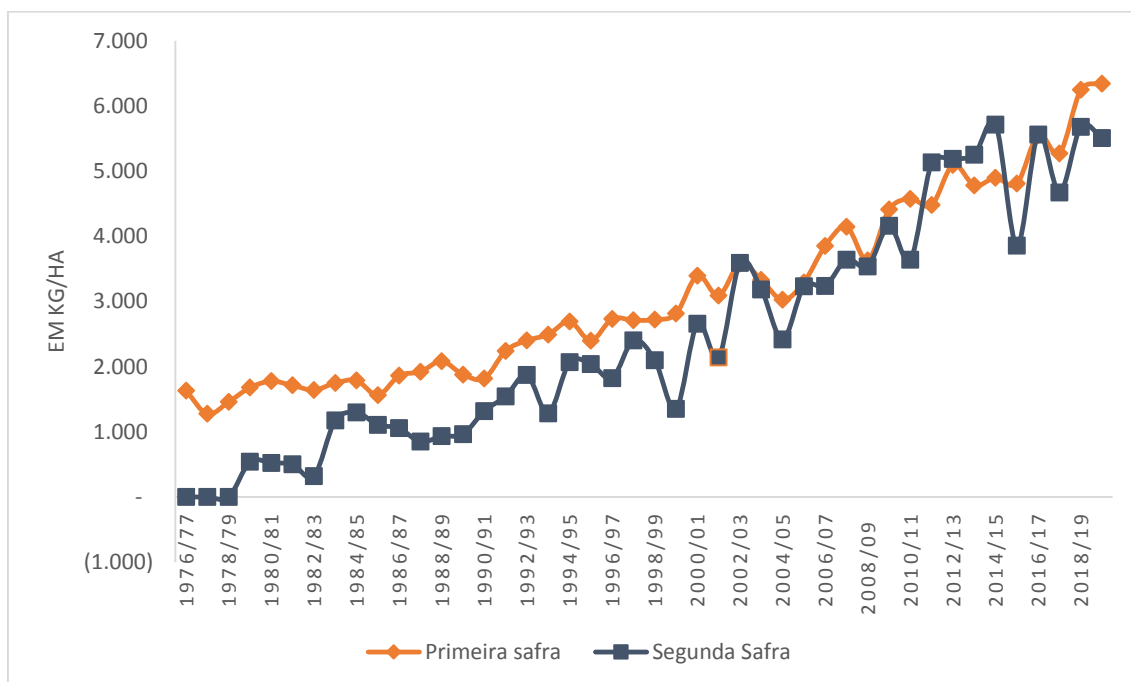
Figura 4 – Produção brasileira de milho por safra, em mil toneladas no período de 1976 a 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Conab (2019)

Com relação à produtividade, evidencia-se uma tendência crescente nos últimos 30 anos, o qual se deve ao constante desenvolvimento agrícola, pois com a abertura comercial os produtores de milho no Brasil procuraram manter-se competitivos, tendo assim um aumento da produtividade em ambas as safras, como pode ser visto na Figura 5. Deve-se destacar que embora a produção de milho de segunda safra a partir do ano 2011 seja maior do que da primeira safra, não se evidencia essa tendência na produtividade, tendo períodos a partir do ano 2011 nos quais a produtividade de milho de primeira safra é maior. Outro fato importante a se destacar é que a partir do ano 2002 existe uma aproximação da produtividade de primeira e segunda safra, pois antes desse ano a produção de primeira safra foi mais produtiva.

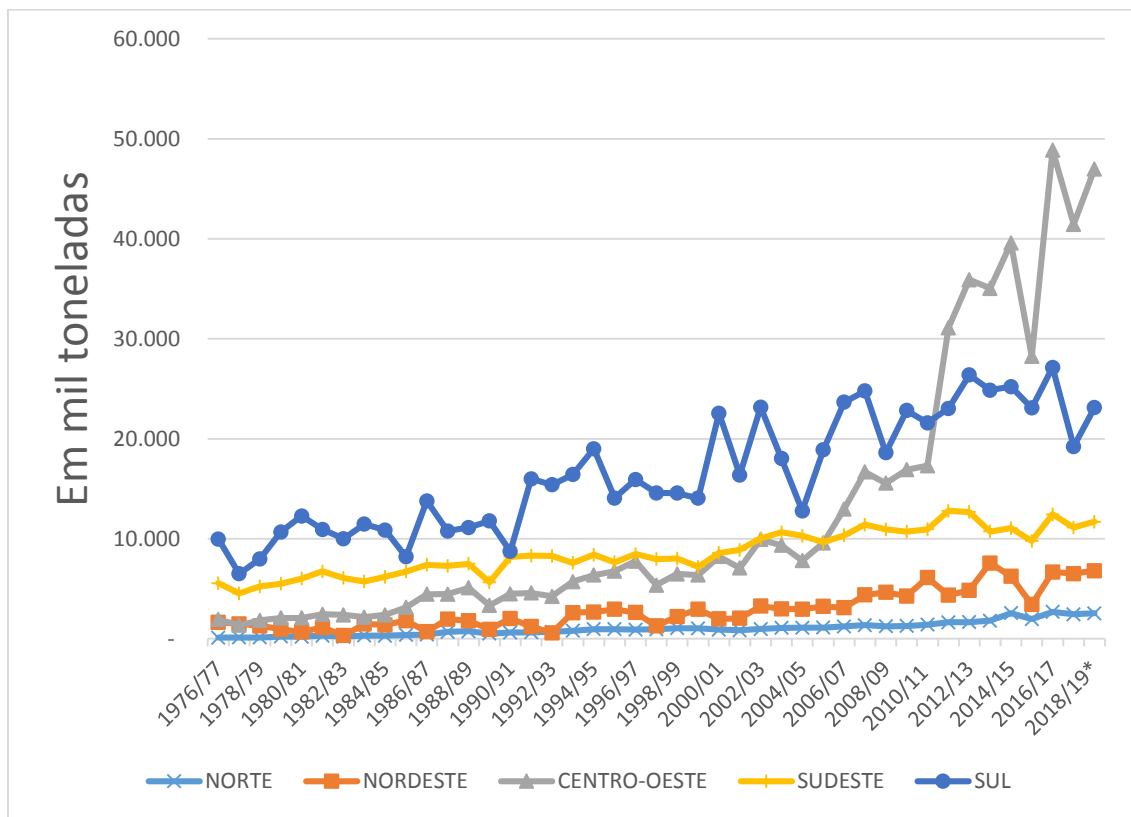
Figura 5 – Produtividade brasileira de milho por safra, em Kg/Ha no período de 1976 a 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Conab (2019)

Analisando mais detalhadamente a produção, com a finalidade de descobrir quais são as regiões responsáveis pelo aumento, na Figura 6, mostram-se as quantidades de milho produzidas por região. Pode-se evidenciar que as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste são as grandes responsáveis pelo aumento da produção de milho, já que mostram um maior crescimento do que as outras regiões.

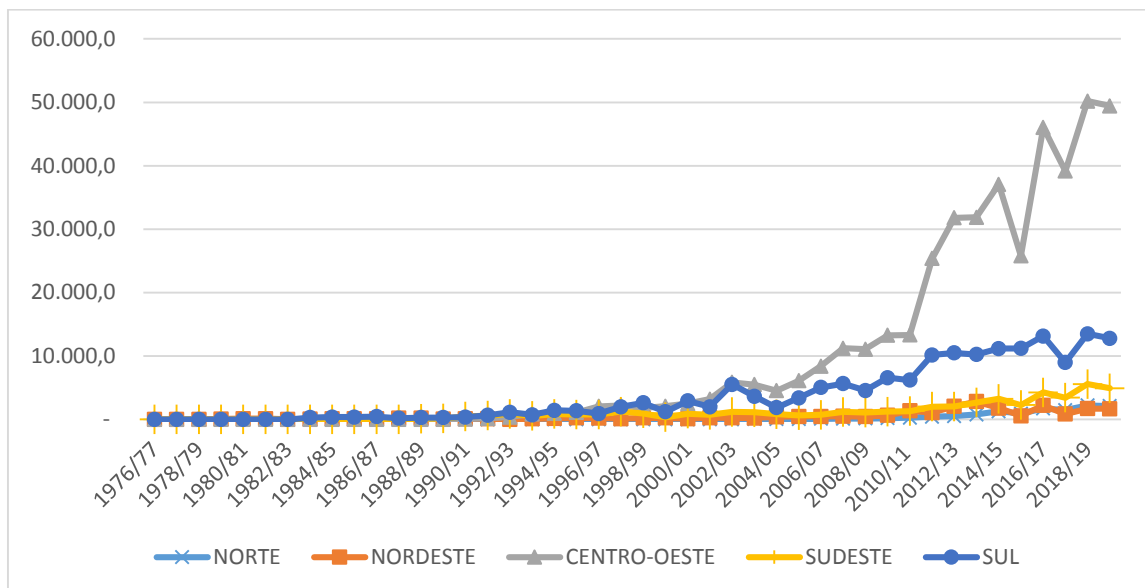
Figura 6 – Produção brasileira de milho por região, em mil toneladas no período de 1976 a 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Conab (2019)

Deve-se destacar uma mudança na dinâmica da produção pois a região Sul foi a principal produtora de milho nacional até o ano 2011 mas a partir desse ano a região centro Centro-Oeste se tornou na maior produtora, mesmo ano no qual a produção de segunda safra supera a produção de primeira safra. Essa mudança na dinâmica da produção se deve principalmente à região Centro-Oeste, que aumentou consideravelmente a sua produção, a qual é de segunda safra, como mostra a Figura 7. Pode-se observar também que a produção de segunda safra da região Centro-Oeste tem uma tendência crescente a partir do ano 2002, mas a partir do ano 2011 tem uma expansão importante que se dá principalmente pelo aumento dos plantios da soja na região e a necessidade de ocupação do solo, pois como já dito, para o milho de segunda safra é usado o mesmo solo da soja (CALDARELLI, 2010).

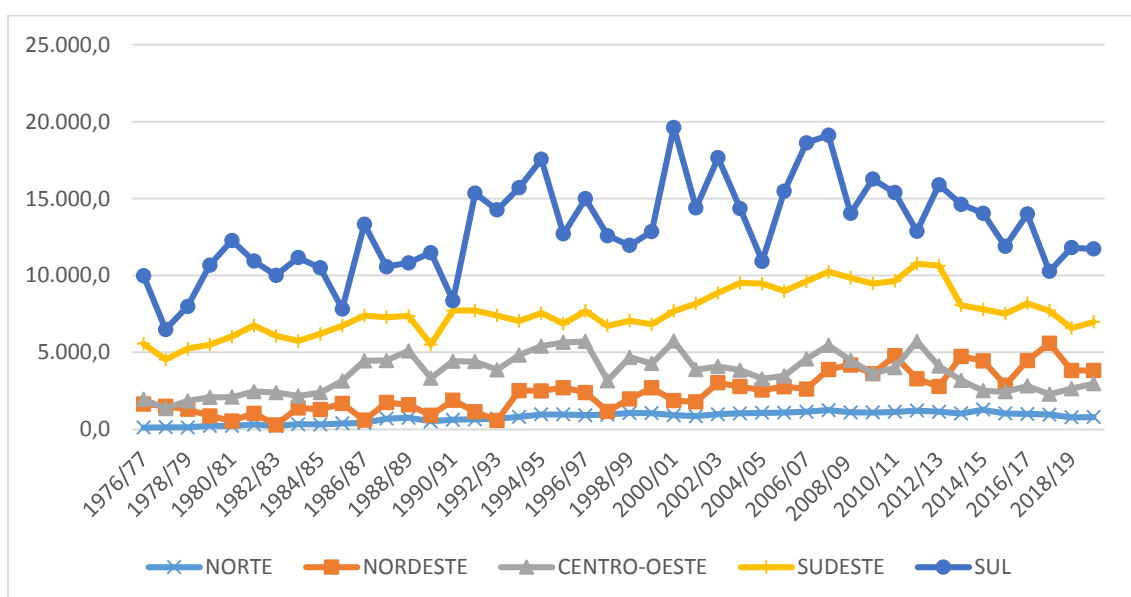
Figura 7 – Produção brasileira de milho de segunda safra por região, em mil toneladas no período de 1976 a 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Conab (2019)

Por outro lado, a produção de primeira safra tem uma tendência de produção estável, como pode-se evidenciar na Figura 8, com a região Sul e Sudeste como principais produtoras. É importante considerar que a partir do ano 2011, a região Centro-Oeste tem uma queda na produção de milho de primeira safra, sendo superada pela região Nordeste.

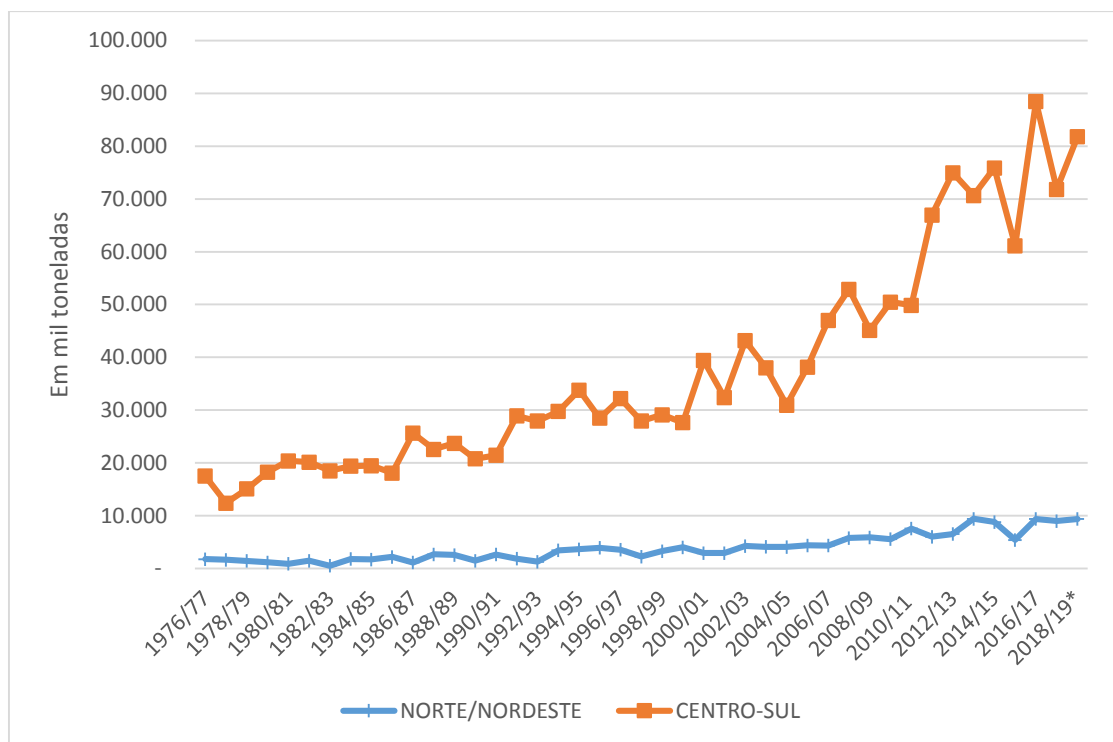
Figura 8 – Produção brasileira de milho de primeira safra por região, em mil toneladas no período de 1976 a 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Conab (2019)

Nesse cenário é possível identificar que são três regiões que podem ser consideradas como as principais produtoras: Centro-Oeste, Sudeste e Sul, essa diferença é certamente significativa como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9 – Produção de milho das macrorregiões Centro-sul e Norte-Nordeste, em mil toneladas no período de 1976 a 2019



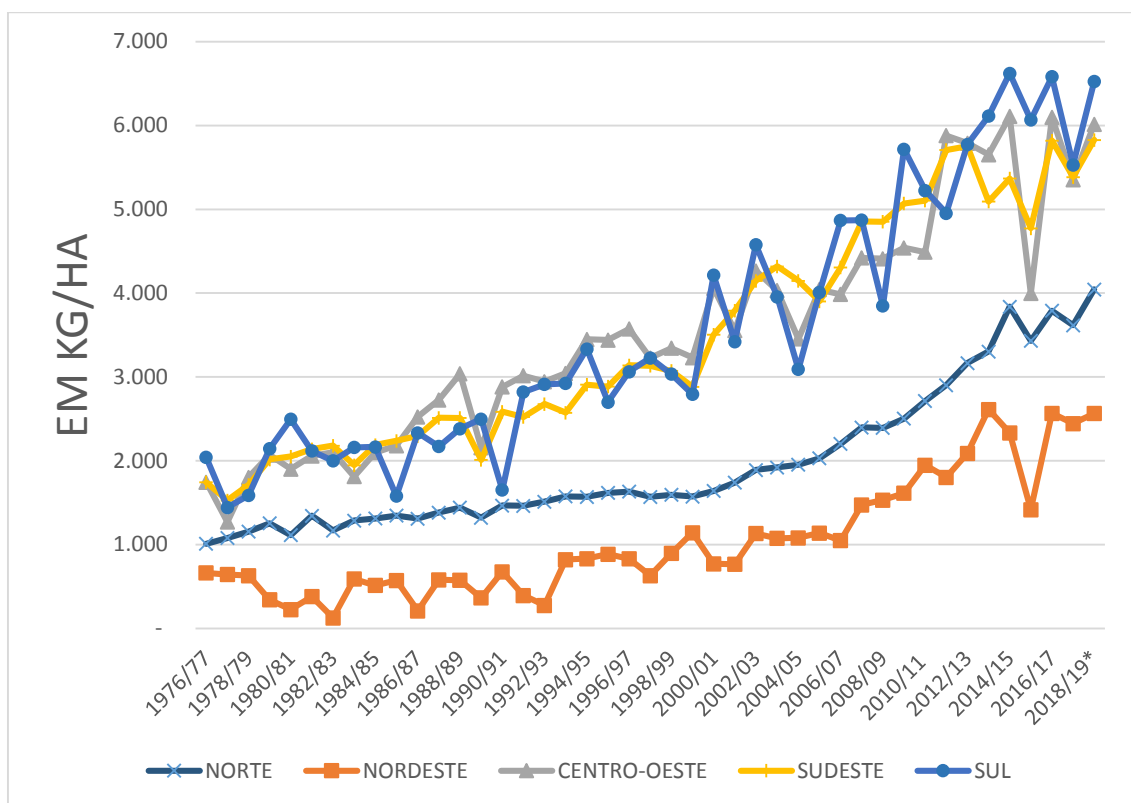
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Conab (2019)

Nota: 1. O valor Centro-Sul apresenta a soma da produção das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul

Em relação à produtividade por região, pode-se evidenciar na Figura 10 que todas as regiões têm um crescimento da sua produtividade e que novamente pode-se agrupar as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, pois apresentam os maiores níveis de produtividade. Por essa razão, no presente trabalho serão usadas essas três regiões para a análise, pois permitiram mostrar uma maior dinâmica além de representar melhor o mercado de milho brasileiro devido às consideráveis quantidades produzidas e níveis de produtividade.



Figura 10 – Produtividade de milho por região, em Kg/Ha no período de 1976 a 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Conab (2019)

Agora que foram escolhidas as três regiões que formarão parte da aplicação empírica do presente trabalho, serão escolhidos os estados e cidades que representarão as regiões. As cidades serão escolhidas tanto por importância na produção quanto por relevância na formação dos preços ou importância na economia brasileira.

Assim na Tabela 2 são apresentados os valores da média da produção dos últimos 10 anos (2008 a 2018) por estado e a sua participação na produção nacional em percentagem. Pode-se observar que a produção de milho está concentrada em oito estados que são os responsáveis do 90% da produção nacional no período 2008/2018.

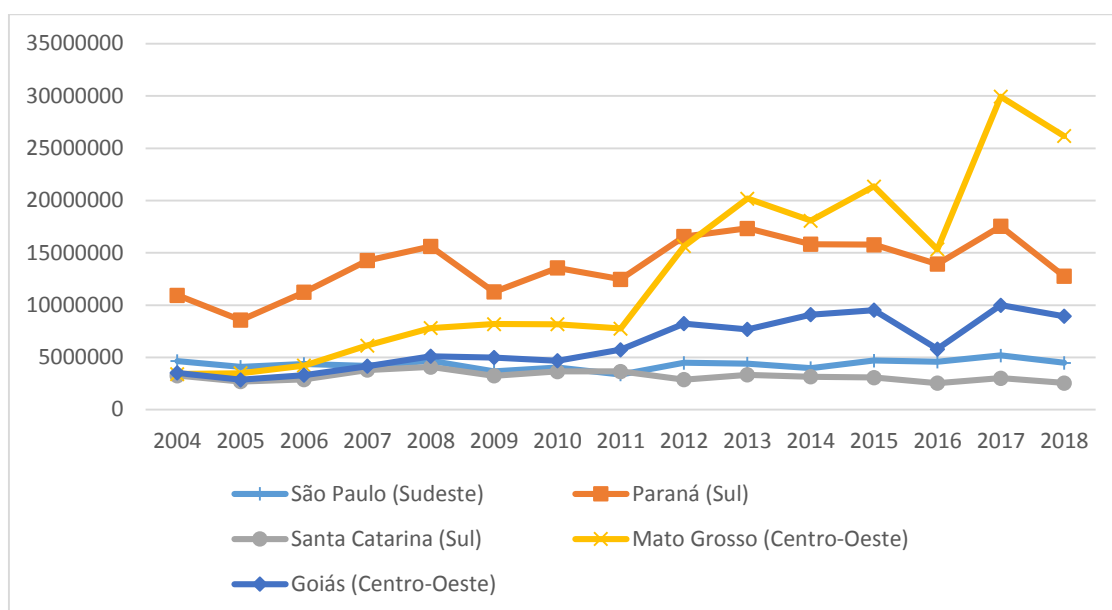
Tabela 2 – Produção média de milho por estado dos últimos 10 anos em mil toneladas

<b>Estado</b>	<b>Região</b>	<b>Média (10 anos)</b>	<b>Participação por estado</b>	<b>Participação Acumulada</b>
<b>Mato Grosso</b>	Centro-Oeste	1.6867,50	23%	23%
<b>Paraná</b>	Sul	1.4690,60	21%	44%
<b>Goiás</b>	Centro-Oeste	7.315,60	10%	54%
<b>Minas Gerais</b>	Sudeste	6.874,90	9%	63%
<b>Mato Grosso do Sul</b>	Centro-Oeste	6.395,30	9%	72%
<b>Rio Grande do Sul</b>	Sul	5.299,30	7%	79%
<b>São Paulo</b>	Sudeste	4.378,60	6%	85%
<b>Santa Catarina</b>	Sul	3.214,20	5%	90%
<b>Outros</b>	-	9.898,90	10%	100%

Fonte: IBGE (2019)

Como pode-se evidenciar, os Estados de Mato Grosso, Paraná e Goiás são os maiores produtores, representando juntos 54% da produção nacional, portanto serão incluídos no presente trabalho. Além destes estados será escolhido o estado de Santa Catarina pois é o estado com melhores níveis de produtividade 7.718,00 Kg/Ha para o ano 2018 (IBGE, 2019). Por último como representante da região Sudeste, será escolhido o estado de São Paulo por ser um estado importante na economia brasileira. Na sequência, são apresentados os níveis de produção dos cinco (5) estados escolhidos:

Figura 11 – Produção dos cinco estados escolhidos dos últimos anos em toneladas



Fonte: IBGE (2019)

Pode-se evidenciar que a produção dos estados escolhidos apresenta a mesma dinâmica que a produção por região, pois o estado de Paraná (Sul) foi o maior produtor até o ano 2012 quando o estado de Mato Grosso (Centro - Sul) se torna o maior produtor. De cada um desses estados será escolhida uma cidade, do estado de Mato Grosso, será escolhida a cidade de Sorriso, do estado de Paraná a cidade de Cascavel, do estado de Goiás a cidade de Rio Verde e do estado de Santa Catarina a cidade de Chapecó, por serem cidades que estão entre as principais cidades produtoras de cada estado. No caso de São Paulo será escolhida a cidade de Campinas, a qual proporcionalmente com a produção do estado não representa uma quantidade significativa porém é base para uma referência importante no mercado de milho como o é o indicador ESALQ/BM&FBovespa que é utilizado na liquidação financeira de contratos futuros negociados na Brasil Bolsa Balcão - B3.

Tabela 3 – Percentagem que cada cidade representa na produção total do respectivo estado

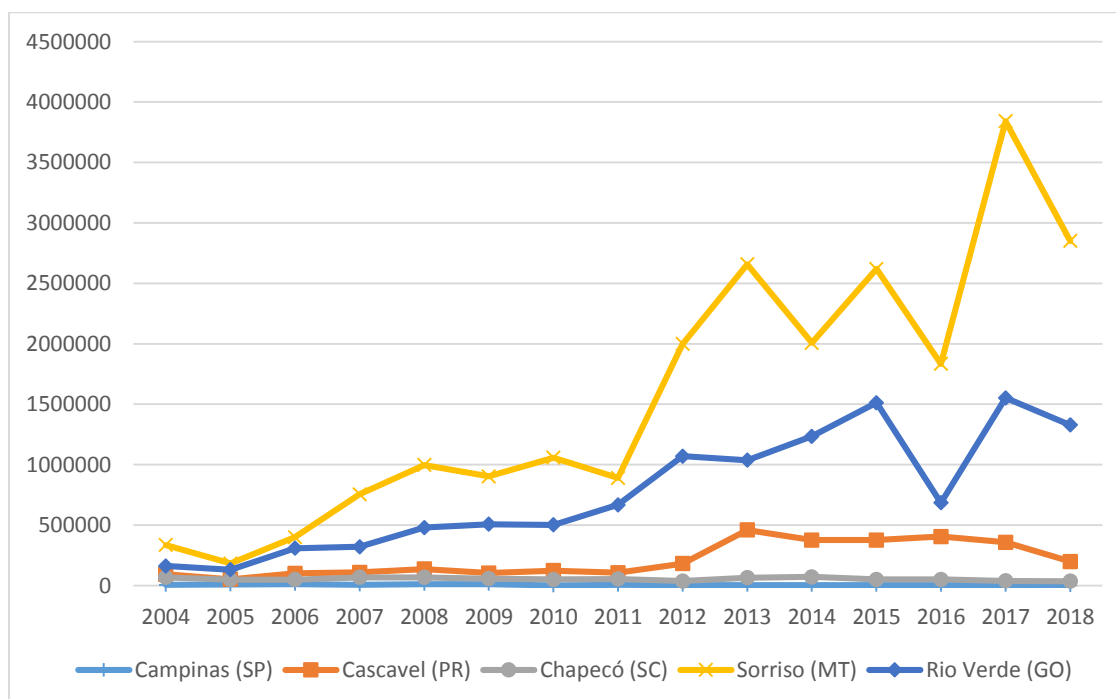
Estado	Cidade	% em relação total do estado (ano 2018)
<b>Mato Grosso</b>	Sorriso*	11%
<b>Paraná</b>	Cascavel**	2%
<b>Goiás</b>	Rio Verde*	15%
<b>São Paulo</b>	Campinas	0,03%
<b>Santa Catarina</b>	Chapecó**	2%

Notas: 1. \*Maior produtora do Estado. 2.\*\*Entre as 5 maiores produtoras do estado

Fonte: IBGE (2019)

Na sequência, são apresentados os níveis de produção de cada cidade a partir do ano 2004. Pode-se evidenciar que a cidade de Sorriso é a maior produtora entre as cidades escolhidas e é a que evidencia maior crescimento nos últimos anos, seguido de Rio Verde e Cascavel. É importante considerar que a produção de Sorriso é principalmente de segunda safra e a produção de Cascavel é de primeira safra.

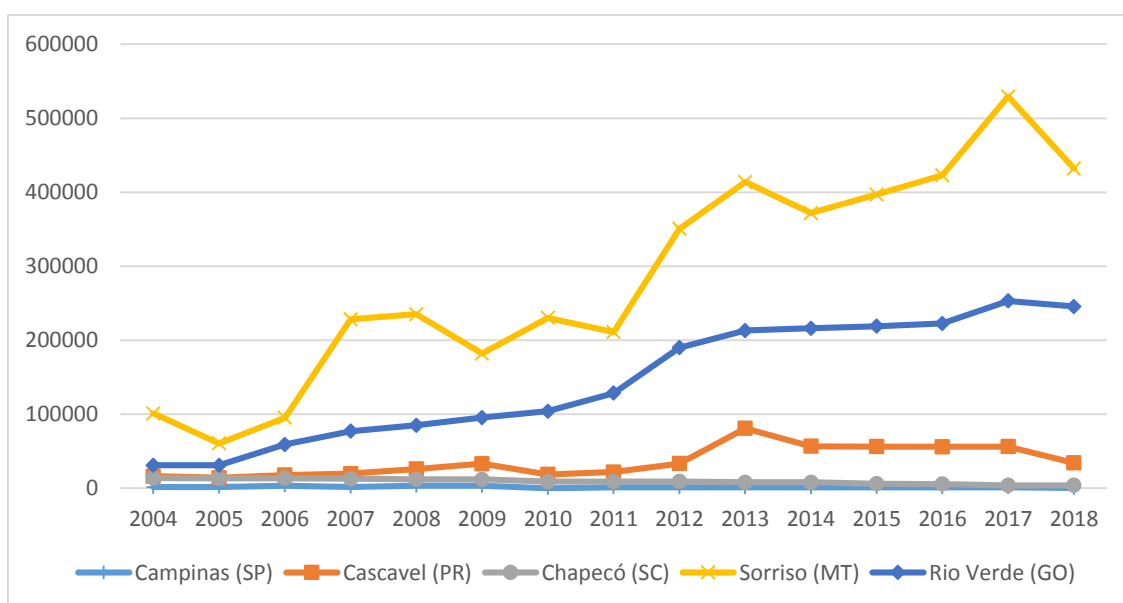
Figura 12 – Produção por cidade nos últimos anos



Fonte: IBGE (2019)

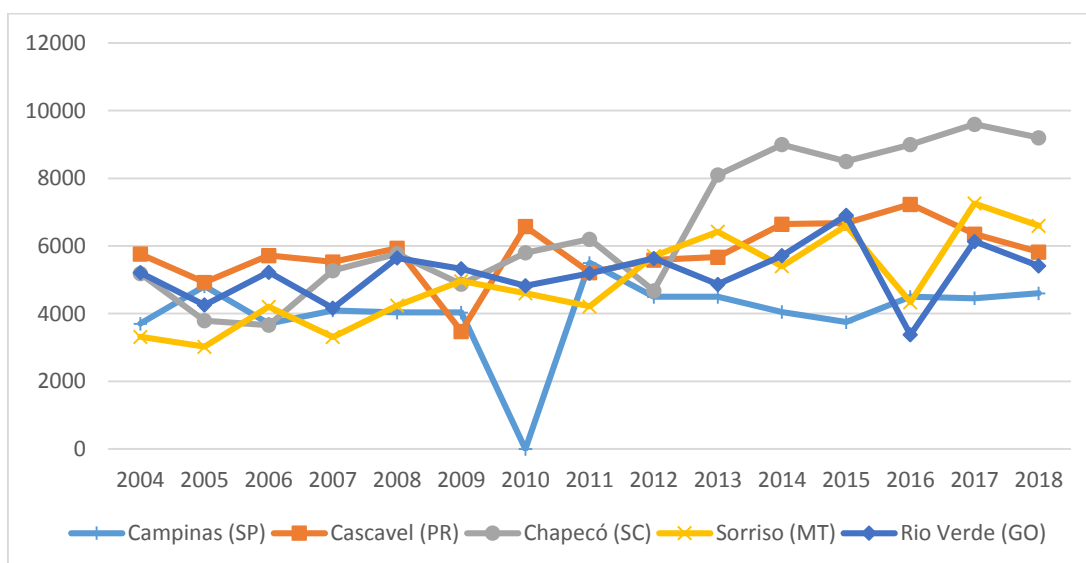
Na Figura 13, são apresentadas as áreas plantadas em cada uma das cidades. Nota-se que existe uma possível correlação entre as quantidades produzidas de milho e as áreas plantadas, mostrando assim que a maior produção vem de maiores quantidades plantadas, mas não de melhores níveis de produtividade. Esse fato se corrobora analisando a produtividade ou rendimento média da Figura 14, pois como pode-se notar as cinco cidades têm níveis de produtividade similares. A penas Chapecó que a partir no ano 2011 mostra-se mais produtivo do que as outras cidades.

Figura 13 – Área plantada por cidade nos últimos anos em hectares (Ha)



Fonte: IBGE (2019)

Figura 14 – Produtividades por cidade nos últimos anos em Kg/Ha

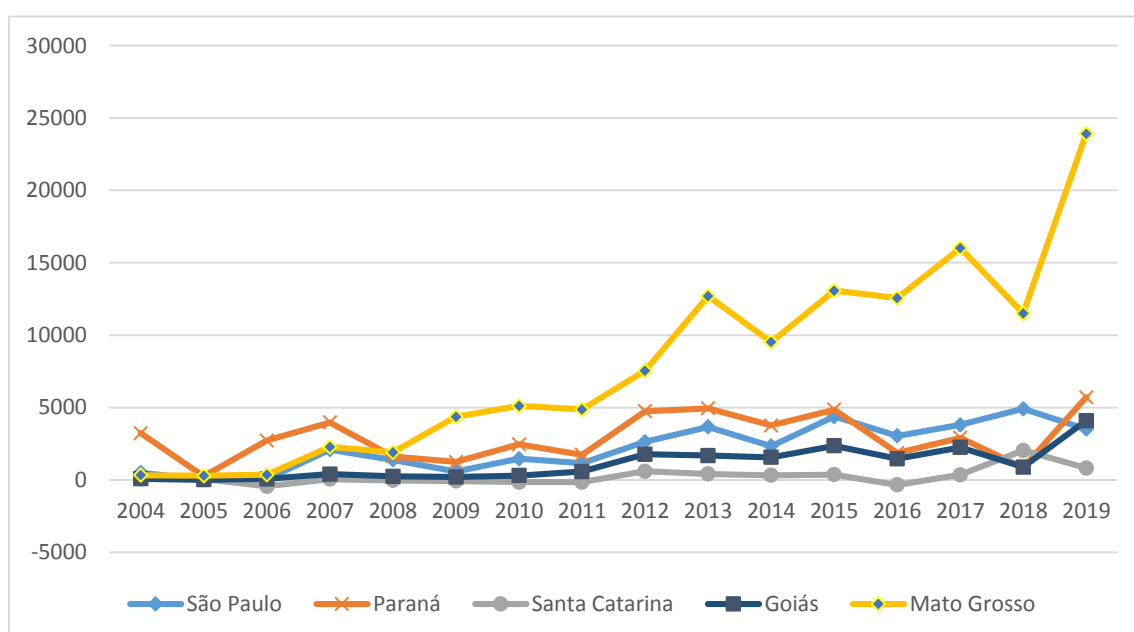


Fonte: IBGE (2019)

Destaca-se que outras informações são importantes para o presente trabalho como os valores da balança comercial, o consumo aparente<sup>3</sup>, a distribuição geográfica das cidades e as distâncias entre elas.

Em relação à balança comercial<sup>4</sup> por estado, na Figura 15 pode-se observar que a maioria dos estados apresentam uma balança comercial positiva, concluindo que exportam mais do que importam, porém Mato Grosso apresenta os maiores valores, isso deve-se a que é um estado que aloca a maioria da sua produção à exportação. Os outros estados apresentam valores da balança comercial semelhantes entre eles e todos os estados apresentam uma tendência parecida

Figura 15 – Balança comercial por estado em mil toneladas no período de 2004 a 2019



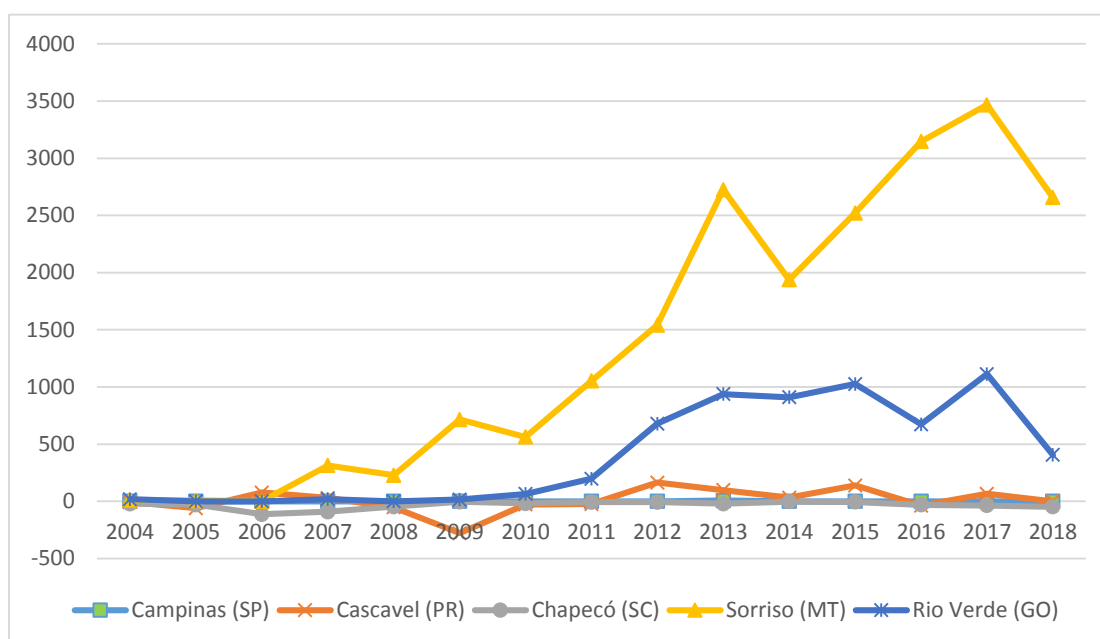
Fonte: COMEX STAT (2019)

Uma tendência semelhante pode-se observar analisando a balança comercial por cidade apresentada na Figura 16, pois Sorriso (MT) apresenta os maiores valores da balança comercial seguido por Rio Verde (GO), as outras cidades apresentam valores da balança comercial próximos de zero, porém na maioria do período são positivos. Deve-se destacar também que todas as cidades apresentam uma tendência semelhante no período estudado.

<sup>3</sup> O consumo aparente foi calculado como o total da produção, adicionada das importações e subtraída das exportações.

<sup>4</sup> Calculado como o total das exportações de um bem subtraída das importações.

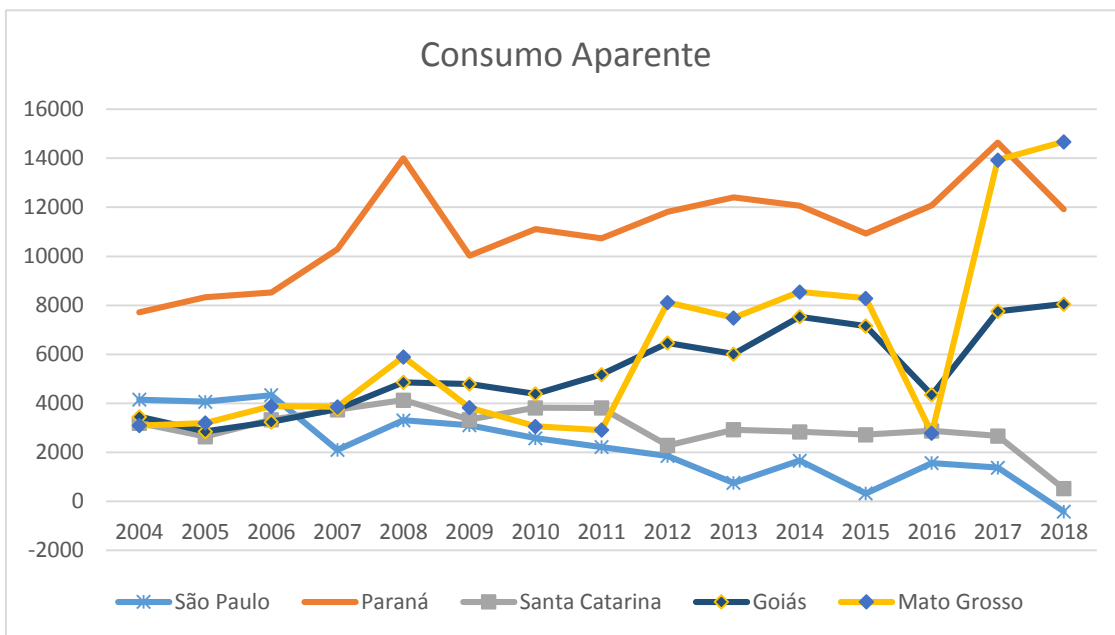
Figura 16 – Balança comercial por cidade em mil toneladas no período de 2004 a 2019



Fonte: COMEX STAT (2019)

Em relação ao consumo aparente deve-se destacar que Paraná é estado com um maior consumo aparente dos estados escolhidos, os outros quatro estados apresentam níveis de consumo aparente semelhantes até o ano 2011, ponto no qual existe uma quebra, fazendo com que os estados de Mato Grosso e Goiás, tenham um nível de consumo aparente consideravelmente maior do que os estados de São Paulo e Santa Catarina.

Figura 17 – Consumo aparente por estado em mil toneladas no período de 2004 a 2019



Fonte: COMEX STAT (2019)

Na Figura 18 e na Tabela 4, é apresentada a distribuição geográfica das cidades que formarão parte da aplicação empírica do presente trabalho e uma estimativa do tempo que se demora de carro entre as cidades.

Figura 18 – Mapa do Brasil com a distância entre as cidades escolhidas



Fonte: Google Maps (2019)



Tabela 4 – Distância e tempo estimado entre cidades

	<b>Distância em Km</b>	<b>Tempo de Viagem*</b>
<b>Cascavel - Chapecó</b>	346,00 km	05 h 11 min
<b>Cascavel - Sorriso</b>	1.732,00 km	25 h 15 min
<b>Cascavel - Rio Verde</b>	1.061,00 km	14 h 02 min
<b>Cascavel - Campinas</b>	905,00 km	09 h 54 min
<b>Chapecó - Sorriso</b>	2.067,00 km	30 h 10min
<b>Chapecó - Rio Verde</b>	1.404,00 km	19 h 10 min
<b>Chapecó - Campinas</b>	964,00 km	12 h 41 min
<b>Sorriso - Rio Verde</b>	1.098,00 km	15 h 37 min
<b>Sorriso - Campinas</b>	1.832,00 km	25 h 12 min
<b>Rio Verde – Campinas</b>	843 km	09 h 42 min

Nota: \* O cálculo da distância entre as cidades foi realizado tendo como referência pontos próximos à área central dos municípios.

Fonte: Google Maps (2019)

Por último é importante destacar que nesta seção não foram apresentadas análises dos preços de milho, pois os preços serão o referencial para compreender as relações nos mercados físicos e de futuros no presente trabalho. Deste modo, os preços serão analisados na Metodologia.

## **2.2 Abordagem teórica e evidências empíricas da relação entre os preços de diferentes mercados**

A ideia de que os preços em diferentes mercados físicos têm relação parte da Lei de Preço Único –LPU<sup>5</sup>, que teve as suas origens com Adam Smith e David Ricardo, e estabelece que, em mercados competitivos, livres de custos de transporte e barreiras oficiais para negociar, mercadorias idênticas vendidas em diferentes regiões devem ser vendidas pelo mesmo preço (KRUGMAN, OBSTFELD e MELITZ, 2015). A força de mercado que garante esta relação de equilíbrio é a arbitragem, pois o arbitrador é o participante do mercado que tem como meta o lucro sem assumir riscos. Assim que existir uma diferença entre os preços das cidades, o arbitrador irá comprar no mercado em que o preço for mais barato e vender no mercado em que for mais caro, lucrando um diferencial de compra e venda praticamente imune a riscos. (COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS, 2014)

<sup>5</sup> Também é conhecida como LOP pelas siglas em inglês de *Law of One Price*.

À medida que os arbitradores compram no mercado de uma cidade e vendem em outra, aumenta a demanda na primeira cidade e, conseqüentemente, os preços, também aumenta a oferta na segunda cidade, causando queda de preços. Assim o mercado vai se ajustando e tendendo a se equilibrar em um valor entre os dois preços iniciais. Desta forma, o arbitrador elimina as distorções de preços entre mercados diferentes. (HULL, 2009)

Segundo Hull (2009) e, Kolb e Overdahl (2006) a relação entre os preços dos mercados físicos e os preços futuros assim como as relações entre os preços futuros de diferentes maturidades podem-se resumir em termos da teoria *cost-of-carry*. O custo de carregamento ou *cost-of-carry* basicamente mede quatro tipos de custos:

- O custo de armazenagem
- O custo do seguro
- Custos financeiros
- Custos de transporte

O *cost-of-carry* se baseia na ideia de que se possa esperar que o preço futuro de hoje seja igual ao preço de hoje à vista acrescido de um custo de carregamento:

$$F_0^T = S_0 \cdot (1 + C) \quad (1)$$

Onde:  $F_0^T$  é o preço futuro esperado no tempo 0,  $S_0$  é o preço à vista no mercado físico no tempo zero e,  $C$  é o *cost-of-carry* expresso como uma fração do preço à vista.

Neste cenário, são muitos os trabalhos que estudaram as relações entre os preços do milho nos mercados físicos e de futuros do Brasil usando diversas metodologias, a seguir são apresentados alguns desses trabalhos.

Santos *et al.* (2007) verificaram a relação de causalidade entre o preço do milho em mercados internacionais e o preço recebido pelos produtores no Brasil. Foram usadas as séries dos preços médios mensais recebidos pelos produtores de milho entre 1996 e 2006 e as séries dos preços da Bolsa de Chicago - CBOT. Para analisar a relação entre mercados externos e internos, foram realizados os testes de estacionariedade, causalidade de Granger e de cointegração. O resultado do teste de causalidade de Granger indica relação unidirecional, isto é, os preços do milho no mercado internacional têm influência na formação dos preços recebidos pelos produtores no Brasil.

Sousa *et al.* (2010) verificaram a relação entre os preços do milho nos estados do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, buscando testar se a Lei do Preço Único prevaleceu nesses mercados, no período de outubro de 2002 a março de 2009. Utilizaram dados mensais provenientes do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA -2010. Os métodos empregados foram os testes de raiz unitária e de cointegração de Johansen, a estimação da função impulso-resposta, a decomposição da variância do erro de previsão e a estimação do Modelo de Vetor de Correção de Erros - VECM. Os resultados mostraram que a Lei do Preço Único não foi perfeitamente verificada e que a expansão da cultura do milho de segunda safra no Brasil mudou a sazonalidade de preços e aumentou o nível de integração com o mercado internacional.

Alves *et al.* (2011) avaliaram a causalidade entre os preços e as elasticidades de transmissão de preços no mercado de milho no Brasil. Para isso usaram dados diários no período de 2004 a 2011 disponibilizados pelo CEPEA - 2011, pela BM&FBovespa, pela CME/CBOT e pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Pesca da Argentina. Os testes de causalidade realizados nesse trabalho foram implementados utilizando a metodologia de Granger (1969) e foram analisados os preços dos mercados físicos de Campinas, Paranaguá, Rio Verde, Triângulo Mineiro, Cascavel e Sorriso, encontrando que: (i) Há bicausalidade entre o preço físico de Campinas e todas as regiões; (ii) Ao analisar as transmissões de preços no mercado físico, observa-se que variações de preços de Campinas são repassadas rapidamente para todas as regiões, e; (iii) A região de Campinas absorve rapidamente as variações das demais regiões, mostrando um importante inter-relação.

Caldarelli *et al.* (2012) analisaram os principais fatores que afetaram os preços e as quantidades comercializadas no mercado brasileiro de milho e soja, no período de 1967 a 2008, utilizando as séries divulgadas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2012). O modelo teórico estimado foi um VECM. Os resultados, que tratam das relações contemporâneas entre as variáveis, mostram que há interação entre os mercados de soja e de milho e que a elasticidade de transmissão do preço de milho do segmento atacadista para o segmento produtor é elevada.

Alves *et al.* (2016) analisaram a transmissão de preços no mercado de milho, entre janeiro de 2009 a junho de 2015, das regiões de Campinas/SP, Cascavel/PR, Paranaguá/PR, Ponta Grossa/PR, Dourados/MS, Triângulo Mineiro, Rio Verde/GO, norte de Mato Grosso utilizando dados disponibilizados pelo CEPEA (2016), pela Bolsa

BM&FBOVESPA (2015) e Bolsa CBOT/CME *Group* (2015). As relações e transmissão de preços foram analisadas através de testes de causalidade de Granger. Também adotaram um modelo VECM. Os resultados indicam que os preços de Campinas apresentam bicausalidade no sentido de Granger com todas as praças analisadas, com exceção dos preços futuros negociados na CBOT/CME.

Tem-se ainda estudos relacionados ao rápido crescimento da safra de milho de inverno no Brasil o qual mudou a dinâmica dos preços do milho tanto dentro quanto fora do país. Por exemplo, Mattos e Silveira (2015) encontraram uma relação significativa na sazonalidade dos preços do milho no Brasil, com a volatilidade mensal dos preços nos últimos anos. Tanto Mattos e Silveira (2015) quanto Cruz Jr. *et al.* (2016) relatam um maior grau de integração entre o Brasil e o mercado de milho dos Estados Unidos desde meados de 2000. Ao mesmo tempo Mattos e Silveira (2016) mostraram que as notícias de mercado no Brasil afetam fortemente os preços do milho nos Estados Unidos da América – EUA. Allen e Valdés (2016) mostraram que a sazonalidade das exportações de milho dos EUA pode ter mudado devido à concorrência da safra de milho de inverno do Brasil.

Da mesma forma, Sanchez *et al.* (2016) analisaram as relações de causalidade e de transmissão de preços do milho na região de Chapecó/SC com os preços na região de Campinas/SP, Sorriso/MT, Cascavel/PR, norte do Rio Grande do Sul, no porto de Paranaguá/PR, e cotações dos contratos futuros negociados nas bolsas BM&FBovespa e CME/CBOT. Foram utilizados dados disponibilizados pelo CEPEA (2014), pela BM&FBovespa (2014) e pela CME/CBOT (2014). Os dados utilizados, foram de periodicidade diária e envolveram o período de 2009 a 2014. Os autores utilizaram uma modelagem de séries temporais com Modelos de Autorregressão Vetorial e Causalidade de Granger. Os resultados indicam que no período mais recente, variações de preços em Chapecó passaram a influenciar com maior ênfase os demais mercados, assim como respondeu mais rapidamente a choques de outras regiões. Os resultados também indicam existência de bicausalidade entre os preços da região de Chapecó com todas as séries de preços nacionais analisadas.

Chiodi (2006) avaliou as relações de longo prazo do preço de milho nos estados de Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina no período de 1996 a 2004. Aplicou o teste de raiz unitária de Dickey e Pantula, o teste de cointegração de Johansen e testes sobre os parâmetros do

vetor de cointegração, avaliando assim a relevância de cada estado dentro do vetor de cointegração. Testou também a hipótese de perfeita integração para verificar se a LPU é válida nesses mercados. Encontrou que os estados de São Paulo e Minas Gerais estão perfeitamente integrados com os outros estados e que os preços na Bahia são os mais independentes.

Pode-se observar que as relações entre os preços dos mercados físicos e de futuros do Brasil foram amplamente estudadas, e que a maioria dos estudos foram feitos com modelos VAR, VECM e análises de causalidade.

### **2.3 Justificativa do uso das medidas de conectividade para abordar as relações entre os preços dos mercados**

A literatura financeira tem se ocupado em estudar, medir e apreender sobre as relações econômicas de séries de tempo e dentro delas sobre a conectividade. A conectividade pode ser entendida como uma relação complexa entre diferentes variáveis, por conseguinte a conectividade tem sido estudada principalmente em base na correlação das variáveis (DIEBOLD e YILMAZ, 2015), já que na análise da correlação o principal objetivo é medir a força ou o grau de associação linear entre duas variáveis, tentando medir a força dessa associação linear (GUJARATI e PORTER, 2011).

Embora as medidas de correlação sejam muito úteis para um tipo<sup>6</sup> de análise, elas têm muitas limitações no que se diz respeito ao entendimento de relações complexas e que variam no tempo. Primeiro porque as medidas dadas pela correlação não têm direção (DIEBOLD e YILMAZ, 2015). Isto significa que não há distinção entre o quanto o mercado  $i$  afeta ao mercado  $j$ , e o quanto o mercado  $j$  afeta ao mercado  $i$ , pois  $\text{corr}(x,y) = \text{corr}(y,x)$  o qual contrasta com a abordagem proposta por Diebold e Yalmaz (2015), como será descrito mais para frente.

Do mesmo modo, as abordagens baseadas na correlação medem exclusivamente dependência linear (GUJARATI e PORTER, 2011), mas é importante levar em conta que algumas não linearidades podem ser corrigidas se considerarmos uma perspectiva condicional. É por isso que alguns modelos de volatilidade se focam no uso de correlação condicional (TAYLOR, 2005) como no caso do modelo de correlação condicional dinâmico de Engle (2009). Outrossim, as medidas dadas pela correlação são medidas de conectividade entre pares de variáveis, ou seja, permitem interpretar o quanto uma

---

<sup>6</sup> Estudos de relação, dinâmica e descoberta de preços

variável está conectada uma com a outra, mas as vezes pode ser de interesse mover-se além de uma conectividade de pares, interpretando por exemplo a conectividade do sistema<sup>7</sup> todo.

Para avaliar a conectividade do sistema tem-se proposto outras metodologias além das medidas baseadas na correlação. São medidas que tentam explicar o que ocorre quando uma mudança extrema acontece através do estudo do risco sistêmico no mercado inteiro. Neste caso, a correlação ainda é apresentada, mas ao invés de mostrar a relação entre duas firmas, por exemplo, tenta avaliar a conectividade entre uma firma e todo o mercado. Essa medida se foca nos acontecimentos extremos, os quais podem ser entendidos como acontecimentos que não ocorrem frequentemente, ou seja, os que se apresentam na cauda da distribuição, como por exemplo as quantidades de perdas que superam uma quantidade esperada ou os limites previstos de perdas (DIEBOLD e YILMAZ, 2015). Um exemplo de tais modelos são os modelos CoVaR, feitos por Adrian e Brunnermeier (2011), no qual o valor CoVaR de uma firma F,  $CoVaR(F)$  é o valor de mercado global em risco -  $VaR^8$ , dado que a firma F está em “dificuldades”. Assim a proposta deste modelo é medir a contribuição de F ao risco total do sistema do qual participa, através da diferença entre  $CoVaR(F)$  e o  $VaR$  de mercado (ADRIAN e BRUNNERMEIER, 2011). Já no modelo *Marginal Expected Shortfall* - MES, Acharya (2010) e Brownlees and Engle (2012) tentaram estudar o que acontece se a empresa F se tornasse um pouco maior em relação a seus pares, e como isso afetaria o déficit esperado do mercado. Tanto o modelo CoVaR quanto o modelo MES, tem a mesma ideia do valor da conectividade total do sistema como um todo.

Essas abordagens são certamente úteis, mas medem coisas diferentes, de modos diferentes. Portanto, uma estrutura unificada de conhecimento para medir a conectividade permanecia incerta. Diante disso, como uma alternativa para avaliar a conectividade se encontra a metodologia proposta por Diebold e Yilmaz (2009), Diebold e Yilmaz (2012) e Diebold e Yilmaz (2015) – D&Y. O presente estudo adota essa abordagem. Esta metodologia consegue apresentar as relações direcionais, medidas de conectividade por pares e a conectividade do sistema como um todo. Além disso, pode-se ver relações dinâmicas usando uma janela móvel ou *rolling-window*. Nesse sentido uma das principais

---

<sup>7</sup> O sistema dever ser entendido como a relação total entre todas as variáveis consideradas no modelo.

<sup>8</sup> É importante mencionar que o termo VaR são as siglas de *Value at Risk* e não de Vetores Autorregressivos, do qual as siglas são VAR.

vantagens desse modelo é que permite estudar as medidas de conectividade entre mercados, entre um mercado e os outros mercados, e a conectividade de todo o sistema tanto de forma estática quanto de forma dinâmica.

#### **2.4 Abordagem empíricas das medidas de conectividade**

Os próprios autores da metodologia a usaram para avaliar a conectividade no mercado de ativos dos EUA, com base na hipótese de que, durante uma crise, as variações nos preços geram maior conectividade entre mercados (DIEBOLD e YILMAZ, 2015). Portanto, se a conectividade puder ser medida, seria possível criar sistemas de aviso antecipado e o progresso das crises existentes poderiam ser controlados (REINHART e ROGOFF, 2013). Os resultados obtidos nesse trabalho podem levar novos apontamentos sobre a natureza da transmissão da volatilidade entre os mercados, podendo-se observar que, quando ocorre um certo choque no exterior, esse choque leva, primeiramente, a um aumento da volatilidade no mercado de ações norte-americano e em seguida, o dissemina para outros mercados, afetando assim todo o sistema financeiro. Em outro estudo semelhante os mesmos autores caracterizaram a conectividade nas mudanças dos retornos de 19 commodities, durante os anos de 2011 e 2016 nos EUA (DIEBOLD e YILMAZ, 2015). Os resultados revelaram uma clara relação entre as indústrias tradicionalmente agrupados<sup>9</sup> o qual mostra que a metodologia empregada avalia adequadamente a relação entre os mercados. Além disso, foi possível avaliar que existem indústrias que transferem os choques com mais intensidade do que outras, por exemplo uma mudança nos preços na indústria elétrica afeta os preços em outras indústrias (DIEBOLD, LIU e YILMAZ, 2017).

Outros estudos importantes realizados por Diebold e Yilmaz (2015) e apresentados no seu livro são: (1) A medição da evolução da conectividade entre instituições financeiras nos Estados Unidos antes, durante e depois da crise financeira que ocorreu durante os anos de 2006 e 2007. Nesse estudo foram usados dados de cem dias e conseguiram explicar como choques de volatilidade são transmitidos entre instituições financeiras, em que medida esta situação afetou as instituições e como o fato de que uma instituição foi afetada afetou as outras; (2) A medição da conectividade do mercado de ações, considerando que é um dos recursos mais importantes para o financiamento de uma empresa. Foi utilizada uma amostra de dados diários entre 1990 e 2015 incluindo os

---

<sup>9</sup> Energia, metais preciosos, grãos, gado e *softs*.

10 maiores mercados de ativos do mundo. Os resultados indicam que a conectividade entre os mercados aumenta em períodos de crise e que os impactos de uma crise em um país no mercado de ações são transmitidos para os mercados de ações de outros países, o que é importante, já que uma crise no mercado de ações pode criar uma crise financeira a nível de países (DIEBOLD e YILMAZ, 2015).

Jiawen e Qiang (2018) analisaram a conectividade entre a volatilidade realizada no mercado de petróleo dos EUA e cinco *commodities* agrícolas da China, usando medidas de conectividades e dados de alta frequência, envolvendo o período de janeiro de 2006 a dezembro de 2015. A conectividade entre as volatilidades dessas *commodities* são identificadas pela combinação de um modelo autorregressivo heteroscedástico (HAR) multivariado com o modelo DCC-GARCH. Os resultados verificam a existência de influências mútuas entre a volatilidade do mercado de petróleo dos Estados Unidos e os mercados de *commodities* agrícolas da China, embora a magnitude dessa relação seja fraca.

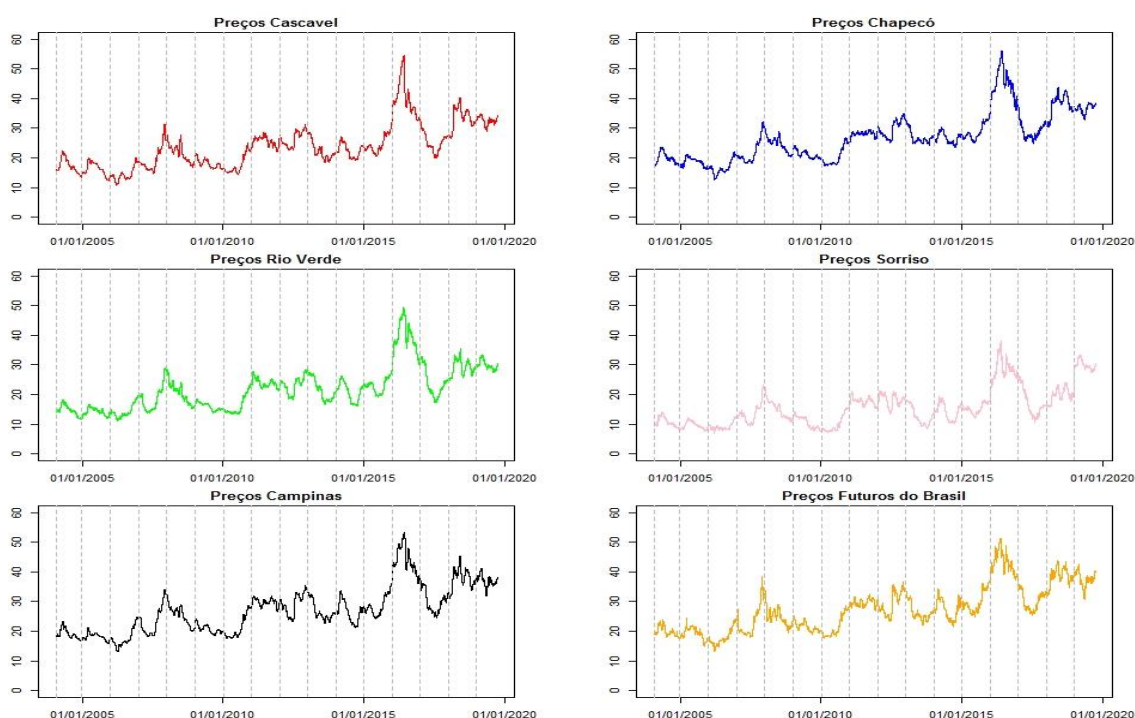


### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Fonte e tratamento dos dados

A base de dados utilizada neste trabalho está composta por preços diários, em reais por saca de 60 Kg (R\$/saca 60kg), negociados entre o período de 26/01/2004 e 27/09/2019<sup>10</sup>, no mercado de futuros do Brasil – FBR<sup>11</sup> e nos mercados físicos<sup>12</sup> das cidades de Cascavel – CAS, Chapecó – CHA, Rio Verde – RV, Sorriso – SOR e Campinas – CAM. A séries de preços do mercado físico de Campinas foi disponibilizada pelo CEPEA (2019), as outras séries de preços foram coletadas junto a um terminal da Bloomberg<sup>13</sup> (2019). A evolução dos preços no período estudado e na amostra coletada (3.768 observações) é apresentada na Figura 19.

Figura 19 – Evolução dos preços de milho em R\$/saca de 60 Kg nas praças físicas e dos preços futuros no Brasil de 2004 a 2019



<sup>10</sup> Período escolhido pela disponibilidade dos dados e pelas grandes mudanças ocorridas na dinâmica do mercado de milho

<sup>11</sup> Foram coletados dados de preços de fechamento de contratos futuros de milho negociados na Brasil Bolsa Balcão - [B]<sup>3</sup>. A rolagem dos contratos foi feita com base no último dia do mês anterior ao mês de vencimento do contrato.

<sup>12</sup> São negócios realizados para o produto posto em armazém em cada região, em nível de atacado. São consultados vendedores (produtores, cooperativas, cerealistas), compradores e corretores.

<sup>13</sup> É um sistema informatizado desenvolvido pela Bloomberg L.P. que permite monitorar e analisar mercados financeiros em tempo real, além de realizar transações eletrônicas.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Bloomberg (2019 e do CEPEA (2019).

### 3.2 Testando estacionariedade das séries

Em economia existem séries de tempo estacionárias e não estacionárias, essa classificação é importante pois a forma de estimação econométrica vai depender de como classificar essas séries, além disso as inferências estatísticas são validadas apenas para séries temporais estacionários pois só nesse caso é possível confiar nos testes estatísticos e na regressão (DE-LOSSO, 2011). Portanto, a primeira preocupação é definir essa condição. De acordo o apresentado por Enders (2014) e Gujarati e Porter (2011) a ideia central é que as séries poderão ser chamadas de estacionárias se tem média e variância constante ao longo do tempo, e o valor da covariância entre os dois períodos de tempo depender apenas da distância ou da defasagem entre os dois períodos e não o tempo real ao qual a covariância é computada.

Na área financeira é muito comum se encontrar séries de tempo não estacionárias. Os preços dos ativos, os preços das ações ou as taxas de câmbio são típicos exemplos de séries não estacionárias pois seguem um passeio aleatório. (GUJARATI e PORTER, 2011) Um passeio aleatório pode ser sem termo constante ou com termo constante presente, e de modo geral pode se dizer que uma série segue um passeio aleatório se o valor de uma variável hoje é igual a seu valor de ontem mais um choque aleatório. Um passeio aleatório é um exemplo do que é conhecido na literatura específica como processo de raiz unitária.

Para verificar a estacionariedade das séries podem ser utilizados vários testes, chamados de testes de raiz unitária entre os quais é possível mencionar: Dickey-Fuller - DF, Dickey-Fuller Aumentado - ADF, Phillips-Perron - PP, Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin - KPSS (DE-LOSSO, 2011), Elliott Rothenberg Stock - ERS, NG & Perron, e Raízes Unitárias Sazonais (PFAFF, 2008).

No presente trabalho será utilizado o teste ADF proposto por Dickey e Fuller (1981), o qual considera um modelo auto-regressivo de ordem (p), tal como mostra a equação (2). Para ter um melhor entendimento de como trabalha o teste ADF, considera-se uma das variáveis da base de dados como exemplo, os preços do milho para praça de Cascavel -  $Cas_t$

$$\Delta Cas_t = \mu + \beta t + \pi Cas_{t-1} + \sum_{i=2}^m \gamma \Delta Cas_{t-i+1} + \epsilon_t \quad (2)$$

Em que:  $\mu = \epsilon$  é o termo constante,  $\beta t$  é o parâmetro de tendência determinística. Por sua vez  $\Delta Cas_{t-i}$  são termos diferenciados defasados da variável dependente e  $\epsilon_t$  é um termo de erro de ruído branco puro.

É importante considerar que o modelo ADF considera a possibilidade do termo do erro  $\epsilon_t$  ser autocorrelacionado, sendo necessária a inclusão de tantas variáveis defasadas em primeira diferença quanto se precisarem para que o erro passe a ser um ruído branco. É assim que é necessário encontrar um valor diferente de zero para  $\pi$ , pois se  $\pi = 0$  as séries seriam não estacionárias. Se somente se  $\pi = (\rho - 1)$  assim se  $\pi = 0 \rightarrow \rho = 1$ .

Deve-se destacar a presença de um termo constante e uma tendência, os quais também devem apresentar significância estatística para ser consideradas no modelo, caso contrário, deveram ser excluídos. Esse processo é chamado de especificação do modelo, para o qual no presente trabalho vamos utilizar a proposta de Dickey e Fuller (1981), que desenvolveram estatísticas para testar hipóteses conjuntas dos coeficientes para determinar o modelo mais apropriado para a realização do teste. Essas estatísticas são chamadas de  $\phi_1, \phi_2, \phi_3$ <sup>14</sup> e testam a seguintes hipóteses nulas:

$$H_0: \pi = \mu = 0 \rightarrow \phi_1 \quad (3)$$

$$H_0: \pi = \beta = \mu = 0 \rightarrow \phi_2 \quad (4)$$

$$H_0: \pi = \beta = 0 \rightarrow \phi_3 \quad (5)$$

A ordem (p) do modelo auto-regressivo deve ser determinada corretamente, é assim que devese encontrar o número ideal de parâmetros do modelo para o qual há três principais critérios de informação: a estatística de Schwarz - BIC<sup>15</sup>, a estatística de Akaike - AIC e finalmente a estatística de Hannan-Quinn - HQ (DE-LOSSO, 2011).

É importante considerar que quanto mais parâmetros são estimados no mesmo período de amostra, menor será o erro estimado, mas isso será penalizado na segunda parcela da estatística, é por isso que deseja-se escolher o menor AIC, HQ ou BIC possível (DE-LOSSO, 2011).

### 3.3 Descrição do Modelo

Com os resultados do teste ADF, pode-se determinar se as variáveis são integradas de ordem zero - I(0) ou de ordem um - I(1). Caso as séries sejam estacionárias será

<sup>14</sup> Essas estatísticas não têm uma distribuição convencional, daí a necessidade de renomeá-las.

<sup>15</sup> Denotada por BIC (Bayesian Information Criterion) ou SBC (Schwarz Bayesian Criterion).

utilizado o modelo de Vetores Auto-Regressivos – VAR no nível; caso sejam integradas de ordem 1 – I(1) e não cointegradas, será utilizado um modelo VAR na diferença; e, para o caso das séries serem integradas de ordem 1 – I(1) e cointegradas será usado o Vetor de Correção de Erros – VECM (LUTKEPOHL e KRATZIG, 2004).

Após ter escolhido o modelo apropriado, será escolhido o número de defasagens através de critério AIC e por último será desenvolvida a decomposição da variância do erro de previsão, a qual é a base para a definição das medidas de conectividade. Isso será feito duas vezes, a primeira para as séries completas ou seja para o período inteiro, porém já que é improvável que qualquer modelo de parâmetros fixos explique a relação nos preços sem perder informação importante, na segunda vez serão usadas janelas móveis (*rolling window*) de 252 dias o que corresponde a um ano o que permitirá obter uma medida de conectividade mais real (DIEBOLD e YILMAZ, 2015).

### 3.4 Especificação do modelo

O modelo VAR é um dos instrumentos mais flexíveis e usados em investigações empíricas relacionadas com séries temporais multivariadas, tendo se mostrado útil para estudar o comportamento dinâmico das séries bem como para caracterizar as interações simultâneas entre um grupo de variáveis (DE-LOSSO, 2011). Nesta seção são expostos os conceitos apresentados em Lutkepohl e Kratzig (2004), Diebold e Yilmaz (2015) e Enders (2014).

O modelo VAR de ordem  $p$ , VAR( $p$ ), que relaciona as cinco séries de preços,  $P'_t = (Cas_t, Cha_t, Sor_t, Riv_t, Cam_t Pfb_t)$ , as quais, por definição, são consideradas variáveis endógenas que estão conectadas entre si, pode ser expresso como:

$$P_t = B + \Phi_1 P_{t-1} + \dots + \Phi_p P_{t-p} + u_t \quad (6)$$

Em que  $\Phi_s$  são matrizes de coeficientes ( $6 \times 6$ ) fixas com elementos  $\Phi_{ij,s}$ , com  $i, j = 1, \dots, 6$  e  $s = 1, \dots, p$ . Por sua vez  $B = (\beta_1, \beta_2 \dots \beta_6)'$  é um vetor de constantes ( $6 \times 1$ ) fixo de interceptos permitindo que  $E(P_t)$  seja diferente de zero. Além disso,  $u_t = (u_{1t}, u_{2t} \dots u_{6t})$  é um processo de ruído branco de seis dimensões, tal que  $E(u_t) = 0$ ,  $E(u_t u_t') = \Sigma_u$  e  $E(u_t u_s') = 0$  para todo  $s \neq t$ .

Como visto na Seção 3.2 a cointegração pode ocorrer em um processo VAR( $p$ )  $n$ -dimensional, como dado na equação (6). Agora vamos supor que o processo  $P_t$  seja não

estacionário. Como  $|I_n - \Phi_1 - \dots - \Phi_p| = 0$ , a matriz  $\Pi = -(I_n - \Phi_1 - \dots - \Phi_p)$  é singular (LUTKEPOHL e KRATZIG, 2004). Vamos supor também que  $\Pi$  possua posto  $\rho(\Pi) = r < n$ . Deste modo  $\Pi$  pode ser descomposta como:

$$\Pi = \alpha\beta' \quad (7)$$

onde  $\alpha$  e  $\beta$  são matrizes  $n \times r$ .

Vamos supor ainda que todos os componentes de  $P_t$  sejam integradas de ordem um,  $I(1)$ , o modelo VAR genérico deve ser diferenciado e deve-se incluir um vetor de correção de erros, assim reescrevendo (11) tem se o modelo VECM da seguinte forma:

$$\Delta P_t = B + \Pi P_{t-1} + \Gamma_1 \Delta P_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta P_{t-p+1} + u_t \quad (8)$$

onde  $\Gamma_i = -(\Phi_{i+1} + \dots + \Phi_p)$  são matrizes  $(6 \times 6)$ , para  $i = 1, \dots, p-1$  e  $\Delta P_t = P_t - P_{t-1}$ .

A forma como o modelo VAR está escrito na equação (8) é chamada de forma de correção de erros. Se a representação de um processo cointegrado é dada na equação (8) é possível recuperar a representação VAR na forma da equação (6).

Agora com o modelo VAR corretamente identificado é possível realizar a decomposição da variância do erro de previsão, o qual é a chave para encontrar os valores da conectividade.

### 3.5 Decomposição da variância do erro de previsão

A decomposição da variância do erro de previsão é uma ferramenta muito utilizada para a interpretação dos modelos VAR e VECM, pois os parâmetros destes modelos são complexos de interpretar (LUTKEPOHL e KRATZIG, 2004).

Assim, reescrevendo o modelo VAR da Equação (6) como:  $P_t = B + \sum_{i=1}^p \Phi_i P_{t-i} + u_t$ , e considerando que o modelo tem covariância estacionária, a média móvel do VAR existe e pode ser representada como:

$$P_t = \sum_{i=0}^{\infty} A_i u_{t-i} \quad (9)$$

Onde  $A_i$  é uma matriz de coeficiente  $N \times N$  que representa o seguinte:  $A_i = \Phi_1 A_{i-1} + \Phi_2 A_{i-2} + \dots + \Phi_n A_{i-n}$  com  $A_0$  sendo a matriz identidade e  $A_i = 0$  para  $i < 0$ . A representação do modelo VAR como média móvel permite o cálculo da decomposição da variância do erro de previsão h passo à frente, para isto é necessário

fazer previamente o processo de ortogonalização dos resíduos. Seguindo Diebold e Yilmaz (2012) será usada a Decomposição da Variância do Erro de Previsão Generalizada – GFEVD, a qual permite a ortogonalização dos resíduos e produz resultados que não dependem da ordenação das variáveis. Denotando a GFEVD h-passos à frente como:

$$\theta_{i \leftarrow j}^g = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} (e'_{iA_h \Sigma} e_j)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} (e'_{iA_h \Sigma} A'_h e_i)} \quad (10)$$

Onde  $\Sigma$  é a matriz de variâncias do vetor de erro  $u$ , o desvio padrão do termo de erro da  $j$  – ésima equação é representado como  $\sigma_{jj}$ , e o vetor de seleção representado como  $e_i$  com um no  $i$  – ésimo elemento e zeros caso contrário. É possível interpretar  $\theta_{i \leftarrow j}^g$  como a proporção da variância do erro de previsão ao prever  $P_i$ , que é devido a um choque estrutural em outra variável  $P_j$  (ZIVOT e WANG, 2006).

Usando essa informação sobre a decomposição da variância do erro de previsão, Diebold e Yilmaz (2009) e Diebold e Yilmaz (2012) definem os valores  $\theta_{i \leftarrow j}^h$   $i \neq j$  como o valor da conectividade direcional em pares ou *pairwise directional connectedness*, mostrando as informações enviadas ou recebidas de uma variável específica. Também, as informações fornecidas por  $\theta_{i \leftarrow j}^h$  podem ser usadas para calcular a conectividade total ou *total spillover*. Permitindo-se construir um grupo de índices facilmente interpretáveis e capazes de determinar receptores e transmissores de choques (informações) dentro de um mercado, esses índices serão colocados numa tabela, a qual os autores chamam Tabela de Conectividades e será apresentada e explicada na sequência.

### 3.6 Tabela de conectividades

A tabela de conectividade surge a partir da decomposição de variância do erro de previsão e mostra todas as medidas de conectividade. Assim, uma vez que a decomposição da variância é feita, é possível construir a Tabela 5, que está composta de: (1) uma matriz NxN que é a matriz de decomposição da variância, para facilitar a notação  $\theta_{i \leftarrow j}^g$  será substituído por  $d_{ij}$ ; (2) as somas das linhas; (3) as somas das colunas e, (4) uma célula que contém a média de todos os  $d_{ij}$ ;  $i \neq j$ .

Tabela 5 - Tabela de Conectividade

	$X_1$	$X_2$	...	$X_N$	De outros
$X_1$	$d_{11}$	$d_{12}$	...	$d_{1N}$	$\sum_{j=1}^N d_{1j}; j \neq 1$
$X_2$	$d_{21}$	$d_{22}$	...	$d_{2N}$	$\sum_{j=1}^N d_{2j}; j \neq 2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
$X_N$	$d_{N1}$	$d_{N2}$	...	$d_{NN}$	$\sum_{j=1}^N d_{Nj}; j \neq N$
A outros	$\sum_{i=1}^N d_{i1}; i \neq 1$	$\sum_{i=1}^N d_{i2}; i \neq 2$	...	$\sum_{i=1}^N d_{iN}; i \neq N$	$\frac{1}{N} \sum_{i,j=1}^N d_{ij}; i \neq j$

Fonte: Diebold e Yilmaz (2015)

Os valores  $d_{ij}$  como já dito medem a conectividade direcional em pares, assim supondo que o valor  $d_{21} = 15$ , significa que um choque em  $X_1$  é responsável por 15% da variância do erro de previsão H-passos à frente ao prever  $X_2$ , ou que  $X_1$  transmite 15% de informações a  $X_2$  com um horizonte de previsão de H-passo à frente. As somas das quatro linhas e das quatro colunas são os valores da conectividade direcional total. Supondo que o valor da soma da segunda linha seja:  $\sum_{j=1}^N d_{2j} = 32$  isto significa que  $X_2$  recebe 32% de informações com um horizonte de previsão de H-passos à frente das outras variáveis, Em geral a conectividade direcional de outras variáveis para a variável  $i$  será

$$C_{i \leftarrow \bullet} = \sum_{j=1}^N d_{ij}; j \neq i \quad (11)$$

E a conectividade direcional da variável  $j$  para outras variáveis será:

$$C_{\bullet \leftarrow j} = \sum_{i=1}^N d_{ij}; j \neq i \quad (12)$$

Portanto, haverá  $2N$  valores da conectividade direcional total. Finalmente, o valor da soma de todos os  $d_{ij}; i \neq j$  é a conectividade do sistema como um todo.

O uso e a análise dos valores dependerão das necessidades do agente econômico que os utiliza, de tal modo que dadas as variáveis dos preços diários, em reais negociados no mercado de futuros do Brasil – FBR e nos mercados físicos das cidades de Cascavel – CAS, Chapecó – CHA, Sorriso – SOR, Campinas-CAM e Rio Verde – RV haverá um valor do grau de conectividade entre variáveis. Assim, por exemplo, um produtor de uma determinada cidade poderia estar interessado em saber qual é a conectividade da sua

cidade  $i$  com as outras cidades, isto é o valor  $C_{i \leftarrow \cdot} = \sum_{j=1}^N d_{ij}; j \neq i$ , enquanto que para um agente do governo seria interessante conhecer a conectividade de uma cidade para as outras, ou seja, o valor de  $C_{\cdot \leftarrow j} = \sum_{i=1}^N d_{ij}; j \neq i$ .

Por último, para finalizar a metodologia, é importante dizer que o procedimento todo, até a construção da tabela de conectividade, será feito várias vezes, a primeira para as séries completas ou seja para o período de amostra inteiro, e as outras vezes para cada uma das janelas móveis, que para o presente trabalho cada janela terá uma dimensão de 252 dias.



## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Estatísticas descritivas

As estatísticas descritivas da base de dados composta por preços diários em R\$/saca de 60 Kg negociados entre 26/01/2004 e 27/09/2019 no mercado de futuros do Brasil – FBR e nos mercados físicos das cidades de Cascavel – CAS, Chapecó – CHA, Rio Verde – RV, Sorriso – SOR e Campinas – CAM são apresentadas na Tabela 6. O software utilizado na análise dos dados foi o R.

Tabela 6 - Estatística descritiva das séries de preços de milho em R\$/saca de 60 Kg nas praças físicas e dos preços futuros no Brasil de 2004 a 2019

	CAS	CHA	RIV	SOR	CAM	FBR
Mínimo	10,91	12,49	11,18	7	13,17	13,07
Mediana	22,61	26,26	20,99	14,38	26,25	26,40
Média	23,57	26,97	21,76	15,63	27,12	27,45
Máximo	54,59	56,20	49,43	38,29	53,36	51,44
Desvio padrão	7,45	7,59	7,12	6,38	7,93	7,71
Coeficiente de variação	0,31	0,29	0,33	0,40	0,29	0,28
Assimetria / skewness	1,00	0,89	0,64	1,03	0,69	0,69
Curtose	4,28	3,68	4,24	3,54	3,04	2,68
Observações				3768		

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Bloomberg (2016), da [B]3 e do CEPEA (2019).

Como pode-se observar, em todos os mercados os valores das médias são bem próximos a exceção do mercado de Sorriso que apresenta a menor média das séries estudadas, em contrapartida a maior média é apresentada no mercado de futuros do Brasil seguido do mercado de Campinas. Analisando os coeficientes de variação das séries pode-se observar que os dados dos preços do mercado de futuros são mais homogêneos em comparação com os mercados físicos, em contrapartida os preços do mercado de Sorriso são os menos homogêneos de todos os mercados estudados.

Todos os coeficientes de assimetria dos preços são positivos o que sugere que a cauda do lado direito é maior que a do lado esquerdo. Os mercados físicos de Cascavel e Sorriso apresenta o maior valor do coeficiente de assimetria.

Ademais, os coeficientes de curtose de todas as séries de preços dos mercados físicos são superiores a três, o qual sugere que as curvas de funções de densidade de probabilidades dos preços são leptocúrticas, quer dizer que as distribuições de probabilidade são mais afiladas do que uma curva normal de mesma área, em contraste a série de preços do mercado de futuros do Brasil apresenta um coeficiente de curtose menor do que três, o qual sugere que a curva de função de probabilidade é platicúrtica, ou seja, mais achatada que a distribuição normal.

#### **4.2 Resultados do Teste ADF**

Como visto na metodologia do presente trabalho é usado o teste ADF para verificar a estacionariedade das séries. Os resultados indicaram a presença de uma raiz unitária em todas as séries, com um nível de significância 1%. Aplicando o teste para as séries diferenciadas, verifica-se que são estacionárias com um nível de significância 1%. Na Tabela 7 são apresentados os resultados do teste ADF para as cinco séries de preços e para a sua primeira diferença.

Tabela 7 – Resultados do teste ADF para as séries de preços e para a primeira diferença

	M3			M2		M1	Resultado
Série	tau3	phi2	phi3	tau2	phi1	tau1	
<b>Valores críticos (1%)</b>	<b>-3,96</b>	<b>6,09</b>	<b>8,27</b>	<b>-3,43</b>	<b>6,43</b>	<b>-2,58</b>	
<b>Cas</b>	-2,19	1,88	2,41	-1,28	1,24	0,78	Não estacionaria em nenhum modelo
$\Delta(\text{Cas})$	-29,84***	296,90***	445,35***	-29,84***	445,46***	-29,84***	Estacionaria com constante e tendência
<b>Cha</b>	-2,12	1,91	2,25	-1,18	1,30	0,99	Não estacionaria em nenhum modelo
$\Delta(\text{Cha})$	-44,99***	674,72***	1012,08***	-44,99***	1012,35***	-44,98***	Estacionaria com constante e tendência
<b>Riv</b>	-2,00	1,62	2,00	-1,29	1,27	0,79	Não estacionaria em nenhum modelo
$\Delta(\text{Riv})$	-45,23***	628,00***	1023,01***	-45,23***	1023,28***	-45,23***	Estacionaria com constante e tendência
<b>Sor</b>	-2,38	2,19	2,96	-1,39	1,30	0,59	Não estacionaria em nenhum modelo
$\Delta(\text{Sor})$	-46,93***	734,24***	1101,36***	-46,93***	1101,52***	-46,93***	Estacionaria com constante e tendência
<b>Fbr</b>	-3,61	4,50	6,55	-1,99	2,18	0,45	Não estacionaria
$\Delta(\text{Fbr})$	-41,67***	578,74***	868,11***	-41,67***	868,32***	-41,67***	Estacionaria com constante e tendência
<b>Cam</b>	-2,20	2,94	2,44	-1,27	1,28	0,85	Não estacionaria em nenhum modelo
$\Delta(\text{Cam})$	-29,80***	296,02***	444,03***	-29,80***	444,15***	-29,80***	Estacionaria com constante e tendência

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: \*\*\* Indica a rejeição da hipótese nula ao nível de significância de 1%; 2. M3: Modelo com constante e tendência; M2: Modelo com constante; M1: Modelo sem constante nem tendência; 3. Os lags de defasagem foram selecionados com base no critério de Schwarz's Bayesian Criterion (SBC).

Já que as seis séries de preços foram identificadas como processos I(1), é necessário saber se as séries são cointegradas ou não. Assim, foi feito o teste de cointegração de Johansen utilizando-se as estatísticas de máximo autovalor e de traço. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados do teste de cointegração de Johansen para o período de 2004 a 2019

Rank	Valores críticos 1%	Máximo autovalor	Traço
$r \leq 5$	12,25	10,37	10,37
$r \leq 4$	25,32	20,44	30,28 ***
$r \leq 3$	42,44	36,46	67,27 ***
$r \leq 2$	62,99	93,01 ***	160,28 ***
$r \leq 1$	87,31	158,12 ***	318,40 ***
$r = 0$	114,90	299,69 ***	618,10 ***

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: 1. \*\*\* indicam rejeição da hipótese nula ( $H_0$ : Existem  $r$  vetores de integração) ao nível de significância de 1%. 2. Os lags foram selecionados com base no critério de *Schwarz's Bayesian Criterion* (SBC).

É possível observar que existem pelo menos cinco (5) vetores de cointegração no período 2004 a 2019. Confirmando a existência de uma relação de longo prazo entre as variáveis estudadas. Em conclusão, o modelo utilizado para a estimação da decomposição da variância do erro de previsão e posteriormente do cálculo do *spillover*, para o caso da amostra inteira, será um modelo VECM com vetores de correção de erros e três defasagens, escolhidos a traves do critério Schwartz. Serão usados quatro horizontes de previsão: um (1), cinco (5) e dez (10) dias à frente pois em geral os preços são transmitidos em períodos curtos de tempo. Além disso, será usado o período de trinta (30) dias à frente para verificar o ponto no qual se estabiliza a transmissão de informações, pois foi testado que a partir de 30 dias à frente os resultados variam pouco. Para o caso de janelas móveis, seguir-se-á o mesmo processo de identificação. Primeiro será realizado o teste ADF, depois, se precisar, o teste de Johansen e a seleção do número de defasagens através do critério de Schwartz. Os horizontes de previsão serão os mesmos que os usados na análise da amostra inteira com o objetivo de poder comparar os resultados, um (1), cinco (5), dez (10) e trinta (30) dias à frente.

#### 4.3 Medidas de conectividade - Análise de amostra inteira

Em primeiro lugar, foi realizada uma análise com a amostra inteira, ou seja, usando a série dos preços em reais completa, com 3768 observações, foram calculados, Tabela 9, os índices de conectividade ou *spillover* entre as séries de preços dos mercados estudados.

Tabela 9 - Análise de amostra inteira: Índices *spillover* total e direcionais entre os mercados de milho com um horizonte de 1 e 5 dias à frente.

Horizonte de um (1)  
dia à frente

**PAINEL A**

i	j						
	CAS	CHA	RIV	SOR	CAM	FBR	Direcional de outros
<b>CAS</b>	<u>84,96</u>	3,59	1,23	1,12	5,06	4,03	15,04
<b>CHA</b>	5,42	<u>90,65</u>	0,69	0,23	1,73	1,28	9,35
<b>RIV</b>	1,95	1,28	<u>92,32</u>	0,56	3,14	0,75	7,68
<b>SOR</b>	1,65	0,14	0,77	<u>95,43</u>	0,68	1,35	4,57
<b>CAM</b>	5,30	0,98	1,97	0,53	<u>83,32</u>	7,89	16,68
<b>FBR</b>	2,39	0,46	0,12	1,09	9,53	<u>86,42</u>	13,58
<b>Direcional para outros</b>	16,71	6,45	4,77	3,53	20,14	15,30	<b>Total</b>
<b>Direcional líquida</b>	1,67	-2,90	-2,91	-1,04	3,46	1,72	11,15

Horizonte de cinco (5)  
dias à frente

**PAINEL B**

i	j						
	CAS	CHA	RIV	SOR	CAM	FBR	Direcional de outros
<b>CAS</b>	<u>69,03</u>	4,75	2,32	1,60	10,88	11,43	30,97
<b>CHA</b>	17,88	<u>64,03</u>	1,75	0,71	8,41	7,23	35,97
<b>RIV</b>	8,49	2,73	<u>67,26</u>	1,70	13,11	6,73	32,74
<b>SOR</b>	4,87	0,48	1,67	<u>84,40</u>	3,03	5,55	15,60
<b>CAM</b>	12,07	1,82	2,86	1,03	<u>62,32</u>	19,90	37,68
<b>FBR</b>	6,60	1,70	0,43	1,36	15,83	<u>74,09</u>	25,91
<b>Direcional para outros</b>	49,90	11,48	9,02	6,39	51,25	50,84	<b>Total</b>
<b>Direcional líquida</b>	18,93	-24,49	-23,72	-9,21	13,57	24,92	29,81

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Cascavel=CAS, Chapecó=CHA, Rio Verde=RIV, Sorriso=SOR, Campinas=CAM, Mercado de Futuros do Brasil-FBR

Tabela 10 - Análise de amostra inteira: Índices *spillover* total e direcionais entre os mercados de milho com um horizonte de 10 e 30 dias à frente.

Horizonte de dez (10) dias à frente		PAINEL C						
i	j	CAS	CHA	RIV	SOR	CAM	FBR	Direcional de outros
CAS		<u>60,34</u>	4,46	2,45	1,90	12,30	18,55	39,66
CHA		24,46	<u>46,92</u>	1,89	0,96	11,19	14,58	53,08
RIV		12,84	2,66	<u>50,31</u>	2,02	18,00	14,17	49,69
SOR		6,80	0,51	1,80	<u>73,56</u>	5,15	12,18	26,44
CAM		15,43	1,76	2,97	1,23	<u>49,63</u>	28,99	50,37
FBR		9,88	2,49	0,67	1,62	17,10	<u>68,25</u>	31,75
Direcional para outros		69,40	11,89	9,78	7,72	63,74	88,46	<b>Total</b>
Direcional líquida		29,74	-41,19	-39,90	-18,72	13,36	56,71	41,83
Horizonte de trinta (30) dias à frente		PAINEL D						
i	j	CAS	CHA	RIV	SOR	CAM	FBR	Direcional de outros
CAS		<u>44,27</u>	4,19	2,67	3,29	12,40	33,18	55,73
CHA		28,93	<u>24,11</u>	1,59	1,45	12,55	31,37	75,89
RIV		14,03	1,63	<u>25,84</u>	2,67	21,35	34,47	74,16
SOR		10,71	0,47	2,30	<u>51,73</u>	9,67	25,11	48,27
CAM		15,91	2,38	3,43	2,08	<u>32,66</u>	43,54	67,34
FBR		16,37	4,28	1,82	2,78	16,22	<u>58,54</u>	41,46
Direcional para outros		85,95	12,96	11,81	12,28	72,20	167,67	<b>Total</b>
Direcional líquida		30,22	-62,94	-62,35	-35,99	4,85	126,21	60,48

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Cascavel=CAS, Chapecó=CHA, Rio Verde=RIV, Sorriso=SOR, Campinas=CAM, Mercado de Futuros do Brasil-FBR

Para exemplificar os resultados da tabela de conectividade, serão analisados os resultados do Painel C da Tabela 10, pela qual é possível concluir que: um choque estrutural na cidade de Cascavel é responsável por 24,46 % da variância do erro de previsão 10-passos à frente ao prever o preço de Chapecó ou que Cascavel transmite 24,46% de informações a Chapecó com um horizonte de previsão de dez (10) dias à frente, 12,84% a Rio Verde, 6,80% a Sorriso, 15,43 a Campinas e 9,88% ao mercado de

futuros do Brasil. Deve-se destacar que a mesma análise pode ser feita para cada variável pois o valor da conectividade tem direção, assim por exemplo Chapecó transmite 4,46% de informações a Cascavel com um horizonte de previsão de dez (10) dias à frente.

Analisando a soma das colunas pode-se dizer que Cascavel transmite 69,40% de informações com um horizonte de previsão de dez (10) dias à frente às outras cidades, Chapecó 11,89%, Rio Verde 9,78%, Sorriso 7,72%, Campinas 63,74% e o mercado de futuros do Brasil 88,46%. Analogamente, analisando agora a soma das linhas, pode dizer que Cascavel recebe 39,66% de informações das outras cidades com um horizonte de previsão de 10 dias à frente, Chapecó recebe uma contribuição de 53,08%, Rio Verde de 49,69%, Sorriso de 26,44%, Campinas 50,37% e o mercado de futuros do Brasil recebe uma contribuição 31,75% das outras cidades. Por último, analisando o valor da conectividade total, pode-se dizer que pelo menos 41,83% da variância do erro de previsão vem do *spillover index* ou da conectividade total do sistema.

Por outro lado comparando os valores obtidos nos diferentes períodos de previsão, é possível ver que vários padrões sugerem tanto nos valores da conectividade total como nos valores da conectividade direcional, principalmente pode-se dizer que quanto maior o horizonte de previsão, maior a quantidade de informações transmitidas pelo sistema, assim o valor da conectividade total com um horizonte de previsão de um (1) dia é de 11,15%, aumentando a 29,81% em um horizonte de cinco (5) dias à frente, a 41,83% em um horizonte de dez (10) dias à frente e se estabilizando e, 60,48% em um horizonte de trinta (30) dias à frente. O qual sugere que após a aparição de um choque numa das variáveis a informação flui rapidamente, especialmente em períodos maiores a uma semana e se estabiliza após 30 dias.

Comparando agora a conectividade direcional para outros, pode-se notar que o mercado de Cascavel e o mercado de futuros do Brasil, são os maiores transmissores de informação nos períodos de previsão de 10 e 30 dias à frente seguido de perto de Campinas. Esses resultados foram também encontrados por Raniro (2018) quem usando metodologias e medidas de descoberta de preços, e estudando as mesmas cidades, exceto Campinas, encontrou que o mercado de futuros e a cidade de Cascavel são a referência no processo de descoberta de preços no Brasil.

No caso do horizonte de previsão de um dia, Campinas é o maior transmissor de informação seguido de Cascavel, superando o mercado de futuros do Brasil, podendo-se observar que o mercado de futuros do Brasil demora até cinco dias em transmitir informações significativamente, um resultado semelhante foi deparado por Alves *et al.* (2011), que encontrou que os mercados físicos de Rio Verde, Paranaguá, Campinas e Sorriso têm impacto no mínimo de dois dias após as variações de preços do mercado de futuros do Brasil. Igualmente, pode-se evidenciar que o mercado de Sorriso é o mercado que menos informações transfere para os outros mercados nos horizontes de previsão de 1, 5 e 10 dias.

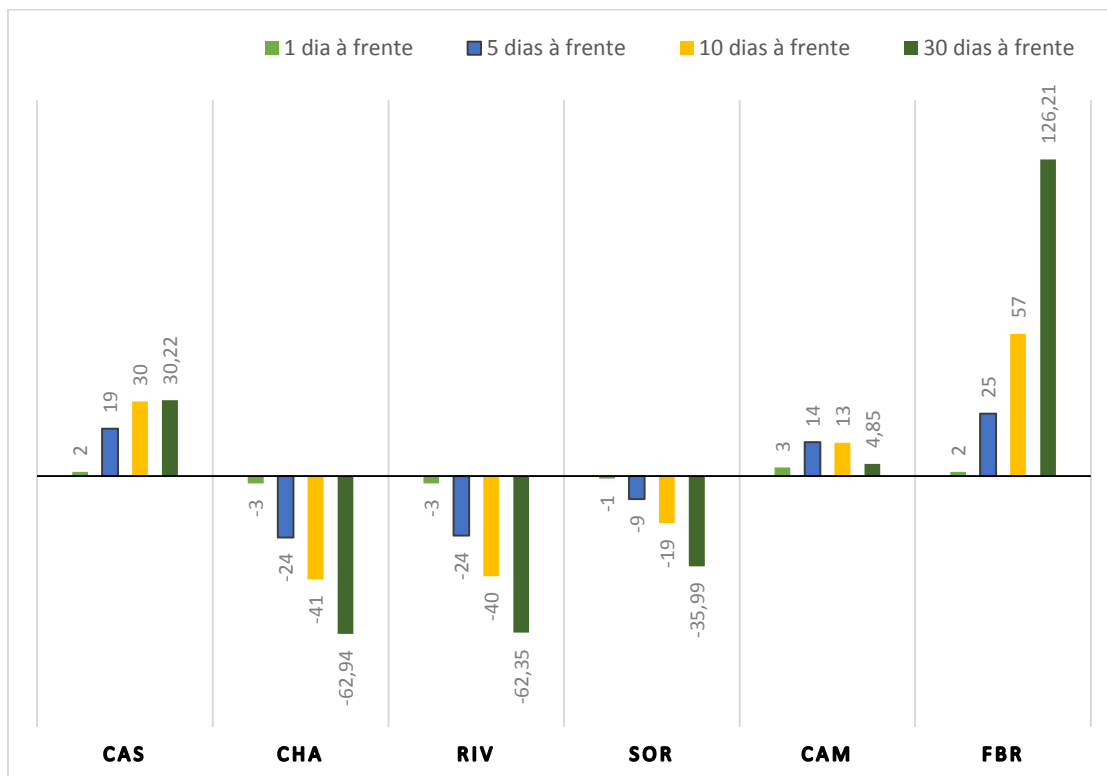
Sob o mesmo ponto de vista, analisando agora a coluna de conectividade (direcional de outros), evidencia-se que Sorriso e o mercado de futuros são os que recebem menor quantidade de informação nos horizontes de previsão de 5, 10 e 30 dias, porém no caso do mercado de futuros a queda da recepção de informação é mais rápida que no caso do mercado de Sorriso, pois com um horizonte de previsão de um dia é o terceiro mercado que mais informação recebe, mas quando o horizonte de previsão muda para cinco (5) ou dez (10) se torna o penúltimo mercado que recebe informação. Entre outros fatos importantes têm-se que não foi encontrado nenhum mercado no qual a conectividade (Direcional de outros) seja menor com horizontes de previsão maiores, o que sugere que os choques nestes mercados são cada vez mais importantes em horizontes de previsão maiores.

Outro fato interessante é que o valor da conectividade de uma variável para si mesma cai consideravelmente com o aumento do período de previsão. Esse resultado era de se esperar, pois com horizontes de previsão maiores, as variáveis deixam de depender apenas de mudanças no próprio mercado e passam a ter relação, recebendo e transmitindo informações, aos outros mercados.

Ainda, é necessário analisar os valores da conectividade líquida pois aqueles valores ajudam a compreender a contribuição de cada mercado no processo geral de descoberta e formação dos preços no mercado de milho. Para isso, mostra-se na Figura 20 os valores da conectividade líquida dos seis mercados nos quatro horizontes de previsão um (1), cinco (5), dez (10) e trinta (30) dias.



Figura 20 – Análise de amostra inteira: Valores da conectividade líquida dos mercados de milho com um horizonte de 1, 5, 10 e 30 dias à frente



Fonte: Resultados da pesquisa.

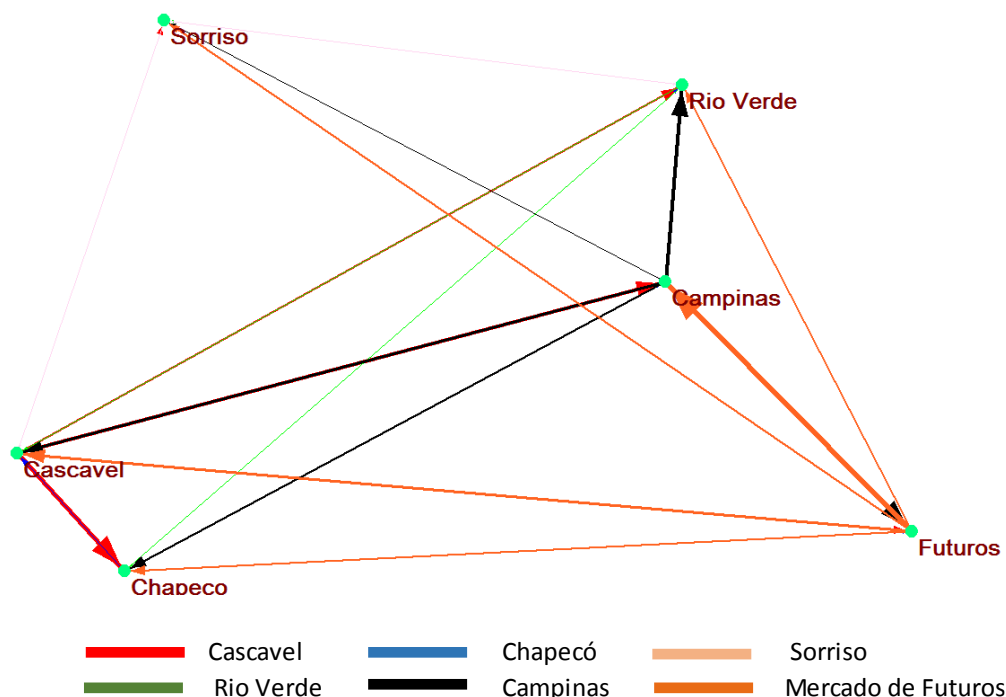
A Figura 20 reflete o comportamento dos mercados como transmissores ou receptores líquidos de informações, em termos mais específicos os mercados físicos de Cascavel e Campinas e o mercado de futuros são os que transmitem mais informação da que recebem em todos os horizontes de previsão, enquanto que os mercados de Chapecó, Rio Verde, Sorriso recebem mais informação da que transmitem. Nenhum dos mercados muda o sinal da conectividade líquida, porém o crescimento da conectividade líquida no mercado de futuros com horizontes de previsão maiores é mais significativo do que nos outros mercados, pois como já dito, esse mercado demora mais tempo do que os outros mercados em transmitir informações.

Outro fato importante a se destacar decorre da análise da conectividade direcional por pares nos mercados físicos, pois é possível confirmar que os preços em um determinado mercado físico são mais afetados ou recebem mais informações dos mercados mais próximos, o qual é uma hipótese antiga na literatura de convergência de preços (OLSEN, MJELDE e BESSLER, 2015). É assim que levando em conta a Tabela 4, na qual se mostra a distância entre as cidades estudadas, sabe-se que Cascavel está mais

próximo de Chapecó, e verifica-se que Cascavel transmite mais informações para Chapecó do que para as outras cidades e Chapecó transmite mais informações para Cascavel do que para as outras cidades em todos os períodos de previsão. Do mesmo modo, o preço de Rio Verde é mais afetado por Campinas do que pelas outras cidades e o preço de Campinas é mais afetado por Rio Verde. Por último o mercado de Sorriso que é o que tem a menor participação no processo de formação de preços, também transmite mais informação para os mercados que ficam mais próximo dele que são Rio Verde e Cascavel.

Para visualizar melhor, tanto o maior valor da conectividade em horizontes de previsão maiores quanto a maior transmissão de preços entre cidades mais próximas, nas Figura 21 e Figura 22 mostra-se as relações de rede entre os índices *spillover* que as variáveis transmitem às outras cidades no período de 5 e 10 dias à frente. Especificamente, cada uma das setas representa o valor da conectividade direcional “para outras cidades” da Tabela 5 e 6. Os Mapas de rede de períodos de previsão de 1 e 5 dias são apresentados no Anexo.

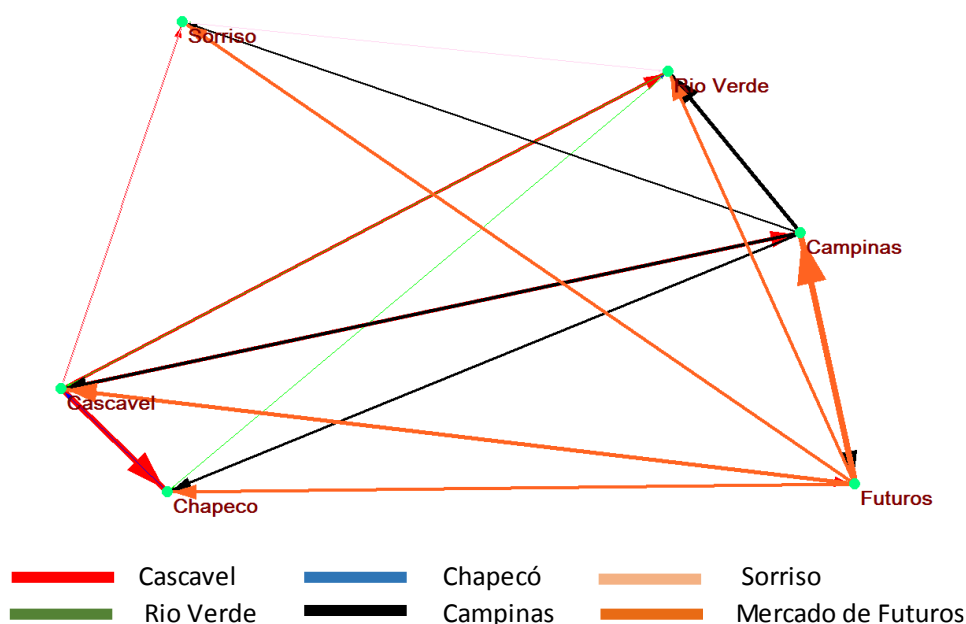
Figura 21 – Mapa de rede do valor da conectividade “para outras cidades” com um horizonte de previsão de cinco (5) passos à frente



Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: O software usado foi o *Pajek*

Figura 22 – Mapa de rede do valor da conectividade “para outras” com um horizonte de previsão de dez (10) dias à frente



Fonte:

Resultados da pesquisa.

Notas: O software usado foi o *Pajek*

Semelhantemente, considerando a conectividade direcional por pares incluindo o mercado de futuros do Brasil, os resultados apresentados nas Figuras 21 e 22 sugerem que existe uma causalidade bidirecional entre os retornos do mercado à vista e de futuros de acordo com a teoria financeira de mercados futuros (HULL, 2009), pois o mercado de futuros do Brasil recebe informações dos mercados físicos e os mercados físicos recebem informações do mercado de futuros.

Por último se verifica que os mercados estão bem integrados, tanto no longo prazo, pois existem relações de cointegração, quanto no curto prazo pois o valor da conectividade total em todos os horizontes de previsão um (1), cinco (5), dez (10) e trinta (30) dias à frente são significativos.

#### 4.4 Medidas de conectividades que variam no tempo

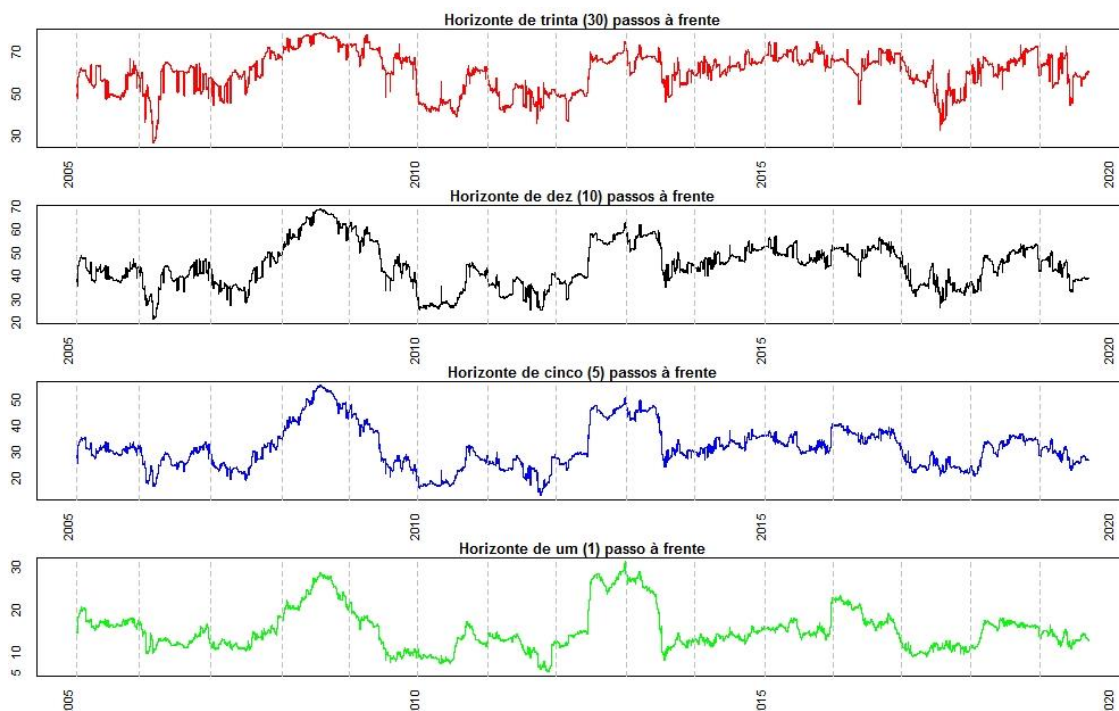
Grandes mudanças ocorreram no mercado de milho brasileiro e mundial nas últimas décadas, mesmo no período de estudo do presente trabalho 2004 – 2019, diante dessas mudanças uma hipótese razoável é que o nível de conectividade do mercado não é o mesmo em todo o período estudado. É assim que uma vez analisados os parâmetros fixos da conectividade, se usará uma abordagem de janelas móveis - *rolling window* com o

objetivo de não perder informação importante e dar uma maior dinâmica ao modelo. Ademais o uso de janelas móveis além de contabilizar mudanças bruscas e repentinas, igualmente à abordagem convencional, que impõe uma quebra estrutural discreta nos dados, ajuda a capturar desenvolvimentos progressivos e de evolução lenta como avanços tecnológicos, mudanças nas preferências do consumidor entre outros (SCARCIOFFOLO e ETIENNE, 2018).

A ideia geral do uso de janelas móveis é pegar intervalos de dados, por exemplo, considerando uma janela de um ano (252 dias) se terá a primeira janela formada com os dados desde a primeira observação até a observação 252, a segunda janela estará formada pelos dados desde a segunda observação até a observação 253 e assim sucessivamente, até cobrir toda a série. Para cada janela serão feitos os mesmos testes feitos para a série toda, depois será escolhido o melhor modelo. Posteriormente será feita a decomposição da variância do erro de previsão e por último será calculado a conectividade ou *spillover index*, se terão 3516 conjuntos de índices de conectividade (para outras, de outras, por pares e total). Como uma prova de robustez e continuando com a análise feita para a série toda se usará a decomposição da variância para um (1), cinco (5), dez (10) e trinta (30) dias à frente.

A Figura 23 mostra a variação da conectividade no tempo para um (1), cinco (5), dez (10) e trinta (30) dias de previsão para a data final de cada janela, ou seja, da última observação da janela estimada. Principalmente pode-se dizer que os resultados da análise dinâmica corroboram o encontrado na análise da série toda (1) quanto maior o horizonte de previsão, maior a quantidade de informações transmitidas pelo sistema; (2) os mercados estão conectados em níveis consideráveis, especialmente em horizontes de previsão maiores; (3) os níveis de conectividade total, ou seja os índices *spillover* no mercado de milho estão variando entre 10% e 60%, sendo assim significativos.

Figura 23 – Análise com janelas móveis: Evolução da conectividade total entre os mercados de milho com um horizonte de previsão de 1, 5, 10 e 30 dias à frente



Fonte: Resultados da pesquisa.

Claramente pode-se verificar que os níveis de conectividade ou integração não foram constantes ao longo do período de análise. Três picos se destacam nos índices de conectividade total o primeiro em meados do ano 2008, o segundo em meados do ano 2012 e o último em meados do ano 2017. Assim, para a análise nesta seção, serão considerados três períodos, o primeiro é desde o ano 2005 até o ano 2009, o segundo desde o ano 2010 até o ano 2014 e o último desde o ano 2015 até o ano 2019.

O primeiro período começa com uma variação relativamente estável da conectividade, com quedas e aumentos mas sem distorções fortes, analisando as Figuras 1, 4 e 19, pode-se ver que nesse período os preços, as quantidades produzidas e exportadas do milho também têm mudanças estáveis sem distorções atípicas, tudo isso até meados do ano 2007, onde mostra-se uma tendência claramente crescente nos níveis de conectividade até atingir o maior valor de todo o período estudado, esse aumento coincide com a crise financeira mundial de 2007/2008<sup>16</sup>, a qual teve efeitos no Brasil pois existiram canais de transmissão da crise internacional para a economia brasileira. Para Chernavsky

<sup>16</sup> Foi uma crise financeira que começou nos Estados Unidos e que atingiu proporções importantes na chamada economia real mundial e muitas vezes comparada com a Grande Depressão de 1929.

(2011), a desvalorização cambial do real frente ao dólar, a deterioração dos termos de troca nas exportações, e a imposição de perdas significativas a um conjunto de empresas que vinham especulando com derivativos foram os principais canais, os quais certamente afetaram o mercado de milho e o valor da conectividade entre os mercados. Outra tendência mundial no mercado de *commodities*, foi o denominado período pós-crise, a partir do segundo trimestre do ano 2009, onde se tem uma queda mundial nos preços das *commodities* de entre 27% e 45%, no Brasil o preço do milho caiu consideravelmente, (GONÇALVES, 2017). Nesse período pode-se ver que os níveis de conectividade baixaram e voltaram aos níveis anteriores à crise, evidenciando que a conectividade é sensível à variação nos preços.

No segundo período analisado, desde o ano 2012 até o ano 2014, pode-se evidenciar um aumento da conectividade após uma certa estabilização do período pós-crise, atingindo um pico em meados do ano 2012-2013, nesse ano ocorreram vários acontecimentos no Brasil que podem ter afetado essas relações no mercado de milho. Primeiramente foram adotadas as políticas conhecidas como Nova Matriz Econômica – MNE as quais englobavam a redução da taxa de juros básica, controle de preços, investimentos direcionados e subsídios, o que tem um efeito direto na produtividade da economia brasileira (HOLANDA, 2017). Assim, também a observação da Figura 6 mostra que a produção atingiu uma cifra nunca antes vista da produção de milho, aumentado em 30% a sua produção em relação ao ano 2011. Foi a primeira vez desde 1976 em que a região Centro-Oeste superou a produção de milho da região norte, maior produtora de milho até esse momento, mudando assim a dinâmica na produção de milho até agora. Além disso, existiu um aumento nas quantidades exportadas de milho por parte do Brasil; ambos os fatos se devem a que o milho safrinha começou a ter uma maior relevância na produção e principalmente nas exportações. Em suma deve-se enfatizar que a diferença do primeiro período analisado para o segundo período foi que não existiu uma variação significativa nos preços, eles se mantiveram relativamente estáveis, existiu oscilações mas sem picos significativos, o qual sugere que a conectividade é sensível não apenas às variações dos preços mas também às mudanças econômicas e produtivas no mercado de milho.

No último período considerado a partir do ano 2015 até o ano 2019, pode-se evidenciar uma certa estabilidade da conectividade até meados do ano 2016 ano que se

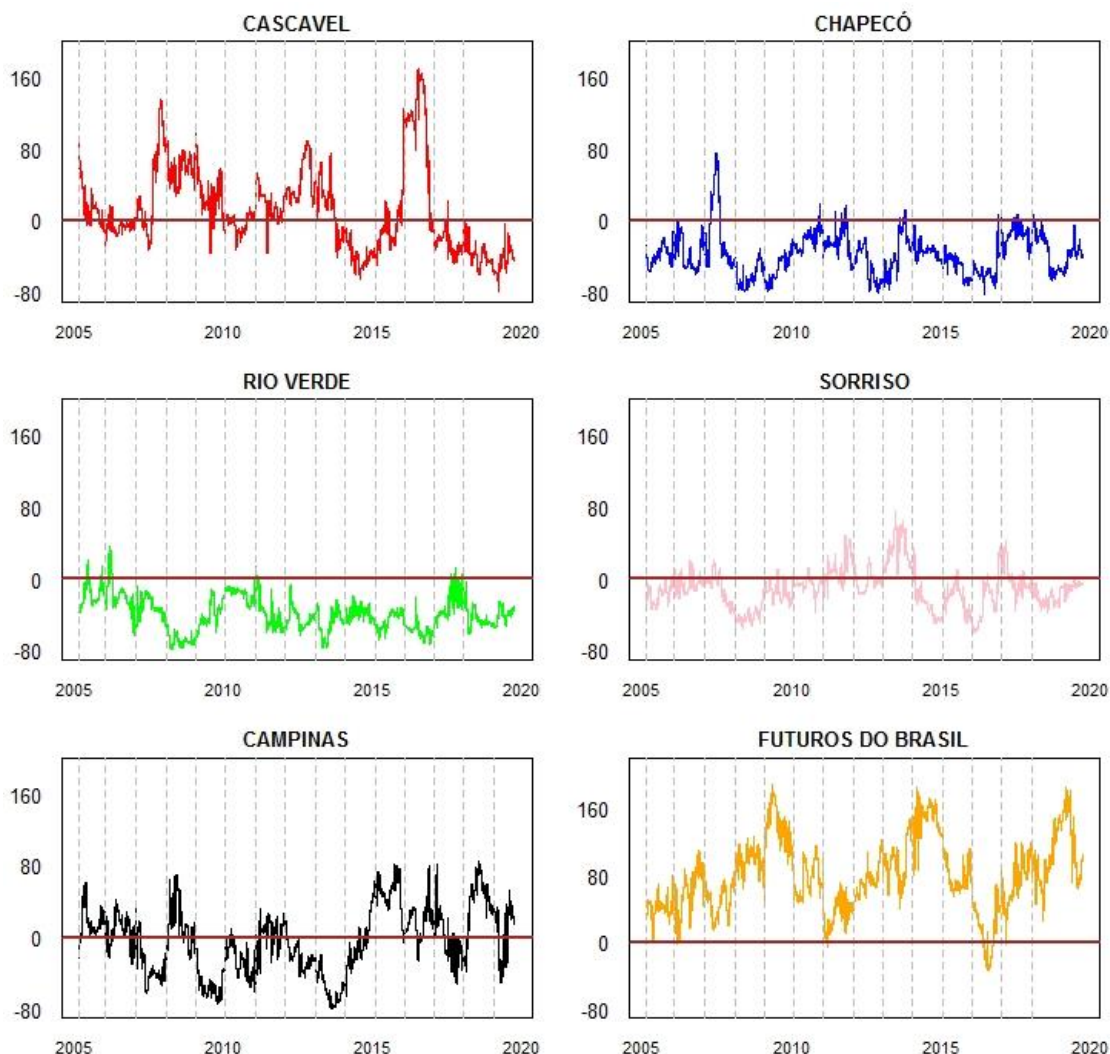
tem um pico interessante que coincide com acontecimentos importante no Brasil como: (1) aumento dos preços em todos os mercados estudados, atingindo o maior valor do período analisado; (2) aumento significativo da produtividade e da produção. É importante considerar que esse período teve certa instabilidade no âmbito político-econômico no Brasil, pois existiu uma queda significativa do PIB de 3,6% e a destituição da ex-presidenta Dilma Rousseff. Após uma estabilização em meados do ano 2017, novamente se tem uma queda nos preços de milho, mas um aumento na produção, principalmente da segunda safra produzida pela região centro-oeste, e nas exportações de milho, nesse período se evidencia uma volatilidade elevada na conectividade pois se evidencia que existiram quedas e recuperações dos valores.

Por último, é importante enfatizar que se cumprem as hipóteses feitas por Diebold e Yilmaz (2015), que argumentam que durante os períodos de crise a conectividade aumenta e que a metodologia de conectividade, permite descobrir padrões e ciclos na evolução da integração dos mercados.

#### **4.5 Análise dos resultados com janelas moveis por série**

Adicionalmente, com o objetivo de analisar o papel de cada mercado no processo de descoberta de preços ao longo do tempo, a Figura 24 ilustra o comportamento da conectividade líquida para um horizonte de previsão de dez (10) dias à frente em cada janela. Foi escolhido esse período pois os valores da conectividade foram maiores do que nos outros períodos, sem considerar o horizonte de trinta dias à frente que foi considerado principalmente para verificar a estabilidade do modelo. Em geral, pode-se perceber que os valores da conectividade não foram fixos, eles variaram consideravelmente, assim todos os mercados foram tanto transmissores quanto receptores de informações líquidas ao longo do período estudado, o que é compatível com os trabalhos citados na metodologia, que usaram a metodologia de conectividade com janelas móveis. Além disso, os resultados se mostram consistentes com os resultados encontrados na análise do período todo, pois os mercados de Cascavel, Campinas e de futuros do Brasil se mostram como os mais ativos do sistema, transmitindo e recebendo relativamente mais informações do que os outros mercados.

Figura 24 – Evolução da conectividade líquida com um horizonte de previsão de 10 dias à frente



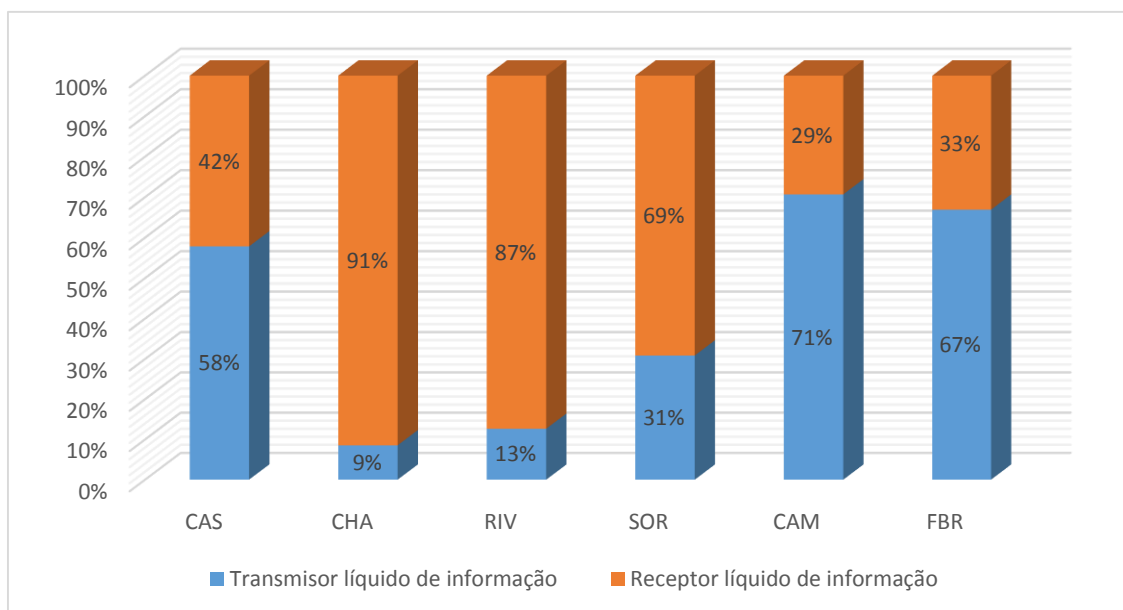
Fonte: Resultados da pesquisa.

Analisando isoladamente a cidade de Cascavel, no Gráficos 21 pode-se perceber que até meados do ano 2007 não tinha um papel tão transcendente no processo de descoberta de preços, mas depois desse ano, que coincide com o período de crise mundial que afetou também ao Brasil, se tornou um importante transmissor de informações, voltando aos seus níveis anteriores em meados do ano 2009 e daí para frente mostrando-se altamente volátil, mudando-se de transmissor líquido a receptor líquido de informações e vice-versa no restante do período. Como se pode verificar na Figura 25, não existe uma diferença significativa no número de períodos nos quais foi transmissor líquido ou receptor líquido de informações. Além disso, na Figura 26, é apresentado um histograma dos valores da conectividade líquida em cada uma das janelas para a cidade de Cascavel



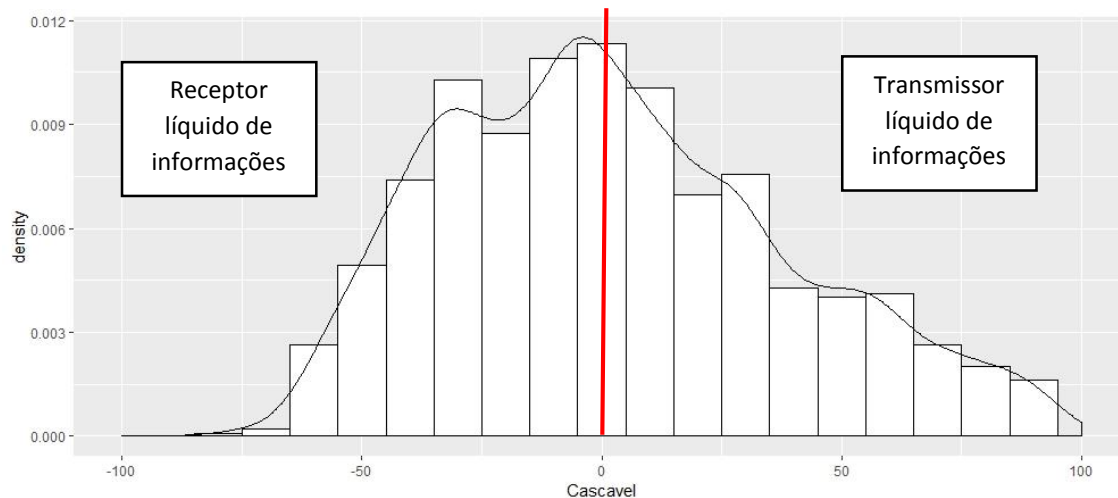
com uma separação de 10 unidades, mostra-se que os valores da conectividade líquida estão em torno de zero e que não existe uma dispersão muito grande dos resultados obtidos. Mesmo assim o mercado de Cascavel mostra-se como o mercado físico mais ativo, transmitindo/recebendo grandes quantidades de informação o que pode-se relacionar com que: (1) é o maior produtor da região sul e sua produção é de milho de safra, a qual é basicamente alocada para o consumo doméstico; isso faz com que Cascavel passe a exercer uma maior influência em outros mercados físicos do Brasil; (2) O mercado de Cascavel está localizado próximo a Chapecó que é uma importante cidade consumidora de milho; (3) Além disso está próxima de pontos de saída como Santos e Paranaguá.

Figura 25 – Percentagem de períodos nos quais o mercado foi receptor ou transmissor líquido de informação



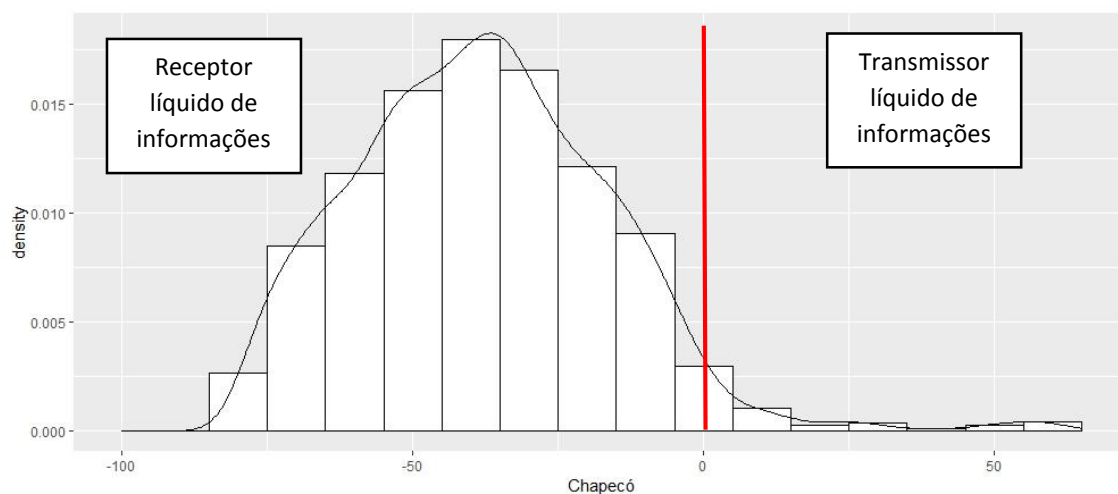
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 26 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Cascavel em todas as janelas



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 27 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Chapecó em todas as janelas

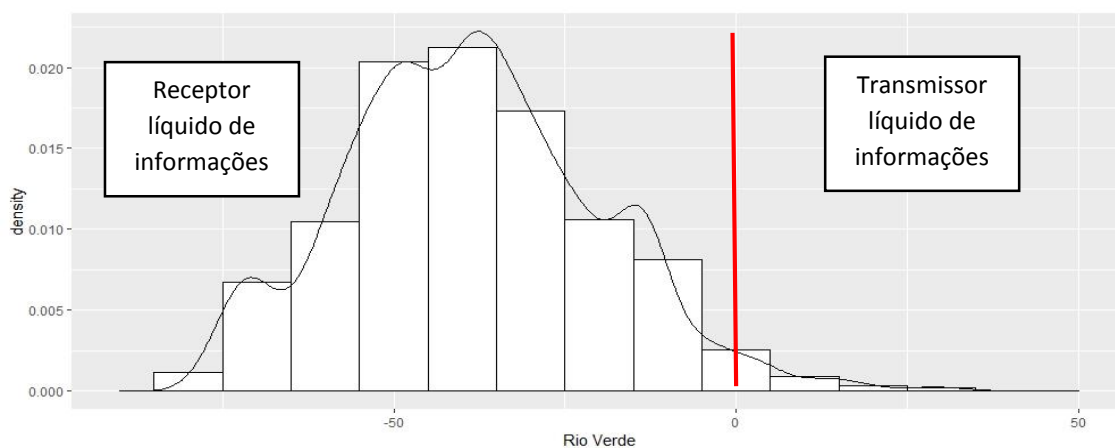


Fonte: Resultados da pesquisa.

No caso de Chapecó e Rio Verde os resultados são semelhantes entre eles, na maior parte do período são receptores líquidos de informações, tendo relativos períodos de estabilidade durante os períodos de 2007 até 2010, e de 2012 até 2014, além disso como se pode ver na Figura 27 e 28 os valores da conectividade líquida estão concentrados em torno a -45, o que mostra a magnitude da quantidade de informação recebida pelas duas cidades isso pode-se dever a que são cidades com grandes indústrias do ramo alimentício portanto são importantes cidades consumidoras de milho.

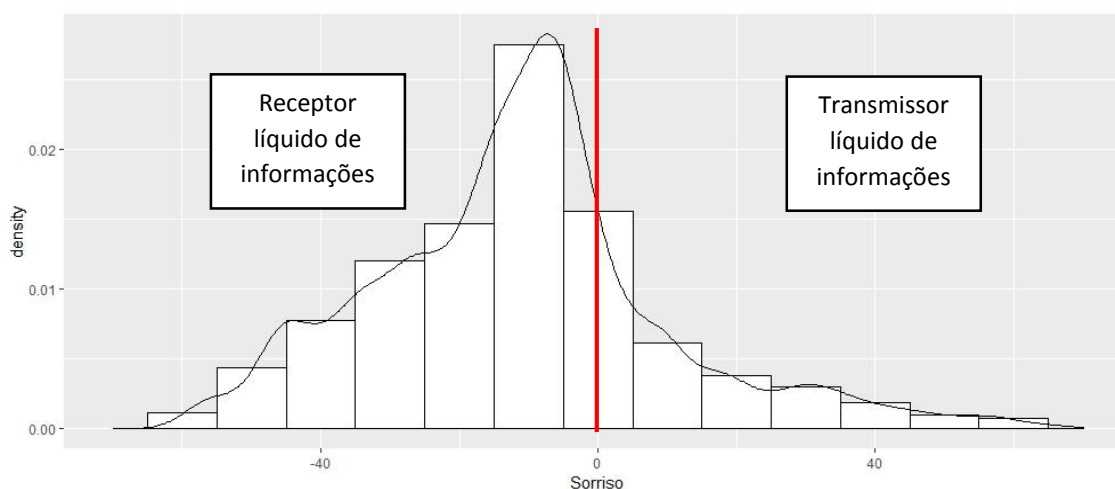
No caso de Sorriso percebe-se que têm uma participação pequena na formação de preços, mesmo sendo um importante produtor, o qual pode ser explicado pela sua produção ser mais para exportação do que para consumo interno e portanto não participa de forma ativa na formação de preços no Brasil. Porém é importante enfatizar que a partir do ano 2011 muda a sua tendência, passando de um receptor líquido de informações a ser um transmissor líquido de informações (Figura 24), pelo menos até o ano 2014. Porém como se evidencia na Figura 25, isso não é suficiente para mudar a característica de receptor líquido de informação.

Figura 28 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Rio Verde em todas as janelas



Fonte: Resultados da pesquisa.

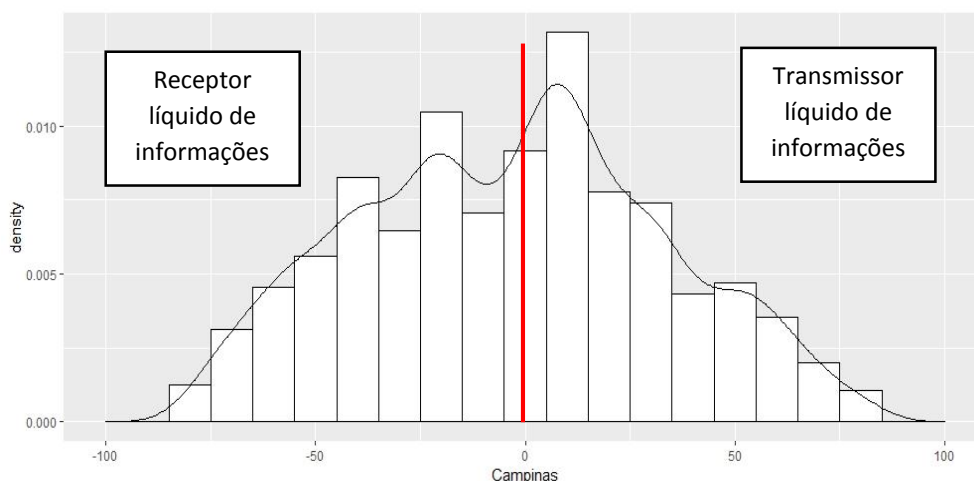
Figura 29 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Sorriso em todas as janelas



Fonte: Resultados da pesquisa.

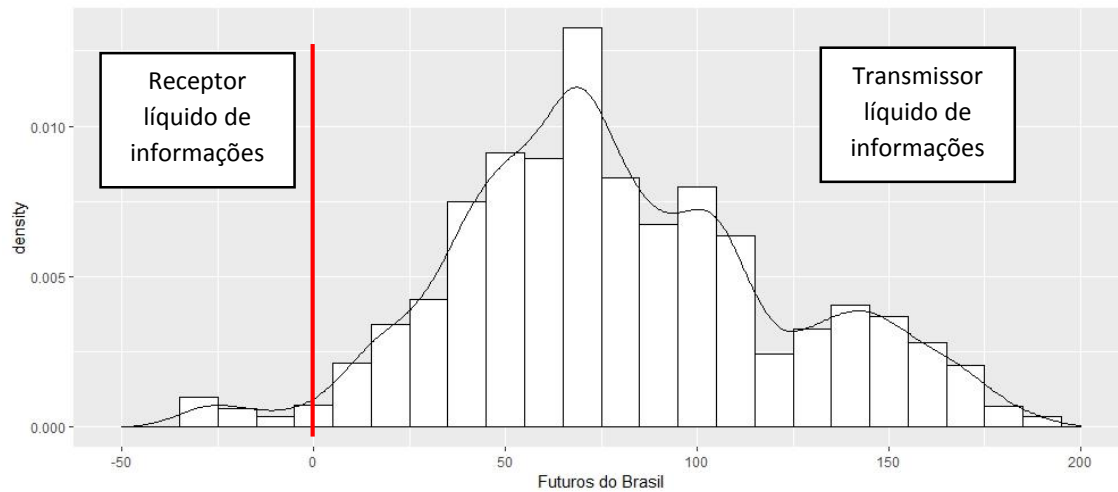
O mercado de Campinas no início do período até meados do ano 2007 apresenta uma tendência relativamente estável, a partir desse ano sofre aumentos e quedas permanentes, porém se mostra como um receptor líquido de informações na maior parte do período analisado, apenas no período entre 2015 e 2017 se percebe várias mudanças de receptor líquido de informação a transmissor líquido de informação. Na Figura 25 pode-se evidenciar que é um transmissor líquido de informação, pois em 71% das janelas o valor da conectividade líquida é maior do que zero, além disso na Figura 30, pode-se evidenciar o elevado grau interação com os outros mercados, o qual pode-se dever a que Campinas é a base para uma referência importante no mercado de milho como o é o indicador ESALQ/BM&FBovespa que é utilizado na liquidação financeira de contratos futuros negociados na Brasil Bolsa Balcão - B3.

Figura 30 – Histograma dos valores da conectividade líquida da cidade de Campinas em todas as janelas



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 31 – Histograma dos valores da conectividade líquida do mercado de Futuros do Brasil em todas as janelas com um período de previsão de 10 dias à frente



Fonte: Resultados da pesquisa.

Por último analisando o mercado de futuros do Brasil pode-se perceber (Figuras 24 e 31) que tem uma tendência relativamente estável como transmissor líquido de informações no período pré-crise, antes do ano 2008, já no período 2008-2010 e 2014-2016 tem um importante aumento na quantidade de informações transmitidas, o que coincide com os picos da conectividade total analisados previamente, demonstrando que o mercado de futuros é relevante no mercado de milho e no processo de formação de preços. Na Figura 31, pode-se evidenciar o elevado grau de dispersão dos valores da conectividade líquida pois existem vários resultados que estão distantes dos outros valores, isso pode ser explicado pois o mercado de futuros apresenta maior facilidade na negociação fazendo com que receba/transmita com maior facilidade as variações dos preços.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado de milho brasileiro e mundial tem mudado muito nos últimos anos, tanto nos preços e quantidades produzidas quanto nas relações e interações entre os distintos mercados. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar as interações entre os preços do mercado de milho no Brasil. De forma detalhada, procurou-se compreender a dinâmica na formação e transmissão dos preços entre os mercados físicos de Cascavel-PR, Chapecó-SC, Rio Verde-GO, Campinas-SP e Sorriso-MT e os preços de fechamento de contratos futuros de milho negociados no Brasil Bolsa Balcão - [B]3 usando a metodologia de conectividade, tanto de forma estática, com a série de dados inteira, quanto de forma dinâmica através do uso de janelas móveis. É importante enfatizar que, uma das contribuições do presente trabalho é que para cada janela foi escolhido o modelo mais apropriado, quer dizer que foram feitos todos os testes de identificação do modelo (o teste de raiz unitária, de cointegração de Johansen e com esses resultados foi escolhido o modelo VAR ou VECM, depois foi feita a decomposição da variância do erro de previsão e por último a estimação do índice *spillover*) em cada uma das 3516 janelas, sendo que em outros estudos, usando medidas de conectividade, usam um modelo específico para todas as janelas.

Entre os resultados da primeira etapa, trabalhando com a série toda, verificou-se que as medidas de conectividade aumentam com o período de previsão e que os mercados físicos são mais afetados ou recebem mais informações dos mercados mais próximos. Também foi observado que o mercado de futuros do Brasil é o mercado que mais transmite informações para os outros mercados, porém demora até 5 dias em transmitir informações significativas, essa constatação deve-se a à natureza dos contratos futuros que tem relativa facilidade na resposta no caso de qualquer mudança nos preços, pois tem baixo custo de negociação. O mercado de Campinas e de futuros são os mercados que mais transmite informação para os outros mercados. Similarmente Sorriso tem o nível mais baixo de conectividade devido a que a sua produção é basicamente dedicada à exportação influenciando pouco no mercado doméstico.

Entre os resultados da segunda etapa, trabalhando com janelas móveis de 252 dias, pode-se verificar que os níveis de conectividade ou integração não foram constantes ao longo do período de análise, eles variaram muito com picos que coincidem com períodos de importantes acontecimentos econômicos, como a crise do ano 2007/2008 ou a

aplicação das políticas da Nova Matriz Econômica – MNE no Brasil entre outros. Isso sugere que a conectividade é sensível não apenas às variações dos preços, mas também às mudanças econômicas, políticas e produtivas no mercado, além disso sugere que a metodologia permite descobrir padrões e ciclos na evolução da integração dos mercados. Outro fato relevante a se destacar é que todos os mercados foram transmissores ou receptores líquidos em algum período de tempo, porém o mercado de Cascavel, Campinas e o mercado de futuros são os mercados mais ativos durante todo o período. Além disso, constatou-se que a conectividade está crescendo nestes últimos anos, sugerindo que os mercados estão ficando mais conectados.

Com os resultados obtidos na primeira e na segunda etapa, pode-se confirmar a hipótese de que os mercados físicos e o mercado de futuros de milho do Brasil estão integrados no longo e no curto prazo. Deve-se destacar que esses resultados, podem ser usados por diversos agentes econômicos produtores e consumidores de milho, o setor público, os arbitradores e os *Hedgers*. Por exemplo, já que agora se sabe que o mercado de Campinas é o maior transmissor líquido de informações entre os mercados físicos, se o governo identificar uma variação no preço de Campinas, e não desejar que o mercado de milho em outra região sofra essas alterações, pode interferir nesse mercado e assim conseguir manter um preço estável nos outros mercados.

Por último, deve-se enfatizar que o presente trabalho foi um primeiro passo na análise da conectividade dos mercados de milho brasileiro. Assim para complementar a análise realizada neste trabalho recomenda-se em estudos futuros a inclusão de novos mercados físicos e de futuros e não apenas do Brasil, mas também de países como Argentina e os Estados Unidos.

## 6 REFERÊNCIAS

- ADRIAN, T.; BRUNNERMEIER, M. CoVaR. **NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH**, Cambridge, n. 17454, p. 45, Outubro 2011.
- ALLEN, E.; VALDES, C. Brazil's Corn Industry and the Effect on the Seasonal Pattern of U.S. Corn Exports. **Economic Research Service/USDA**, Washington, v. AES-93, p. 1-21, June 2016.
- ALVES, L. et al. **RISCO DE BASE E CAUSALIDADE NO MERCADO DE MILHO EM GRÃO NO BRASIL**. Conferência em Gestão de Risco e Comercialização de Commodities. São Paulo: BM&FBovespa. 2011. p. 38.
- ALVES, L.; RAMOS, A.; BARROS, G. **Transmissão de preços no mercado brasileiro de milho: relações entre regiões domésticas e com o mercado externo – jan/2009 a jun/2015**. São Paulo: [s.n.]. mar. 2016. p. 23.
- AMSTALDEN, A. **A produção e comercialização do milho: A influência do custo logístico**. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz". Piracicaba, p. 22. 2013.
- BLOOMBERG L.P. **Terminal de dados históricos**. 2019.
- CALDARELLI, C. **Fatores de influência no preço do milho Brasil**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 153. 2010.
- CALDARELLI, C.; BACCHI, M. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 24, janeiro-abril 2012.
- CÉLERES. **Informativo Céleres**. Céleres. [S.l.], p. 13. 2018.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. CEPEA. **CEPEA**, 2019. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/milho.aspx>>. Acesso em: 2019
- CHAN, K.; CHUNG, P.; JOHNSON, H. Why Option Prices Lag Stock Prices: A. **The Journal of Finance**, v. 48, n. 5, p. 1957-1967, Dezembro 1993. ISSN 0022-1082.
- CHERNAVSKY, E. et al. **Crise financeira global: mudanças estruturais e impactos sobre**. 78-85-7811-093-2. ed. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2011.
- CHIODI, L. **Integração espacial no mercado brasileiro de milho**. Universidad de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz". Piracicaba, p. 190. 2006.



COMEX STAT. **Terminal de dados históricos**. 2019. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/municipio2019>.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Mercado de Valores Mobiliários Brasileiros**. Terceira. ed. Rio de Janeiro: Comissão de Valores Mobiliários, v. I, 2014.

CONAB. **Série Histórica das Safras de Milho**. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília. 2019.

CRUZ, Jr.; DARIO, D.; FRANCO, R.; PEROBELLI, F.; MARTINES, J. THE EFFECT OF BRAZILIAN CORN AND SOYBEAN CROP EXPANSION ON PRICE AND VOLATILITY TRANSMISSION. **Agricultural & Applied Economics Association Annual Meeting**, Boston, p. 1-20, July 2016.

DE-LOSSO, R. **Econometria de Séries Temporais**. Segunda. ed. São Paulo: Cengage, v. I, 2011.

DICKEY, D.; FULLER, W. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, New York, v. 49, n. 4, p. 1057-1072, Julho 1981. ISSN 0012-9682.

DIEBOLD, F.; LIU, L.; YILMAZ, K. Commodity Connectedness. **NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH**, Cambridge, n. 23685, p. 30, Agosto 2017.

DIEBOLD, F.; YILMAZ, K. Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. **International Journal of Forecasting**, v. I, n. 28, p. 57-66, 2012. ISSN 0169-2070.

DIEBOLD, F.; YILMAZ, K. On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. **Journal of Econometrics**, v. 182, n. 182, p. 119-134, 2014. ISSN 0304-4076.

DIEBOLD, F.; YILMAZ, K. **Financial and Macroeconomic Connectedness**. 1. ed. Oxford - New York: Oxford University Press, v. 1, 2015.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**. Quarta. ed. [S.l.]: John Wiley & Sons, INC., v. I, 2014.

ENGLE, R. High dimensional dynamic correlations. In: SHEPHARD, C. **The Methodology and Practice of Econometrics: Papers in Honour of David F. Hendry**. Primeira. ed. Oxford: Oxford University Press, v. I, 2009. Cap. 5, p. 27.

FORTUNA, E. **Mercado Financeiro**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

GONÇALVES, M. **INTEGRAÇÃO DE PREÇOS NO MERCADO BRASILEIRO DE MILHO SOB A PRESENÇA DE CUSTOS DE TRANSAÇÃO NO PERÍODO DE 2009 A 2016**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Goiânia, p. 81. 2017.

GOOGLE MAPS. Google Maps. **Google Maps**, 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1Hkc1EAEmgfPwDXsqFykcrBWOMO-3Z29u&ll=-19.57771672876602%2C-68.75048007574821&z=4>>. Acesso em: 10 Outubro 2019.

GRAZIANO, X. Almanaque do Campo. **Almanaque do Campo**, 2019. ISSN s/n. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/fluxograma%20milho.pdf>>. Acesso em: 10 Outubro 2019.

GUJARATI, D.; PORTER, D. **Econometria Básica**. Quinta. ed. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc., v. I, 2011.

HOLANDA, F. A crise econômica 2014/2017. **ESTUDOS AVANÇADOS**, v. 31 , n. 89, 2017. ISSN 0103-4014/ 1806-9592.

HULL, J. **Fundamentos dos Mercados Futuros e de Opções**. 7. ed. São Paulo: BM&FBOVESPA, v. I, 2009.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Rio de Janeiro, p. 112. 2019. (ISSN 0103-443X).

JIAWEN, L.; QIANG, J. High-frequency volatility connectedness between the US crude oil market and China's agricultural commodity markets. **Energy Economics**, v. 76, p. 424-438, Outubro 2018.

KOLB, R.; OVERDAHL, J. **Understanding Futures Markets**. [S.l.]: Wiley-Blackwell, v. VI, 2006.

KRUGMAN, P.; OBSTFELD, M.; MELITZ, M. **Economia Internacional**. 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

LUTKEPOHL, H.; KRATZIG, M. **APPLIED TIME SERIES ECONOMETRICS**. Primeira. ed. New York: Cambridge University Press, v. I, 2004.

MATTOS, F.; SILVEIRA, R. **The Effects of Brazilian Second (Winter) Corn Crop on Price Seasonality, Basis Behavior and Integration to International Market**. Conference on Applied Commodity The Effects of Brazilian Second (Winter) Corn Crop on Price Seasonality, Basis Behavior and Integration to International Market. St. Louis: NCCC. 2015. p. 32.

OLSEN, K.; MJELDE, J.; BESSLER, D. Price formulation and the law of one price in internationally linked markets: an examination of the natural gas markets in the USA and Canada. **The Annals of Regional Science**, v. 54, p. 117–142, Janeiro 2015. ISSN: 1432-0592.

PFÄFF, B. **Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R**. Primeira. ed. Kronberg im Taunus: Springer Science+Business Media, LLC, v. I, 2008.

RANIRO, L. **DESCOBERTA DE PREÇOS E ESPECULAÇÃO NO MERCADO DE MILHO BRASILEIRO**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Sorocaba-SP, p. 74. 2018. (s/n).

REINHART, C.; ROGOFF, K. Banking Crises: An Equal Opportunity Menace. **Journal of Banking & Finance**, v. 37, n. 14587, p. 4557-4573, 2013. ISSN 0378-4266.

ROBERT, E.; BRYAN, K. Dynamic Equicorrelation. **Journal of Business & Economic Statistics**, p. 212-228, 2012.

SANCHES, A; ZANIN, V.; ALVES L.; JACOMINI, R.; Formação de preços no mercado de milho da Região de Chapecó/SC - Brasil. **Revista Espacios**, v. 37, n. 18, p. 20, maio 2016. ISSN ISSN 0798 1015.

SANTOS, V; PEREIRA, M; BRAGA, M; VIEIRA, W;. Análise do preço do milho nos mercados externo e interno. **Revista de Política Agrícola**, v. XVI, n. 3, p. 9, Jul./Ago./Set. 2007.

SCARCIOFFOLO, A.; ETIENNE, X. How connected are the U.S. regional natural gas markets in the post-deregulation era? Evidence from time-varying connectedness analysis. **Journal of Commodity Markets**, n. 1, p. 1-18, 2018. ISSN 2405-8513.

SILVEIRA, R.; MATTOS, F. PRICE AND VOLATILITY TRANSMISSION IN LIVESTOCK AND GRAIN MARKETS: EXAMINING THE EFFECT OF INCREASING ETHANOL PRODUCTION ACROSS COUNTRIES. **Agricultural & Applied Economics Association and Western Agricultural Economics Association Annual Meeting**, San Francisco, p. 1-19, July 2015.

SOUSA, E.; BRAGA, M.; CUNHA, D. Interdependência dos preços do milho no sul brasileiro. **Revista de Economia**, v. 36, n. 2, p. 71-90, maio/ago 2010.

TAYLOR, S. **Asset Price Dynamics, Volatility, and Prediction**. Primeira. ed. Princeton: Princeton University Press, v. I, 2005.

USDA. USDA. USDA, 2018. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: 01 Fevereiro 2019.

ZIVOT, E.; WANG, J. **Modeling financial time series with S-plus**. Segunda. ed. New York: Springer, v. 1, 2006.

## 7 ANEXO

Figura 1A – Mapa de rede do valor da conectividade “para outras cidades” com um horizonte de previsão de um (1) dia à frente

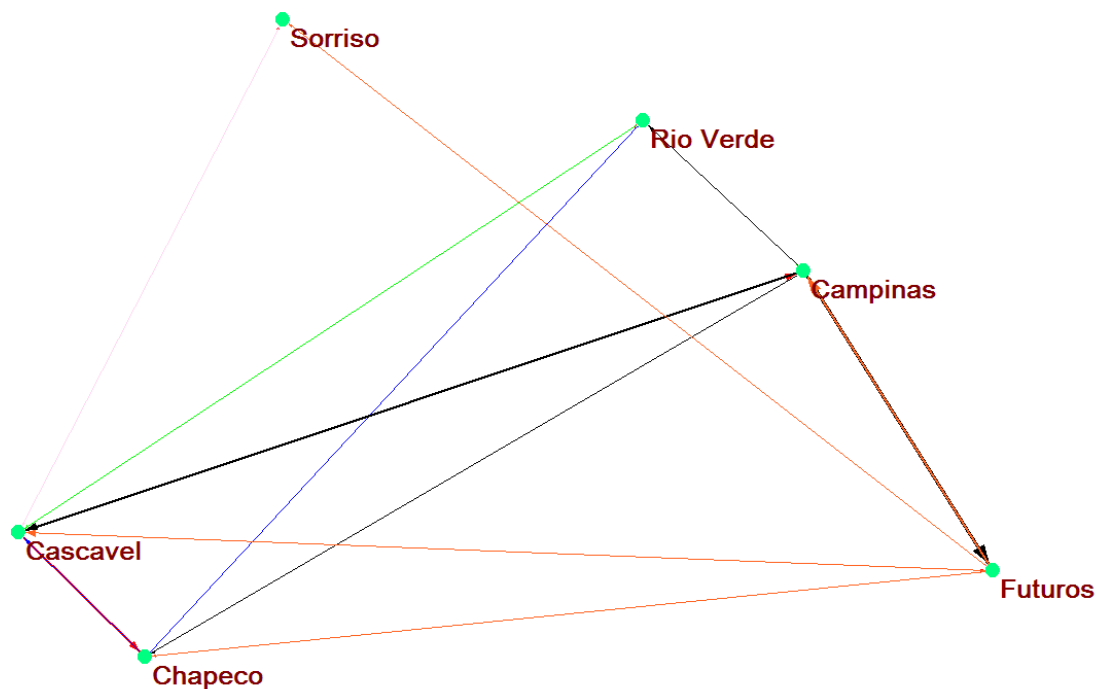


Figura 2A – Mapa de rede do valor da conectividade “para outras cidades” com um horizonte de previsão de 30 (trinta) dias à frente

