

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

FILIPPE HENRIQUE PORTO CARDOSO

**ESCOLHA SOB INCERTEZA, POLÍTICA E DESENVOLVIMENTO:  
UMA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DO TRIGO NA REGIÃO SUL**

Porto Alegre  
2016

FILIPPE HENRIQUE PORTO CARDOSO

**ESCOLHA SOB INCERTEZA, POLÍTICA E DESENVOLVIMENTO:  
UMA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DO TRIGO NA REGIÃO SUL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Orientador: Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim

Porto Alegre  
2016

FILIFE HENRIQUE PORTO CARDOSO

**ESCOLHA SOB INCERTEZA, POLÍTICA E DESENVOLVIMENTO:  
UMA ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DO TRIGO NA REGIÃO SUL**

Relatório final apresentado à Pontifícia  
Universidade Católica do Rio Grande do  
Sul para a obtenção do grau de Mestre em  
Economia do Desenvolvimento.

Porto Alegre, 23 de Março de 2016

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Augusto Mussi Alvim

PUCRS

---

Prof. Dr. Adelar Fochezatto

PUCRS

---

Prof. Dr. Valter Stülp

## RESUMO

Desde os trabalhos clássicos da ciência econômica, Smith e Ricardo, propõem que na atividade agrícola, bem como na forma como cada nação se dedica a ela, se encontram respostas centrais para a compreensão das diferenças de produtividade e renda entre países. Este trabalho objetiva avaliar e comparar as diferentes probabilidades de ocorrência de lucros para produtores de trigo ao longo de quatro Microrregiões no Sul do Brasil, bem como atribuir determinantes para as diferenças na produtividade observada em cada local. A dissertação inicia examinando a literatura sobre o papel da agricultura no desenvolvimento de uma economia, a importância das políticas estatais no processo segundo as escolas desenvolvimentista e austríaca, o uso de ferramentas de análise de riscos por produtores e modelos de quantificação do impacto de inovações tecnológicas sobre a produtividade agrícola. O trabalho traz então duas análises quantitativas: a primeira, simulando cenários com o método de Monte Carlo, mede as diferentes magnitudes dos riscos que os produtores de trigo do Rio Grande do Sul e Paraná têm sobre suas produtividades; a segunda utiliza dados *cross section* do Censo Agropecuário de 2006 para atribuir determinantes para essas diferenças regionais. As regiões apresentam diferenças na produtividade média dos estabelecimentos, embora tenham características geográficas muito semelhantes, fazendo parte da mesma classificação climática. Com essa restrição regional na seleção, retirou-se o efeito de componentes climáticos não observados. A simulação pelo método de Monte Carlo considerou variáveis com diferentes distribuições de probabilidade, baseadas em observações sobre a conjuntura de fatores que as afetam. Os resultados permitem concluir que, diante das condições observadas no período avaliado, a probabilidade de ganhos é maior no Rio Grande do Sul do que no Paraná, em função de preços ao produtor mais altos e menores custos. Ao mesmo tempo, a produtividade, em toneladas colhidas por hectare, é maior no Paraná. A análise *cross section* identifica *proxies* para tecnologia, instrução do produtor, tamanho médio de propriedade e impacto de atividades não agrícolas como determinantes às diferenças de produtividade. As duas primeiras variáveis tiveram o maior impacto produtivo sobre as toneladas colhidas por hectare, enquanto a última apresentou impacto negativo.

Palavras-chave: Agricultura, Tecnologia, Incerteza, Trigo, Produtividade, Estado, Política.

## ABSTRACT

Ever since the classic works in economic science, Smith and Ricardo proposed that in the agricultural activity, as well as in the way each nation embraces it, lie key answers to the understanding of the differences in productivity and income between countries. This research aims to evaluate and compare the different probabilities of gains for wheat producers based over four different micro-regions in Southern Brazil, as well as assessing determinants to disparities in the observed productivity over each area. The research begins examining contributions related to the role of agriculture on the development of an economy, the importance of state policy in the process according to Development and Austrian School economists, the usage of risk analysis tools by producers and models that quantify the impact of technological change over the agricultural productivity. This research then brings two quantitative analyses: the first one by simulating scenarios with Monte Carlo method, measuring the different magnitudes of risks that pose to wheat producers in Rio Grande do Sul and Paraná; the second makes use of cross section data from the Brazilian agricultural census of 2006 to assess determinants to the regional differences in productivity. Both regions present disparities in average farm productivity, even though their geographic characteristics are very close, being part of the same climatic zone. Given that regional constraint on data selection, the effect of unobserved weather-related variables is minimized. The simulation through the Monte Carlo method considered independent variables with differing probability distributions. The results allow us to conclude that the probability of gains is greater in the state of Rio Grande do Sul than in Paraná, in response to higher prices paid to the producer and lower costs. At the same time, productivity measured in tons per hectare is higher in Paraná – albeit with a greater variance as well. The cross section analysis then identifies proxy variables for the use of technology, education of the producer, average property size and the impact of non-agricultural activities as determinants to the productivity differences. The first two variables have had the greater positive impact over tons harvested per hectare, while the latter was shown to have negative impact.

Keywords: Agriculture, Technology, Productivity, Uncertainty, Wheat, State, Policy.

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Maiores produtores e exportadores de trigo em 2013/14, (milhões de toneladas) .....	24
Tabela 2 – Descrição dos dados utilizados nos modelos .....	33
Tabela 3 – Simulações para séries de preços em diferentes probabilidades .....	49
Tabela 4 – Simulações para séries de custos em diferentes probabilidades .....	52
Tabela 5 – Simulações para séries de Produtividades – RS e PR.....	53
Tabela 6 – Resultados das simulações .....	54
Tabela 7 – Resultados do modelo Cross section .....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferenças nos movimentos de preços spot e futuros no tempo.....	23
Figura 2 – Preços do trigo, 1913 a 2013, deflacionado.....	25
Figura 3 – Preço Spot nominal, trigo (US\$/t) .....	26
Figura 4 – Produtividade (t/ha) após filtro de Christiano-Fitzgerald.....	27
Figura 5 – Séries históricas de produtividade filtradas.....	48
Figura 6 – Séries históricas de preços filtradas.....	48
Figura 7 – Distribuições de probabilidades de preços .....	49
Figura 8 – Distribuições de probabilidades de custos variáveis, .....	51
Figura 9 – Distribuições de probabilidades para a produtividade .....	52
Figura 10 – Histogramas das Margens de Contribuição, RS.....	54
Figura 11 – Histogramas das Margens de Contribuição, PR.....	55
Figura 12 – Série temporal de produtividade, simulada x observada.....	57
Figura 13 – Série temporal de produtividade, distribuição cumulativa das simulações ...	57

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 A AGRICULTURA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO.....	12
2.1 O PAPEL DO ESTADO .....	13
2.1.1 Crítica desenvolvimentista .....	15
2.1.2 Crítica liberal .....	17
3 MERCADO, PROGRESSO TÉCNICO E ANÁLISE DE RISCOS .....	21
3.1 OBSERVANDO A EVOLUÇÃO DO MERCADO DE TRIGO .....	23
3.2 MODELOS COM DIFUSÃO E IMPACTO DE PROGRESSO TÉCNICO .....	27
3.3 ANÁLISE DE RISCOS .....	30
4 DADOS E METODOLOGIA .....	33
4.1 CUSTOS VARIÁVEIS E INDICADORES BENEFÍCIO-CUSTO .....	35
4.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO .....	36
4.3 DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE .....	37
4.3.1 Distribuição Weibull .....	38
4.3.2 Distribuição Valor Extremo .....	38
4.3.3 Distribuição Triangular .....	39
4.3.4 Distribuição de Pareto .....	39
4.4 FILTRAGEM DE SÉRIES HISTÓRICAS .....	40
4.5 DADOS CROSS SECTION E REGRESSÃO LINEAR .....	41
4.5.2 Mínimos Quadrados Ordinários .....	42
4.5.3 Mínimos Quadrados Ponderados .....	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
5.1 FILTRAGEM DE SÉRIES HISTÓRICAS .....	47
5.2 SIMULAÇÃO MONTE CARLO .....	48
5.2.1 Simulação de Preços .....	48
5.2.2 Simulação de Custos .....	51



5.2.3 Simulação de Produtividades .....	52
5.2.4 Cálculo dos Indicadores de Benefício-Custo .....	53
5.3 SÉRIE TEMPORAL DE PRODUTIVIDADE PREVISTA .....	57
5.5 RESULTADO DA ANÁLISE CROSS SECTION .....	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	62
REFERÊNCIAS .....	65
LISTA DE ANEXOS .....	70

## 1 INTRODUÇÃO

Países subdesenvolvidos são em geral muito menos produtivos na agricultura do que os países ricos, e alocam uma maior parcela de mão de obra nesse setor. A compreensão dos problemas enfrentados pelas economias emergentes na busca do desenvolvimento do seu setor agrícola é fundamental para entender as disparidades de renda em relação ao grupo industrializado. Diferenças de renda entre regiões e/ou países têm como determinantes: as disparidades nas técnicas de produção agrícola e estoques de capital; a existência ou não de políticas públicas voltadas à produção no campo e a efetividade das existentes; e a exposição dos produtores a riscos de fatores climáticos, falhas de mercado (regulação, concentração, carência de investimentos) ou volatilidades nos custos de insumos e preços de venda – preços dos mercados internacionais e discrepâncias nos preços locais.

Principalmente a partir da década de 1950, os autores chamados desenvolvimentistas ocuparam-se com a análise desse problema, atribuindo importância a cada um dos fatores citados acima, e permitindo a evolução de teorias muito diferentes daquelas trazidas pelas escolas austríaca e liberal clássica – já estabelecidas em décadas anteriores – principalmente no que diz respeito ao papel do estado no planejamento e alocação de recursos. Hirschman (1963) analisa a existência de falhas de mercado nos países subdesenvolvidos para defender a maior intervenção estatal no planejamento e tomada de decisões para o desenvolvimento. Economistas brasileiros ligados à CEPAL e ao Partido Comunista Brasileiro, liderados por Caio Prado Jr, deram uma contribuição que protagonizava o trabalhador do campo e suas relações com o sistema de produção de commodities para exportação, o mercado interno e a luta pela reforma agrária (REIS, 1999 e COUTO, 2007). A análise destes ‘heterodoxos’ colocava a ação estatal como fundamental para um processo de desenvolvimento equilibrado, justo e inclusivo. Nesse panorama, a iniciativa privada não era condição suficiente para o processo, devendo o estado ‘controlar, orientar e até reger’ o processo produtivo.

Na crítica liberal, Ludwig von Mises lidera os economistas da Escola Austríaca, que afirmam ser a ação estatal, por princípio, pode ser mais nociva do que a sua inação (2010). A ação governamental só poderia suceder a partir da tomada de recursos da população por meio de impostos. Estes montantes são direcionados (apenas parcialmente,

pois uma parte é para financiar a própria estrutura estatal) para projetos que seriam executados de forma insatisfatória, por motivos de risco moral e ineficácia técnica. Não raro, o resultado de tais políticas seria o agravamento das disparidades as quais deveriam combater.

Uma vez expostas estas diferenças na percepção sobre a ação do governo, existe relativa unanimidade no papel decisivo da adoção de novas tecnologias sobre a produtividade. Mellor (1966) afirma que nos primeiros estágios do desenvolvimento, 60% a 80% da população trabalha na agricultura, e 50% da renda nacional é gerada no setor. Assim, embora a agricultura possa exigir um pequeno capital por trabalhador, ela comanda uma grande parcela do capital dessas nações.

Pelo que foi dito, segue-se que a tarefa de desenvolver a agricultura consiste principalmente em mobilizar e aumentar a eficiência dos recursos disponíveis. Para isso, não apenas é preciso introduzir processos mais eficientes de produção, mas também criar a maior parte dos recursos básicos ou transferi-los de outro setor. Enquanto os resultados nessa área são alcançados, é necessário que outras condições estejam presentes, proporcionando a criação de vínculos entre setores: a absorção da mão de obra excedente do campo deve ser proporcionada por atividades não-agrícolas. Mellor indica que essa expansão pode ser acelerada, porque a consequente especialização do trabalho transfere a produção de certos bens da fazenda para a fábrica. Mesmo para Caio Prado Jr. (2000) a tecnologia deveria tornar os latifúndios mais produtivos, trazer melhores salários para o trabalhador rural e ajuda-lo a engrossar a necessária classe consumidora, o mercado interno.

Esta dissertação tem como objetivo avaliar apresentar a simulação de cenários como ferramenta de controle de risco para produtores, avaliando empiricamente as diferentes probabilidades de ganho com que se deparam os estabelecimentos tritícolas, além de atribuir determinantes para as diferenças de produtividade encontradas. Para isso, inicialmente são comparados indicadores da produção de trigo nos estados da região sul do Brasil. A partir dos dados apresentados, são feitas duas análises empíricas. Na primeira, cenários foram simulados através do método de Monte Carlo, buscando analisar diferentes possibilidades de ganho da produção por estado. Na segunda análise, dados agregados do censo agropecuário 2006 são transformados em variáveis relacionadas a educação, tecnologia, área média, entre outros. A escolha dos municípios e Microrregiões tem como critério a localização em uma mesma zona climática específica, tentando minimizar, assim, efeitos de variáveis climáticas não observadas nos modelos. Os

resultados permitem observar determinantes para as oscilações de produtividade em diferentes regiões.

O trabalho está dividido da seguinte forma: o Capítulo 2 trata do desenvolvimento agrícola e a participação do estado. O seguinte traz dados e estatísticas sobre como a produção agrícola foi afetada pela evolução tecnológica e os ciclos econômicos em mais de um século. O Capítulo 4 trata das metodologias utilizadas para as estimativas e simulações; o Capítulo 5 apresenta e discute os resultados alcançados e, por fim, são feitas as considerações finais.

## 2 A AGRICULTURA E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

A revisão da literatura aborda inicialmente conceitos de desenvolvimento e subdesenvolvimento por autores como Ricardo, Staley e Mellor. Traz, a seguir: uma visão do papel do desenvolvimento no campo e o papel do estado; a perspectiva histórica da produção de trigo na Região Sul e no mercado internacional; e contribuições sobre o impacto que a adoção de novas tecnologias tem sobre indicadores de produção.

Países em desenvolvimento tardio têm em geral uma produtividade menor no campo, quando comparados seus indicadores com os de países desenvolvidos. Isso ocorre, não obstante tenham uma alocação de mão de obra muito maior nesse setor. Este trabalho parte da definição de Staley (1961) segundo o qual o subdesenvolvimento é “pobreza em massa, a qual é crônica e não o resultado de um infortúnio temporário e métodos obsoletos de produção e organização social, o que significa que a pobreza não se deve inteiramente aos poucos recursos naturais, podendo dessa forma presumivelmente ser atenuada por métodos já comprovados em outros países”. De acordo com John Mellor (1967, p. 4): “A necessidade de alimentos e o baixo nível de produtividade agrícola têm como consequência a utilização da maior parte da força de trabalho dos países pobres no setor agrícola. Nas fases iniciais de desenvolvimento de 60% a 80% da população dedicam-se à agricultura e 50%, ou mais, da renda nacional são geradas pelo setor agrícola”.

Em *Economia Agrícola* (ALBUQUERQUE e NICOL, 1987, p.22), os autores fazem uma análise das teorias de Ricardo, que reconhecem ser impraticável o crescimento econômico sem um grau de desenvolvimento agrícola. As diferenças nos modelos de ambos os autores se encontram no fator progresso técnico, uma vez que Ricardo (2001), escrevendo de uma época onde o desenvolvimento tecnológico era incipiente – ou não dava mostras de evolução – considerava uma ausência de rendimentos marginais crescentes no setor, o que o colocaria, a longo prazo, como um fator limitativo ao desenvolvimento. Mellor, por sua vez, sendo um autor contemporâneo, trata o desenvolvimento tecnológico como uma variável importante e suaviza o problema apontado por Ricardo.

Políticas para a produção agrícola são um fator fundamental sobre o desenvolvimento futuro do setor. Tratam-se de alocações de recursos além daquelas de mercado, que impactam grandemente a dinâmica existente entre produtores,

trabalhadores, mercado interno e externo e o próprio governo. Existem, entretanto, históricas discussões sobre o ganho real das mesmas, considerados as áreas e os setores que são atendidos por políticas e aqueles que apenas contribuem com os recursos – em geral impostos. Assim como a política voltada ao campo afeta a produção nas décadas seguintes, o resultado da discussão intelectual sobre o tema influencia a política. Dessa forma, são apresentadas as duas correntes de pensamento que afetaram as escolhas de alocação desde a metade do século XX.

## 2.1 O PAPEL DO ESTADO

Para Staley (1961, p. 13) as fases do desenvolvimento econômico no campo, embora distintas na sua duração em cada região, podem ser vistas, via de regra, com uma ordem saudável a ser buscada de modo que se evitem desequilíbrios estruturais. Uma população agrícola pode ter ganhos de produtividade a partir de uma maior especialização das tarefas ou a incorporação de algum capital, ainda que rudimentar – contanto que este aumente a produtividade do trabalhador de alguma maneira. A maior produção de alimentos e melhores condições de nutrição da população permitem expansão demográfica. Se, junto com essa condição, a maior produtividade trouxer um aumento de renda real, cresce também a procura por alimentos. Temos então um ciclo virtuoso durante o qual o agricultor aumenta seu capital. Se o reinvestir em máquinas e equipamentos fomentará setores da indústria enquanto aumenta a demanda por bens de capital.

Nas décadas de 1950-1960, entretanto, os estudiosos que receitavam um maior grau de planejamento e alocação por parte do estado já eram numerosos e concisos. Partindo do pensamento apresentado no parágrafo anterior, surgem teorias sobre como tais políticas podem gerar tentativas frustradas de provocar o desenvolvimento de uma região. O ganho de importância política em diversos países subdesenvolvidos após sua independência levou economias avançadas a se preocuparem com apoio. O contexto da Guerra Fria fez aumentar essa necessidade de ‘patrocínio’ do desenvolvimento em zonas periféricas pelos países desenvolvidos. Planos para desenvolvimento econômico tardio para as periferias são delineados então, alguns com menos sucesso e até mesmo efeitos contrários aos esperados.

Southworth e Johnson (1967) dão um exemplo histórico de políticas de desenvolvimento com resultados contrários aos esperados: “verificada a predominância das indústrias não-agrícolas nos países desenvolvidos e da agricultura em países pobres, permitiu-se em algum momento, aparentemente, supor que o desenvolvimento requer em primeiro lugar o desenvolvimento de indústrias não-agrícolas”. Segundo os autores, por vezes ignora-se a já citada origem espontânea – como parte de um florescer das ciências diversas – do surgimento destas indústrias nos países desenvolvidos. Ao invés disso, são traçados planos de desenvolvimento em agências estabelecidas nos países industrializados, para o fomento destes setores vistos como necessários. O pressuposto de que, em qualquer nação, o excesso de mão de obra agrícola poderia ser igualmente aproveitado como força de trabalho nas indústrias urbanas na verdade refletia uma ignorância da estrutura do setor agrícola nas sociedades mais tradicionais, e da debilidade das relações culturais entre população rural e urbana (SOUTHWORTH e JOHNSTON, 1967, p. 3). O resultado foi o não aparecimento de um excedente de produção agrícola, e uma necessidade de alimentação dos trabalhadores urbanos que acabaria em se refletir, paradoxalmente, na necessidade de importação de alimentos em países predominantemente agrícolas.

Os problemas, portanto, se principiam por um diagnóstico ineficaz de como ocorreu o desenvolvimento em regiões industrializadas. Levam-se adiante políticas que geram problemas estruturais mais graves do que os que resolvem. O lado positivo de tais experiências foi a demonstração definitiva de que a baixa produtividade agrícola pode limitar o crescimento econômico. Ainda de acordo com os autores, eventuais planos de desenvolvimento devem considerar tanto um aumento desta produtividade quanto a industrialização e a criação de vínculos entre os setores, tão necessários em uma economia industrial moderna (SOUTHWORTH e JOHNSTON, 1967, p. 3).

As diversas percepções para o papel da atividade agrícola no desenvolvimento nacional diferem, portanto, fundamentalmente na análise da importância do planejamento e ação estatal. Pensadores favoráveis ao intervencionismo e liberais vão desde modelos radicais que demandam uma profunda reforma agrária até propostas de intervenção mínima ou inexistente, deixando os preços e as condições de demanda e oferta decidirem-se de acordo com a dinâmica de livre mercado. Entre os dois extremos estão diversas propostas com níveis variados de intervencionismo: políticas para os preços, estoques ou concessão de crédito para atividades e produtos vistos como fundamentais para a pauta de exportações. Este trabalho não nega que políticas para a agricultura têm um profundo

impacto na atividade – positivo ou não. O ponto mais importante centro para uma discussão do assunto deve ser: em quais modelos de política existe ganho real para a economia.

### 2.1.1 Crítica desenvolvimentista

Autor estudado pela corrente desenvolvimentista, Debraj Ray afirma em *Development Economics* (1998, p. 403), “*From the viewpoint of development economics, missing or imperfect markets represent a crucial step in our understanding of the economic problems of developing countries. [...]*”. Seu trabalho é citado como um dos pontos de partida para autores que justificam a necessidade de intervenções. E é fazendo uso de uma análise dos mercados agrícolas e seus exemplos mais palpáveis que o autor principia o aprofundamento em falhas de mercado. Segundo Ray, os mercados imperfeitos são evidência da necessidade de regulação ou atuação estatal, por serem casos em que o mercado, sem intervenção, não conseguiu remover determinados obstáculos ao desenvolvimento.

Delgado (2009) afirma que a visão de Mellor para o problema foi abraçada por economistas conservadores, e que a partir disso o pensamento hegemônico no Brasil, durante o período de industrialização da década de 1950 ficou “calcado no pensamento funcionalista norte-americano com respeito aos papéis clássicos da atividade agrícola no desenvolvimento econômico” (DELGADO, 2009, p. 56). Os conservadores estariam satisfeitos enquanto fossem atendidas essas funções básicas da agricultura no desenvolvimento - de liberar mão de obra para a indústria, gerar oferta adequada de alimentos, suprir matérias primas para indústrias, elevar exportações agrícolas e transferir renda real para o setor urbano.

A abordagem destes teóricos defendia, entretanto, a importância do assunto supostamente ignorado das relações internas de produção: o papel da estrutura de propriedade fundiária, e das relações de trabalho predominantes, além de seus efeitos econômicos e extra econômicos. O papel do governo na criação de políticas de desenvolvimento deveria incluir uma transformação destas relações fundiárias e de trabalho, visando reduzir a exclusão no campo, as relações de servidão, a extrema



pobreza, entre outros. Em outras palavras, o programa de governo deveria considerar a reforma agrária como uma questão central.

Gularti Filho (2002, p.301) analisa que o país iniciou um projeto de industrialização, nos anos 30, “sem mexer na estrutura da terra. A industrialização e a urbanização se encarregaram de modernizar a agricultura, e não houve uma vontade nacional para reverter as estruturas sociais no Brasil”.

Durante todo seu processo de desenvolvimento até então o país era demasiado carente de recursos devido a uma mentalidade de poupança e investimento em detrimento do consumo a qual não existia senão em alguns setores específicos. Brum (2013, p. 285) levanta que o governo autoritário pós-1964 diagnosticou uma necessidade de criação de formas compulsórias de poupança, através do FGTS e PIS/Pasep. O trabalhador então tem sua renda, e, por conseguinte, sua potencial poupança simplesmente transferida para uma centralizada poupança governamental. Pior: nessa nova conjuntura, o governo central pode fazer uso desse volume para investir em iniciativas que geram disparidades regionais (pois os recursos são extraídos igualmente dos trabalhadores em todo o país e aplicados em regiões específicas), ou que beneficiam empresas e setores específicos, gerando concentração de renda.

A mesma política de investimentos que pode gerar disparidades regionais graves, pode trazer alguns efeitos colaterais uniformemente para todas as regiões. Brum (2013, p. 286) afirma que os mecanismos de financiamento identificados e utilizados pelo governo do período foram endividamento interno e externo, inflação e expropriação salarial dos trabalhadores. Essas consequências se abatem sobre todas as regiões e classes, com maior força sobre os mais pobres. O autor afirma que o modelo escolhido pelo governo tinha forte tendência concentradora “tanto empresarial quanto espacial. Poucas empresas, localizadas em áreas geográficas restritas, passaram a controlar a produção e o mercado em nível nacional”. Acrescenta que “se estabeleciam relações de dominação-subordinação entre elas, as demais empresas menores e as outras áreas geoeconômicas do país” (BRUM, 2013, p. 296). Brum, ainda, (2013, p. 298) apresenta a evolução da concentração de renda no Brasil como efeito imediato de tais políticas.

Brum (2013, p. 288) descreve a inflação como “o mais insidioso e sub-reptício dos impostos contra os assalariados”. Ela atinge especialmente as camadas mais pobres da população, aqueles que estão à margem de soluções para proteger-se ou mesmo ganhar com o desgaste do poder aquisitivo da moeda. Não se restringe, entretanto, a

trabalhadores assalariados: também os pequenos produtores estão na ‘base da pirâmide’ entre os mais atingidos pelos descontroles sobre índices de preços.

Com o surgimento do trabalho de diversos pensadores do desenvolvimento para os ditos países periféricos, a CEPAL começou a utilizar boa parte dessa produção para elaborar uma defesa mais robusta de políticas antiliberais em geral, que justificavam o planejamento econômico para décadas a seguir, aliado a uma alta intervenção estatal para a proteção da indústria nascente.

### **2.1.2 Crítica Liberal**

Krueger (1990) analisa em perspectiva a evolução do pensamento a favor de um alto grau de intervenção e planejamento estatais. A maior parte dos teóricos desenvolvimentistas tinha pelo menos um ponto em comum: a necessidade dos governos de compensarem a existência de ‘falhas de mercado’ decorrentes de rigidez estrutural nos países periféricos. Nas décadas de 1970 e 1980, governos na maior parte dos países em desenvolvimento estavam empregando planos que eram simplesmente não funcionais. Em muitos dos países analisados, as chamadas ‘falhas de governo’ superavam em muito o efeito das ‘falhas de mercado’. Stiglitz (2008) também afirma que em décadas mais recentes cresceu a preocupação com ‘pacotes’ de intervenção mais robustos, uma vez que intervenções mal planejadas ou executadas podem ser mais custosas do que a inação. E é neste ponto que se encontra a fonte de grandes problemas econômicos atuais - e os países desenvolvidos não estão livres destes, embora os tenham em menor escala. Um conjunto de leis com o intuito de proteger o consumidor pode gerar grandes barreiras à entrada em um mercado e prejudicar fortemente pequenos produtores. Incentivos à atuação de algumas indústrias podem gerar oligopólios e gerar riscos sistêmicos. O próprio Stiglitz admite que a relação espúria da indústria financeira americana com sucessivos governos ajudou a gerar as instituições ‘*too big to fail*’, em um resultado não melhor do que no caso de uma eventual inação completa do governo.

Falhas de omissão e comissão (alto custo de empresas estatais, envolvidas em atividades que frequentemente não estão sob administração do setor público). O alto gasto público com tais atividades levam a falhas de omissão na conservação de infraestrutura básica que, essa sim, seria de responsabilidade estatal - falta orçamento. Manutenção de taxas de câmbio fixas e taxas de juros nominais inadequadas frente aos níveis de inflação

- a segunda por omissão, ou para ter um controle sobre a alocação de crédito entre setores diversos. A corrupção visível e em larga escala surge como subproduto de tais falhas. Mais adiante, verificou-se que diversas propostas que oficialmente objetivavam ajudar as classes mais pobres tiveram, na verdade, efeito concentrador de renda com as classes mais abastadas.

Analisando os determinantes do investimento privado em economias emergentes, Pierre-Richard Agénor (2000) demonstra o possível efeito *crowding-out*, uma reação dos investimentos privados a partir do investimento público. Segundo Agénor, os investimentos públicos têm um efeito ambíguo sobre os privados de diversas maneiras: Se os investimentos são feitos incorrendo-se em déficits, o setor privado pode sofrer com redução no acesso ao crédito e aumento das taxas de juros. O investimento público seria mais aceitável quando feito de forma complementar àqueles da iniciativa privada. Ainda assim, von Mises (2010) e Rothbard (2010) afirmam: recursos para investimentos estatais, quando não originários de déficits como citado anteriormente, o são de um nível de tributação que por princípio já reduz a capacidade de investimento do setor privado. Os projetos de investimento do governo, ainda, poderão buscar objetivos muito diversos daqueles que seriam apontados por agentes do mercado.

Por essa ótica, podemos explicar parte da preocupação do supracitado Goularti Filho com o investimento estatal. Afinal, o investimento privado reduz-se quanto maior o grau de intervencionismo estatal. Em um ambiente de profunda transformação através da expropriação de propriedades privadas, o investimento privado constrange-se de tal forma que o estado precisa agir, sob pena de relegar setores a uma estagnação completa. Além disso, se verifica o efeito quantificado por Adamopoulos e Restuccia (2014), que estuda como um pesado imposto progressivo em relação ao tamanho das unidades produtivas levou a uma queda nos tamanhos médios e as consequências sobre a produtividade<sup>1</sup>.

A partir da década de 1930, e com mais intensidade depois de 1950, os governos brasileiros proporcionaram à produção agrícola uma transformação complexa, desde a sua base. Programas direcionados à expansão do crédito para modernização da produção e incentivo ao plantio de novos produtos vistos como necessários ao mercado interno estavam entre as atividades que receberam maior atenção. Diversos estudos, partindo

---

<sup>1</sup> Segundo os autores, entre outros exemplos, pôde-se inferir que uma queda verificada de 7% na área média de unidades produtivas nas Filipinas resultou em redução de 5,8% na produtividade.

dessa ‘revolução’ que teve o governo na liderança, inferem daí que o planejamento do governo e a sua participação na alocação de recursos é fundamental para um desenvolvimento com equidade. Entretanto, Caio Prado Jr. (2000) alertava: a atividade econômica estaria ‘viciada’, dedicada predominante à produção de commodities para exportação, enquanto a produção dos artigos necessários ao mercado interno era relegada ao segundo plano. Essa orientação era beneficiária dos grandes latifundiários, que historicamente tinham seus representantes na classe política e nas estruturas do governo. Fora a pressão destes representantes que garantira o estímulo estatal à produção do café mesmo diante do colapso dos preços na década de 1930. Coelho e Granziera (2009) advertem que esse tipo de política barrou uma diversificação e expansão de exportações. As subsequentes crises no abastecimento de alimentos teriam obrigado os novos governos a reformar radicalmente a política agrícola.

Trata-se de uma nova orientação da política estatal que visava corrigir um estrangulamento causado por uma política anterior equivocada ou que defendia apenas interesses de um pequeno grupo, em detrimento dos demais. Pode-se citar outros exemplos de políticas cujo atendimento dos para os quais foram criados era questionável. O SNCR (Sistema Nacional de Crédito Rural), nos seus primeiros anos, gerou diversas discussões sobre sua efetividade em relação ao propósito a que se destinava. Pequenos e médios produtores receberiam auxílio através da liberação de crédito pelo programa. Esbarraram, porém, na necessidade de garantias que só podiam ser supridas por produtores já capitalizados – em geral grandes produtores de gêneros de exportação, estabelecidos nas regiões mais ricas do país – na burocracia e na presença de critérios duvidosos para a aprovação final. Essa má distribuição acaba por tornar qualquer iniciativa mais excludente – os recursos vêm de poupança forçada, extraída da população e empresas de todos os tamanhos e regiões de forma regressiva, e redistribuídos para grandes produtores próximos de agentes públicos.

A política de garantia de preços mínimos (PGPM), formulada para trazer a possibilidade de reduzir riscos para o produtor. Os preços de venda, negociados antes da safra, proporcionavam a garantia de um valor básico que o governo pagaria pelos estoques se os mesmos estivessem abaixo do valor de produção à época da colheita (BUAINAIN e SOUZA FILHO, 2001). Infelizmente, nem mesmo essa política ficou livre de privilegiar determinados gêneros (cujos produtores eram mais capitalizados) em detrimento de outros, também importantes para o consumo interno.

Essa seria a tônica do desenvolvimento agrícola aliado às políticas estatais ao longo da segunda metade do século XX: através dos grandes produtores, a exposição a novas tecnologias e novos métodos, o aumento da produtividade e das exportações. A própria extensão territorial do Brasil e a conseqüente pluralidade de condições geográficas faz com que o incentivo a um determinado gênero de produto gere disparidades regionais, uma vez que há apenas alguns locais do país adequados à produção de cada commodity.

Os problemas gerados por uma liberação desequilibrada de crédito, já citados, vão diretamente ao encontro do que escreveu von Mises (2010, p. 900): “O objetivo da expansão de crédito é favorecer os interesses de alguns grupos da população às custas de outros. Efetivamente isso é o que de melhor se pode obter com o intervencionismo, quando não são todos os grupos que saem prejudicados. Mas, apesar de empobrecer a comunidade em geral, pode ainda enriquecer alguns estratos da população. [...] A ideia que deu origem ao que costuma ser denominado de controle qualitativo do crédito consiste em canalizar o crédito adicional de tal maneira que só alguns grupos privilegiados tenham acesso aos seus supostos benefícios”. Mais do que isso, o conseqüente aquecimento da economia proporcionado por uma expansão creditícia pode levar a investimentos equivocados – investimentos em mercados nos quais os preços estão artificialmente altos. A baixa do ciclo econômico, quando finalmente chega, derruba os preços, acaba com o retorno esperado de numerosos projetos, leva produtores endividados à falência, abrindo caminho para uma depressão econômica, quedas nos investimentos internos e externos e no nível de emprego.

Este trabalho não objetiva fazer uma análise simplista e descontextualizada da importância do esforço desenvolvimentista do Brasil no século XX e seus impactos para o destino do país. O que se pretende é utilizar esse período de mudanças como exemplo empírico para debater, sob a visão de diversos autores, as diferentes formas de fazer uma política de investimento e medir corretamente suas conseqüências. Incluem-se na lista de variáveis para um estudo complexo e abrangente de políticas as fontes de financiamento, a definição do papel do estado, as expectativas em torno da iniciativa privada, as conseqüências sobre renda, competitividade, livre concorrência e nível de liberdades dos agentes que compõem a economia.

Uma política bem direcionada gera aumento do produto e da produtividade. Existem exemplos bem-sucedidos. O contraponto trazido neste trabalho é sobre a

moralidade de entregar ao estado a autoridade definitiva sobre a produção e o estudo de efeitos danosos não abordados – ou até rejeitados – nas análises intervencionistas.

Embora ainda seja questionável pelos motivos anteriormente citados a intervenção do estado e o desenho de políticas para o campo estão, hoje, mais próximos do princípio da equidade.

### **3 MERCADO, PROGRESSO TÉCNICO E ANÁLISE DE RISCOS**

A colonização da Região Sul principiou pelo ganho de renda produzido pela economia mineira a partir do século XVII. A economia de Minas Gerais proporcionou novas divisas, através da exportação de metais preciosos e da demanda da sua *hinterland* que a suprisse com bens fundamentais ao apoio à produção. Assim, a atividade da pecuária, já existente na época, expandiu-se grandemente, a partir da valorização dos couros. Somado a isso estava o ganho de importância política desta região de fronteira quando as ocupações platinas se tornaram ameaças mais frequentes.

A produção de trigo no Brasil foi anterior à dos Estados Unidos, da Argentina e do Uruguai, sendo o Brasil o primeiro país das Américas a exportar trigo. As primeiras lavouras estavam principalmente em São Paulo e no Rio Grande do Sul, havendo, entretanto, um posterior declínio. O ressurgimento da triticultura só aconteceu após a chegada dos imigrantes italianos em 1875, os quais se estabeleceram na área do planalto rio-grandense (onde está localizada a Microrregião de Vacaria, uma das áreas analisadas nesse trabalho).

A cultura foi introduzida pelos imigrantes açorianos, cultivado na região central do estado próximo a Lagoa dos Patos, sendo exportado a partir de 1780. Até o início do século seguinte teve papel destacado nas exportações, mas dificuldades técnicas de métodos rudimentares, alta concorrência internacional e protecionismo externo causaram a decadência já logo antes da independência (PESAVENTO, 1980, p. 16 apud. COELHO e GRANZEIRA, 2009, p. 120).

As províncias meridionais seguiram sua vocação de fornecedoras de produtos para os mercados internos. Essa realidade proporcionou que a formação das elites locais fosse muito diferenciada daquelas das regiões dominantes através do sistema primário-exportador. O Positivismo penetrante na província desde o final do império até o início

do século XX. Está nas origens da revolução de 1930 e estimula o conflito de ideias dos valores trabalhistas e ufanistas contra a visão de divisão internacional do trabalho e especialização em poucos produtos de exportação.

A diferenciação entre metade sul e norte da província se deu mais fortemente a partir da chegada dos imigrantes germânicos em 1824, que conferiram à região, com o tempo, uma economia diversificada, assentada na pequena propriedade e na mão de obra familiar (FONSECA, 1989, p. 15 apud COELHO e GRANZEIRA, 2009). A região precisou adequar-se às dificuldades – o reduzido mercado interno e as barreiras políticas – através do fornecimento de produtos que pudessem ser absorvidos pela demanda das demais regiões, em especial da economia cafeeira do Sudeste. Em compensação, logo se puderam observar as vantagens desse modelo: crescimento demográfico vegetativo e a natural disponibilidade maior de alimentos própria de uma região de economia diversificada. Na região das charqueadas, em contraste, a ausência do crescimento demográfico levou à utilização de trabalho escravo. A expansão logo se direcionou para o oeste de Santa Catarina e, posteriormente ao Paraná.

Deve-se a esse modo de desenvolvimento da produção uma economia sem latifúndio ou trabalho escravo, ou ainda monocultura de exportação, com menor índice de *Gini*, menor analfabetismo e mortalidade infantil, ou incidência de doenças e o fator crítico: maior possibilidade de ascensão social. O aumento da renda provocado pelo fornecimento dos excedentes para a economia interna do império, somado ao caráter empreendedor do produtor local possibilitaram o aumento da busca por capital pelos produtores e da oferta pelos locais, enquanto no Paraná a exportação de erva mate ao mesmo tempo permitiu uma produção de gêneros de subsistência. Tanto a economia paranaense quanto a gaúcha verificavam uma dualidade entre os dois modelos de produção (para fora e para dentro).

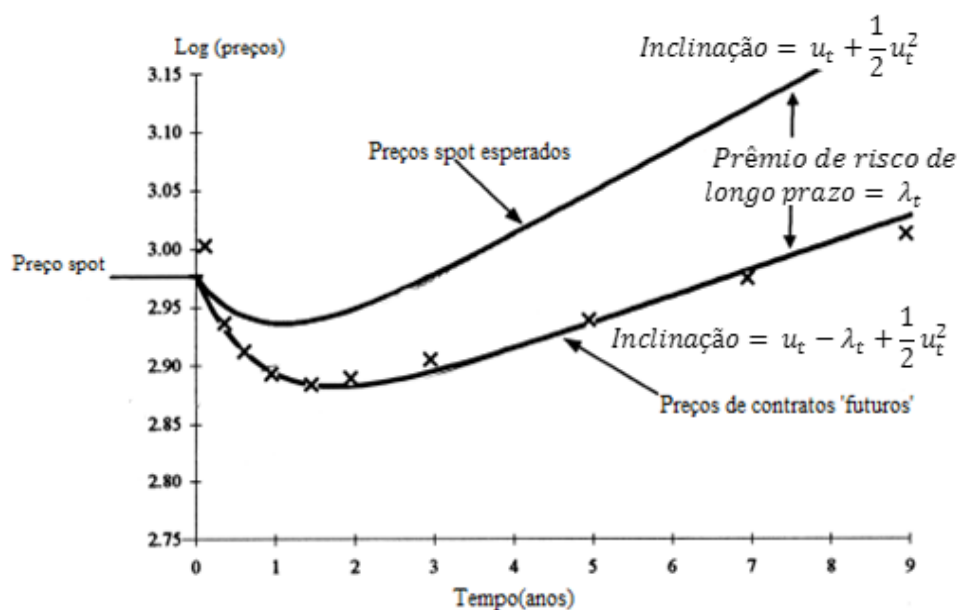
O papel do estado na política para o trigo não se diferenciou grandemente da sua abordagem aos mais diversos setores do mercado: o início de uma forte presença a partir do fim da década de 30, uma total regulamentação no período militar, e, por fim, com uma completa exposição à concorrência externa (particularmente da Argentina) a partir da década de 1990. A análise da evolução do tamanho do mercado, fatores de influência sobre a oferta, de preços históricos, termos de troca e instrumentos de negociação e aumento da liquidez merecem uma atenção especial através do estudo em uma seção específica.

### 3.1 OBSERVANDO A EVOLUÇÃO DO MERCADO DE TRIGO

Os mercados de commodities, e mais especificamente o do trigo, têm algumas peculiaridades que podem ser exploradas para uma melhor compreensão do tema. Este é o propósito desta seção do trabalho. Commodities como o trigo têm a maior parte do seu volume mundial negociado através contratos que pressupõem a padronização dos produtos, tanto em qualidade quanto em unidade de medida e volume. As operações de compra e venda ocorrem em bolsas de mercadorias e futuros em pregões semelhantes aos de ações. O contrato mais negociado na Bolsa de Chicago (CBOT, Chicago Board of Trade), é para Soft Red Winter, para 136 toneladas por unidade. É, por consequência, o contrato com maior liquidez no mundo – foram negociados em 2013 o equivalente a 15 milhões de toneladas por dia (CBOT, 2015). Os negócios podem ser realizados em mercados à vista (*spot*) ou futuro.

O mercado futuro surgiu como uma ferramenta de proteção para os produtores. Preços de produtos agrícolas têm uma volatilidade implícita maior do que a dos bens industrializados, pois preços e níveis de estoques flutuam consideravelmente, sujeitos a condições climáticas difíceis de precisar com exatidão (PINDYCK, 2001). Os instrumentos negociados nos mercados futuros servem para proteger produtores e consumidores de perdas com flutuações.

**Figura 1 – Diferenças nos movimentos de preços Spot e Futuros no tempo**



Fonte: SCHWARTZ e SMITH (2000, p. 898), adaptado pelo autor



A Figura 1 mostra a diferenças entre preços à vista e preços futuros em função do volume de tempo até o vencimento do contrato. O vencimento do contrato é a data na qual o comprador e o vendedor devem executar a operação de entrega do produto e pagamento. Existe um desvio entre o preço para a compra antecipada com entrega em um período futuro e o preço esperado para uma compra à vista na mesma data. Esse desvio é o prêmio de risco de longo prazo: o produtor vende antecipadamente por um preço menor do que o esperado, mas com maior segurança.

Segundo o International Grains Council (2015) a União Europeia lidera hoje a produção e a exportação mundial do grão. O preço Spot referência para acompanhamento por profissionais de análise de commodities é o do porto de Oklahoma em dólares americanos. Preços de commodities podem ter suas peculiaridades em cada região – cada ponto ou localidade pode ter valores maiores ou menores do que o preço global de referência– mas em geral os seus movimentos são uniformes globalmente, pontuais mudanças regionais em casos como desastres climáticos, conflitos ou outros fatores exógenos.

**Tabela 1 – Maiores Produtores e exportadores de Trigo em 2013/14 (milhões de toneladas)**

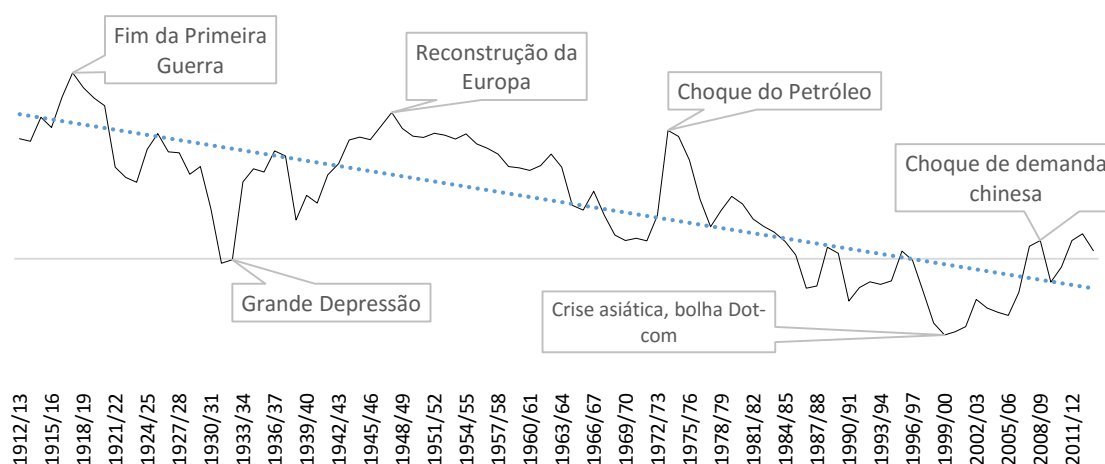
País	Produção	Exportação	Importação
Argentina	9.2	2.5	0.0
Australia	25.3	18.6	0.0
Canada	37.5	23.5	0.1
China	121.9	0.3	6.7
India	93.5	6.0	0.0
União Europeia	143.1	44.5	32.8
Cazaquistão	13.9	8.4	0.0
Rússia	52.1	18.5	1.0
Ucrânia	22.3	9.5	0.0
Estados Unidos	58.1	32.0	4.6

Fonte: International Grains Council, 2015.

Essa breve análise de fatores que exercem pressão sobre preços de commodities agrícolas se torna importante à medida que estes têm um impacto direto na tomada racional de decisões do produtor e dos potenciais investidores. Nota-se na Figura 2 que

ao longo da série analisada, a tendência de declínio dos preços deflacionados do trigo é clara, mas também o são os choques de demanda e oferta que temporariamente levam os preços para cima ou para baixo. Foi usado aqui o filtro de Christiano-Fitzgerald replicando o trabalho de Erten e Ocampo (2012). Cada um dos choques observados na Figura 2 pode ser interpretado como parte de um ciclo – o mais recente é citado com frequência como “boom das commodities” (2011). Períodos maiores – geralmente entre 20 e 70 anos com períodos de alta entre 10 e 35 anos – são conhecidos na pesquisa econômica por ‘super-ciclos’ (Erten & Ocampo, 2012).

**Figura 2 - Preços do trigo, 1913 a 2013, deflacionado pelo CPI (EUA, US\$/T)**



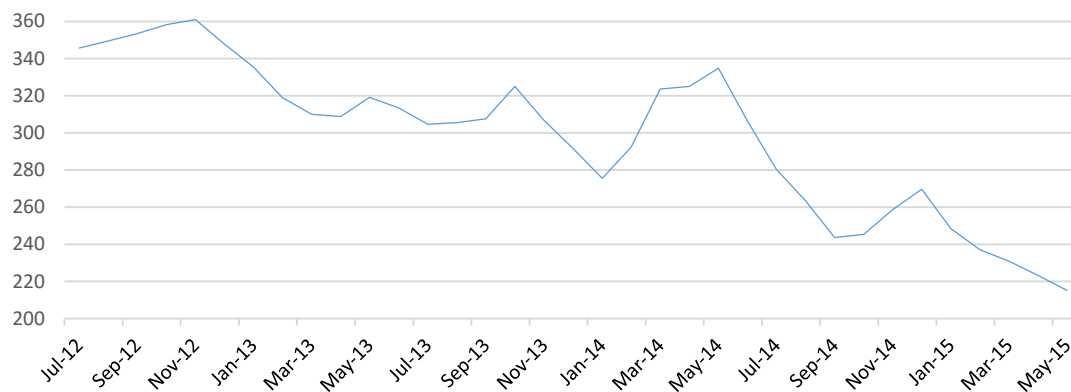
Fonte dos dados brutos: US Department of Agriculture. Elaborado pelo autor.

Vemos o último exemplo de choque, em 2005, causado pelo aumento de demanda do mercado asiático no início deste século. Os preços tiveram um aumento considerável, e investimentos para atender a demanda aumentaram, lucros foram realizados. Em um segundo momento, o que se verifica desde 2011, o choque de demanda passa e os preços voltam a cair, uma vez que os investimentos feitos anteriormente já maturaram. Assim, o nível de posteriores investimentos tende a ser reduzido em face dos preços ainda estarem buscando um novo suporte.

A Figura 3 mostra uma visão mais detalhada do movimento dos preços nominais desde 2012 – isto é, se os valores fossem em termos reais como na Figura 2, a queda seria ainda maior. É de se esperar, portanto, uma queda nos investimentos em tal conjuntura. Conforme Schwartz e Smith (2000) quando o preço de uma commodity está mais alto do que alguma média de longo prazo ou preço de equilíbrio, pode-se esperar que a oferta deste produto vai aumentar porque produtores com custos maiores entrarão no mercado – novas formas de produção continuam em linha, formas antigas, as quais se espera que

saiam de linha, acabam ficando – havendo então pressão de baixa nos preços. Inversamente, quando os preços estão relativamente baixos, a oferta vai diminuir pois produtores que têm custos maiores serão ‘expulsos’ do mercado, colocando pressões de alta nos preços.

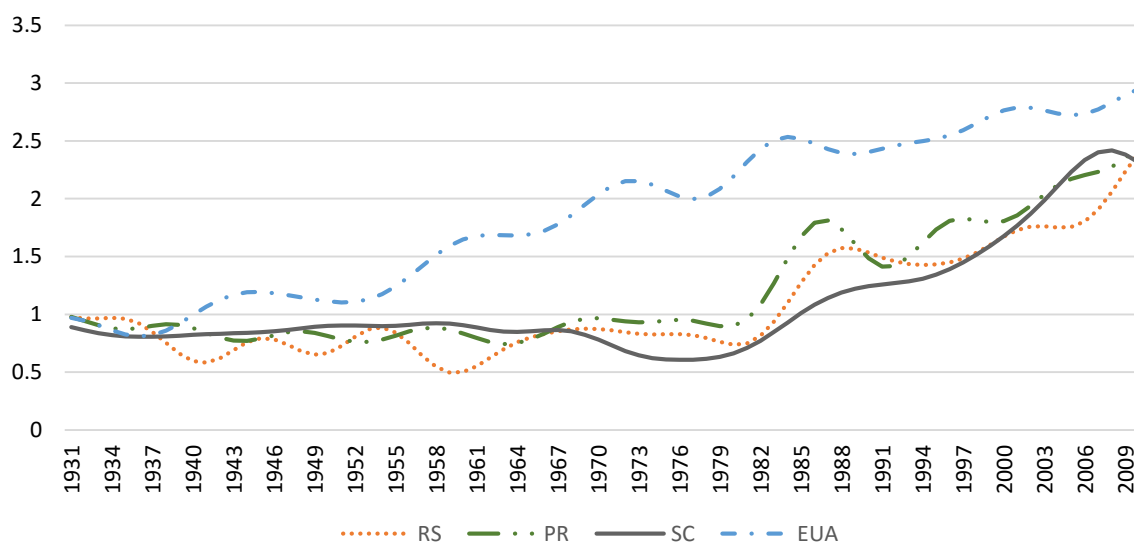
**Figura 3 – Preço Spot nominal, trigo (US\$/t)**



Fonte dos dados brutos: US Department of Agriculture. Elaborado pelo autor.

Por sua vez, valores históricos de produtividade, entre 1931 e 2009, estão expostos a uma dinâmica diferente, como pode ser atestado pela Figura 4 – índices de produtividade medidos em Toneladas por hectare, após uma filtragem dos componentes sazonais pelo método de Christiano-Fitzgerald. Sabemos que os movimentos de alta ou baixa nos preços são função entre outras coisas, da produtividade. Porém, enquanto podemos observar estes ciclos ou super ciclos nos preços globais, a produtividade tem, via de regra, uma tendência de alta seguindo as evoluções tecnológicas.

Todos os fatores citados – inclusive a nossa posição dentro dos ciclos e super-ciclos de preços – impactam, de alguma forma, na percepção de risco do possível investidor. A pesquisa de Erten e Ocampo (2012) cita que a decisão de aumentar capacidade através de investimentos está diretamente relacionada aos preços atuais e tendências previstas. Em setores de mineração, alguns investimentos chegam a levar 20 anos para atingirem sua maturação. As figuras 2, 3 e 4 permitem observar a redução dos preços ao longo da série histórica enquanto a produtividade aumenta consideravelmente - a produção total aumenta e o fator utilização de terra fica praticamente estável.

**Figura 4 – Produtividade (T/ha) após filtro de Christiano-Fitzgerald**

Fonte dos dados brutos: IBGE e US Department of Agriculture, elaborado pelo autor.

É possível notar um crescimento mais acentuado após a década de 1960, já em função da Revolução Verde - embora parte da década de 1970 tenha um movimento contrário considerável em função do choque nos preços de petróleo causado pelo cartel da OPEP. Diversos autores se dedicaram ao estudo dos efeitos da tecnologia sobre a produção e os preços, sobre a tomada de decisão dos produtores no que tange aos investimentos, bem como do papel da evolução tecnológica no campo e: a) sua relação com a de outros setores; e b) seu papel no desenvolvimento de uma nação. Avaliam-se aqui algumas destas teorias, sendo as mesmas importantes para compreender a análise empírica posterior.

### 3.2 MODELOS COM DIFUSÃO E IMPACTO DE PROGRESSO TÉCNICO

Avaliaram-se estudos que apontam como a evolução tecnológica afetou certos índices relevantes para os produtores. Enquanto alguns desses índices são afetados uniformemente por fatores externos, outras dinâmicas, locais e internacionais, afetam escolhas de decisão para o produtor. A análise dos preços locais de trigo, soja e de preços gerais para tratores mostra que relação de troca para os produtores de trigo evoluiu melhor

que a da soja na década de 1990, quando analisado a quantidade de sacas de 60 kg vendidas para a compra de um trator.

Estudando o mercado de arroz, Pitt e Sumodiningrat (1991) avaliam mais diretamente o impacto da percepção de risco e da educação dos produtores na adoção das novas tecnologias e dos ganhos em produtividade ou lucros daí advindos. Em áreas rurais de países em desenvolvimento, caracterizadas por altos custos de informação, incerteza climática e mercados imperfeitos para risco, pode ser inapropriado modelar algum tipo de escolha tecnológica como sendo influenciada apenas como resultado de maximização não-restrita de lucros.

Kim *et al* (1992) analisa a adoção da tecnologia quando alguns recursos são fixos e considerando políticas de preço por parte do governo para gerar estabilidade e influenciar decisões de agentes privados. Redução da variância nos preços do produto vai aumentar a taxa e velocidade de adesão a tecnologias que aumentam a produtividade da terra. No caso contrário, se verifica o crescimento para tecnologias que reduzem custos.

Feder e Umali (1993) constroem modelos de difusão tecnológica, a partir do estudo da Green Revolution ou Revolução Verde, que ocorreu de forma mais intensa entre as décadas de 1960 e 1980. No início da década de 1990, muito da primeira onda das tecnologias da Revolução Verde já haviam maturado ou estavam próximas de encerrarem seu ciclo de adoção. Os modelos são análogos aos de transmissão de doenças, onde existe uma população que já faz uso da tecnologia e uma população de potencial para adoção da mesma, a qual pode ser ‘contaminada’. A difusão se dá pelo contato entre ambas as populações - neste caso, na observação e descoberta do primeiro grupo pelo segundo - e segue as probabilidades de contato e o grau de disposição a aceitação, ou

$$\frac{\partial n_t}{\partial t} = \beta \frac{n_t}{N} (N - n_t)$$

onde  $n_t$  são os usuários da tecnologia no tempo  $t$ ,  $N$  são os potenciais usuários, beta é um parâmetro que reflete a taxa de adoção. O valor de beta, como esperado, é afetado pela natureza específica da inovação, fatores econômicos, o sistema social no qual a inovação é inclusa e os agentes de mudança e difusão.

A ideia apresentada, de uma população homogênea na adoção de tecnologias inovadoras foi questionada em trabalhos posteriores. O modelo de Bass faz uma separação entre dois tipos de indivíduos: inovadores e não-inovadores.

$$\frac{\partial n_t}{\partial t} = \beta_0(N - n_t) + \beta_1 n_t(N - n_t)$$

onde o primeiro tipo é um inovador e o segundo é o imitador. O motivo para coeficientes diferentes é que o inovador tem uma propensão maior a tentar as novas tecnologias, e o fará ainda que a taxa de mudança seja menor para o resto da população. Este segundo grupo, o dos imitadores, apenas assimila as tecnologias após a sua utilização se tornar frequente entre outros. O tamanho médio de propriedade foi visto em muitos modelos como não significativo como determinante da difusão de tecnologias. E, quando significativo em alguns poucos trabalhos, foi visto empiricamente que a adoção se dá de forma mais intensa nos menores estabelecimentos, embora se dê primeiro nos maiores.

Ray (1998) aborda modelos de desenvolvimento considerando progresso técnico, desde a contribuição de Solow até os modelos de crescimento endógeno com capital humano e de Harrod-Domar. Os modelos são generalizados, sem fazer menção específica ao setor ao qual se aplicam. Supõe uma economia com a função de produção:

$$Y_t = E_t^\delta K_t^\alpha [uH]^{1-\alpha}$$

$K$  é o estoque de máquinas no tempo  $t$  e  $E$  é uma aproximação para a fronteira tecnológica existente.  $H$  é uma aproximação do estoque de capital humano, a qual pode estar empregada produzindo bens finais em  $t$  ou alocada em atividades de pesquisa e desenvolvimento, na expectativa de uma maior produção futura - essa alocação é representada por  $u$ . A taxa de crescimento do ‘conhecimento’ é derivada como

$$(E_{t+1} - E_t)/E_t = \alpha(1 - u)H$$

E o crescimento do capital se dá por

$$K_{t+1} - K_t = sY_t$$

A contribuição dos autores citados nesta seção permite examinar a importância da adoção de novas tecnologias que aumentem a produtividade dos trabalhadores. Especialmente ao longo do século XX, desequilíbrios na oferta e na demanda tiveram efeitos temporais sobre o mercado de commodities como o trigo. Entretanto, nenhuma variável teve um efeito tão persistente quanto o aumento constante da produtividade pelo fator tecnológico.

### 3.3 ANÁLISE DE RISCOS

A análise de riscos é uma parte fundamental do processo de gestão estratégica de negócios e projetos, e o agronegócio deve absorver essa ferramenta assim como já o tem feito com diversas outras. A possibilidade de perda do capital investido é fator comum a qualquer projeto de produção de bens agrícolas. Estes riscos devem ser adequadamente medidos antes da alocação de recursos em qualquer atividade, pois estão presentes para todas as partes envolvidas no processo. O produtor de agricultura familiar, o grande produtor rural, os prestadores de serviços, a instituição de crédito e os órgãos governamentais envolvidos na elaboração de políticas agrícolas são agentes que têm interesse no aumento da produtividade, redução de custos e estabilidade de preços. Estas variáveis são de papel fundamental na geração robusta de receitas desejada pelos produtores e na estabilidade econômica desejada pelos governos. Cada um, a sua maneira, contribui com fatores essenciais – trabalho, terra e capital financeiro, para citar alguns. E todos têm, também em comum, fatores que ameaçam sobre seus interesses: instabilidade econômica, problemas de infraestrutura, desastres climáticos e outros fatores exógenos que afetam o produto da atividade agrícola e sua distribuição. É crítico para o desenvolvimento de diversas regiões que tais perspectivas não afastem esses agentes ou os previnam de colocar à disposição da produção o volume de fatores requerido para o avanço ao próximo estágio.

A aversão ao risco tem recebido grande atenção da literatura econômica, especialmente em situações onde os resultados são quantidades monetárias. O arcabouço teórico a ser revisto e desenvolvido no trabalho, e que examina ambientes econômicos em que indivíduos parecem exibir aversão a riscos, e como serão suas decisões baseadas nessa perspectiva, é abordado por Mas-Collel, Whinston, e Green (1995), Nicholson e Snyder (2005) e Jehle e Reny (2011). A visão que domina essa análise está baseada na Teoria da Utilidade Esperada: projetos com retornos incertos são avaliados através da soma ponderada dos seus possíveis resultados e a probabilidade atribuída a cada um (MAS-COLLEL, WHINSTON e GREEN, 1995, p. 168). O conceito de loteria sobre o qual a teoria se apoia é fundamental, sendo utilizado para representar as alternativas. A partir do mesmo, se pode começar a avaliar o perfil avesso, neutro ou amante do risco para os agentes econômicos. Essa teoria se baseia no trabalho seminal de Von Neumann e Morgenstern (1953) sobre teoria dos jogos e comportamento econômico.

Ray (1998, p. 404) cita como exemplos de situações com que se deparam os agentes em mercados com imperfeições: Tipos e ações não observados, quebras de contratos, responsabilidade limitada, entre outros. O primeiro item se refere ao risco que toma um agente que distribui crédito agrícola para o desenvolvimento de uma região. Sem uma análise razoável de riscos, esse agente não poderá averiguar corretamente quais produtores têm maiores probabilidades de serem bons ou maus pagadores, e os seus retornos estarão abaixo do ótimo para esta atividade. Isso se dará por uma maior quebra de contratos com que o emprestador vai se deparar. Quebras de contratos também podem se dar entre fornecedor – pelo não atendimento de uma quantidade prevista em contrato, por exemplo. No meio agrícola, estes podem ser um produtor e seu intermediário. Responsabilidade limitada é uma situação que pode prevenir o credor de ter qualquer retorno sobre seu empréstimo, caso o devedor seja uma empresa cuja dívida não passará adiante para seus sócios.

A perda do capital investido em um empreendimento pode se dar por má gestão, através de ineficiência no planejamento – o não buscar um comportamento maximizador de lucros – ou na execução – a busca por um comportamento maximizador de lucros prejudicada por erros operacionais, conhecidos no estudo de Teoria dos Jogos por *'trembling hands'*. Todas essas razões, advindas de uma mensuração pobre de riscos relacionados à atividade agrícola, podem prejudicar não só o produtor individual, mas o desenvolvimento de toda uma região e prendê-la em uma espiral de pobreza. Todaro e Smith, em *Economic Development* (RAY, 2009, p. 160) apontam que algumas falhas de mercado podem levar a situações em que os agentes não se coordenam para a busca do desenvolvimento de uma região, ficando a mesma restrita a uma armadilha de subdesenvolvimento.

Portanto, algumas conclusões fundamentais até o momento são de que o investimento na agricultura transforma a dinâmica do mercado através do aumento de produtividade, assim mudando a alocação de trabalho na atividade. Ocorre também uma transformação das tendências de urbanização, alterando todo o caminho de desenvolvimento de uma nação. A revisão da literatura nos fornece algumas bases interessantes. Binswanger e Khandker (1993) estudaram a forma como agricultores indianos reagem a investimentos em infraestrutura, descobrindo que a proximidade do sistema bancário tem um efeito maior na demanda por fertilizantes e produção de grãos do que a própria taxa de juros.



Johnston e Mellor (1961) estudaram as semelhanças do desenvolvimento industrial e do agrícola, além das peculiaridades deste último, sendo que já na década de 1960 esses autores chamam a atenção para o fenômeno do ‘declínio secular’. Falamos da tendência de queda dos preços de commodities descontados da inflação quando analisados ao longo do século anterior. Essa tendência faz sentido, uma vez que os investimentos em tecnologia na produção agrícola de larga escala têm permitido maiores rendimentos na produção, agilidade no transporte, qualidade na estocagem e facilidade nas negociações, tudo isso com menor uso de mão de obra. Johnston e Mellor (1961, p. 567) descrevem mais formalmente que além dos fatores já citados, o declínio da agricultura e o posterior desenvolvimento dos setores manufatureiros parece ser uma condição necessária para um crescimento cumulativo e autossustentável de uma economia.

Os métodos para previsão de política econômica que faziam uso de valores passados sem o próprio cuidado com mudanças drásticas – os ditos modelos *naive*, ou ‘ingênuos’ – eram os mais amplamente utilizados até a década de 1960 (SANTOS, 2003). Eram comuns, naquele momento, modelos com longas séries temporais que atribuíam uma igual probabilidade à todas as observações. Esse tipo de análise é então mais eficiente no curto prazo, enquanto sua utilização para análise de curto prazo torna crescente a possibilidade de erros (SANTOS, 2003). A partir do trabalho de Lovell, ganhou momentum a teoria das expectativas adaptativas. A lógica era que a cada período a nova previsão deveria considerar também erros nas previsões anteriores. Este ‘estado estático’ previa que os agentes tomariam suas decisões econômicas supondo que o cenário futuro será similar ao cenário atual.

Esta metodologia foi alvo das críticas de John Muth, Robert Lucas e Milton Friedman. O trabalho de Muth já afirmava em 1961 que a construção da teoria de expectativas adaptativas não permite que a própria formação das expectativas seja revista em função de uma mudança no sistema econômico. (SANTOS, 2003). Principiando pela contribuição de Muth surgiu a teoria das expectativas racionais. A nova metodologia tentava conciliar a racionalidade com o mecanismo de formação de expectativas. Apesar das pesquisas iniciais utilizarem dados de política monetária, as aplicações são abrangentes.

Esse princípio, portanto, pode também se aplicar às análises de riscos que utilizem séries temporais em sua construção. Fatores diversos podem influenciar retornos esperados na produção agrícola: níveis de chuvas, temperatura atmosférica, temperatura

e qualidade dos solos, presença de pragas, entre outros. Cada uma destas variáveis deve ser quantificada apropriadamente, seus valores possíveis devem estar distribuídos de forma condizente com a realidade. A distribuição cumulativa dos resultados deve ser examinada com tanta atenção quanto a média dos cenários simulados. Entretanto, fatores macroeconômicos muito relevantes podem alterar de uma vez o comportamento dos preços, as regulações do mercado e a alocação de trabalho e capital, podendo inutilizar os resultados de análises de risco de longo prazo. Essa sucessão de fenômenos foi observada após o ‘evento 20 sigmas’ do crash nas bolsas de valores de outubro de 1987 e após a ‘crise do subprime’ em 2008.

Abordada a relação entre produção agrícola e desenvolvimento, além do contexto histórico da cultura na Região Sul, do impacto dos fatores tecnológicos e de políticas voltadas ao setor, é preciso fazer algumas análises que permitam comprovar empiricamente essas contribuições teóricas. O próximo capítulo se dedica à descrição da metodologia escolhida para conduzir estas observações.

#### **4 METODOLOGIA**

Neste capítulo é analisada a produção de trigo em quatro Microrregiões da Região Sul do Brasil: Vacaria (RS), Curitibanos (SC), Guarapuava (PR) e Ponta Grossa (PR). Embora estejam separadas em três unidades da federação diferentes, tratam-se de Microrregiões que estão sobre uma mesma grande área geográfica, a de classificação Cfb de Köppen-Geiger conforme Kottet et al. (2006, p. 261) – clima subtropical úmido com verão temperado<sup>2</sup>. A escolha, por esse critério, ajuda a controlar o efeito de fatores climáticos sobre os resultados. Assim sendo, é mais provável que diferenças grandes de produtividade nesta mesma região, se existirem, possam ser atribuídos corretamente a variáveis que refletem fatores socioeconômicos particulares de cada local. Pereira et al. (2007) utilizam um fluxo de caixa simples de alguns meses entre o plantio e a colheita/venda da commodity. As médias e desvios-padrão de preços e produtividades foram calculados a partir da pequena série histórica disponível, sem levar em conta riscos de fatores climáticos de cada região.

#### **Tabela 2 – Descrição dos dados utilizados nos modelos**

---

<sup>2</sup> Ver Anexo 3

Microrreg	Município	Microrreg	Município
Ponta Grossa	Carambeí	Curitibanos	Campos Novos
Ponta Grossa	Castro	Curitibanos	Curitibanos
Ponta Grossa	Palmeira	Curitibanos	Vargem
Ponta Grossa	Ponta Grossa	Curitibanos	Zortéa
Guarapuava	Candói	Vacaria	Bom Jesus
Guarapuava	Cantagalo	Vacaria	Campestre da Serra
Guarapuava	Foz do Jordão	Vacaria	Capão Bonito do Sul
Guarapuava	Goioxim	Vacaria	Esmeralda
Guarapuava	Guarapuava	Vacaria	Ipê
Guarapuava	Laranjeiras do Sul	Vacaria	Lagoa Vermelha
Guarapuava	Pinhão	Vacaria	Monte Alegre dos Campos
Guarapuava	Porto Barreiro	Vacaria	Muitos Capões
Guarapuava	Reserva do Iguaçu	Vacaria	Pinhal da Serra
Guarapuava	Rio Bonito do Iguaçu	Vacaria	Vacaria
Guarapuava	Turvo		
Guarapuava	Virmond		

Fonte dos dados brutos: IBGE. Elaborado pelo autor.

Nesse levantamento, porém, são construídos cenários utilizando o custo variável da lavoura de trigo, e não o custo total – essa discriminação está disponível nas séries de dados disponíveis. A intenção é analisar o cultivo da cultura dentro de todo o espectro de tomada de decisão do produtor, o qual, assumimos, já tem uma cultura de verão para complementar a sua renda, e terá de arcar os custos fixos optando ou não pelo investimento tritícola. Este investimento é analisado, portanto, contra a possibilidade de não utilização da lavoura para uma cultura de inverno, e não contra aquela de investimento agrícola zero – análise comum, como ‘lucros auferidos vs. retorno esperado em aplicações financeiras’.

**Tabela 2 – Descrição dos dados utilizados nos modelos**

Variáveis do Modelo	Variáveis do Modelo
Produtividade trigo (t/ha)	Estabelecimentos que investiram (0 a 1)
Empregados por estabelec.	Variância na produtividade
Colheitadeiras por estabelec.	Participação do trigo na renda do estab (0 a 1)
Trator (<100cv) por estabelec.	Participação de ativ não agric. renda (0 a 1)
Trator (>100cv) por estabelec.	Area média colh. Trigo (ln)
Empregados c/ ens. Méd (0 a 1)	Estab. com instrução do produtor (0 a 1)
Empregados c/ ens. Sup. (0 a 1)	
Estab. que financiaram (0 a 1)	

Fonte dos dados brutos: IBGE. Elaborado pelo autor.

Os dados utilizados para análise são de acesso universal. Isto é, não foi necessário solicitar nenhum deles, estando todos disponíveis em bases públicas. Entretanto, microdados para o Censo Agropecuário, do IBGE, não puderam ser utilizados por não estarem disponíveis online, e a sua utilização por pesquisadores é restrita, sendo necessário agendamento e acesso por tempo limitado em escritórios do IBGE. Por esse motivo, foram usados dados agregados dos municípios, os quais, assim como séries de tempo de produtividade por cultura e por estado do Brasil, estão disponíveis na base de dados online do IBGE. Dados de taxas de juros estão disponíveis no banco de dados do IPEA, bem como os de inflação. Os custos totais da produção foram adquiridos por um levantamento conjunto do CONAB (Conselho nacional de abastecimento), DIGEM (Diretoria de logística e Gestão Agropecuária do MAPA), SUNIF (Superintendência de informações do Agronegócio do MAPA) e GECUP (Gerência de Custos de Produção do MAPA), sendo a soma de custos com aluguel de trator, mão de obra, fertilizantes, custos da terra, semeadura, colheita e transporte.

#### 4.1 CUSTOS VARIÁVEIS E INDICADORES BENEFÍCIO-CUSTO

O custo Variável fornece para o gestor informações úteis para a decisão de preço – para as organizações que podem definir o seu preço de venda – pois apresenta de forma clara a margem de contribuição e o ponto de equilíbrio. A margem de contribuição auxilia na decisão sobre quais produtos necessitam de uma melhor performance de vendas ou o quanto é preciso ter para suportar o nível de produção e absorver os custos fixos, gerando lucro (COLLATTO e REGINATO, 2005).

Pereira, Arêdes e Teixeira (2007) simularam, através do método de Monte Carlo, uma análise de viabilidade para o plantio de trigo no Rio Grande do Sul e Paraná. Ao longo de 15.000 iterações, a sua análise deixa variar com distribuição de probabilidade normal os preços de insumos, taxas de juros, preços de venda e produtividade. Seu modelo teórico avaliou um índice Benefício-Custo:

$$B/C = \sum_{t=0}^n \frac{B_t/(1+r)^t}{C_t/(1+r)^t}$$

No qual B representa as receitas, C representa custos variáveis e investimentos, t é o período de tempo e r é a taxa de desconto adotada. Outro item importante para os resultados da análise é o coeficiente de variação:

$$CV = \sigma_k / \bar{K}$$

Onde

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - \bar{K})^2}{n - 1}}$$

Os resultados apontaram um Benefício-Custo de 0,97 e Coeficiente de Variação de 24,9% contra 1,06 e 23,8% respectivamente para o Paraná. Esses valores apontam ao mesmo tempo maior lucratividade e menor risco para a produção no estado do Paraná.

Corbeti (2010) realizou uma análise de riscos para os lucros dos produtores de arroz no Rio Grande do Sul utilizando o método de Monte Carlo com 10.000 iterações em que variavam os custos de insumos e preços de venda de arroz em diferentes municípios do Rio Grande do Sul baseado em três métodos diferentes de produção para avaliar o mais lucrativo. Seus resultados apontaram pequena variabilidade de resultados entre cidades com o mesmo sistema de produção, independente da região. Foi ainda verificado de maneira efetiva que o sistema de cultivo convencional é o que apresenta o menor coeficiente de variação.

#### 4.2 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

O método de Monte Carlo, como apresentado por Metropolis e Ulam (1949), prevê a geração de um grande número de exemplos de resultados para qualquer dinâmica que se queira examinar, e examinar a proporção relativa de sucessos. Dessa forma, seguem, *[w]e can see at once that the estimate will never be confined within given limits with certainty, but only – if the number of trials is great – with great probability* (METROPOLIS e ULAM, 1949, p. 336). Metropolis e Ulam aplicaram o método extensivamente para resolverem problemas extremamente complexos de mecânica de partículas cuja resolução sem o uso de distribuição de probabilidades seria extremamente trabalhosa e com significados pouco inteligíveis. O método tem crescido em popularidade

como consequência dos grandes avanços na tecnologia computacional (JOHNSTON e DINARDO, 2007).

Brémaud (1998, p. 290) introduz a simulação numérica como nada mais senão avaliar a expectativa para um vetor aleatório  $Z$  de dimensão  $k$  com uma densidade de probabilidade  $f(x)$ . Esta expectativa se define por  $E[\phi(Z)]$  onde  $\phi: \mathbb{R}^k \rightarrow \mathbb{R}$  e  $E[|\phi(Z)|] < \infty$ . Assim, a formula que pode ser usada é

$$E[\phi(Z)] = \int_{\mathbb{R}^n} \phi(x)f(x) dx$$

Conforme o próprio autor, o cálculo dessa integral é uma referência teórica, raramente aplicável em análises de dados empíricos. Existem então duas alternativas: a primeira, descrita como integração numérica, ou o método de Monte Carlo, que é a geração de uma sequência de vetores aleatórios i.i.d.  $\{Z_n\}_{n \geq 1}$  com a mesma distribuição de  $Z$ , baseado na lei dos grandes números

$$E[\phi(Z)] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi(Z_i)$$

Para obter-se uma estimativa baseada em uma amostra finita,  $(Z_1, \dots, Z_n)$ . O tamanho da amostra é escolhido pela teoria dos intervalos de confiança, de modo a se obter uma dada precisão. As iterações retornam um erro total que é inversamente proporcional ao número de simulações ou iterações (Corbeti, 2010)

$$\varepsilon = \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

Na realização deste trabalho foi utilizado o @Risk, um software *plug-in* para o editor de dados Microsoft Excel. As etapas consistem em selecionar os dados utilizados como base, utilizar o assistente de distribuição de probabilidade para captar corretamente a distribuição mais aplicável a cada conjunto de observações e rodar a simulação com os resultados agregados. O algoritmo do software toma os valores de cada variável distribuídos conforme as probabilidades atribuídas e calcula cenários com as diferentes combinações de valores prováveis das variáveis. Tem, assim, em um extremo, o ‘pior cenário’, em que todos os fatores apresentam resultados combinados abaixo do que se espera. No outro extremo, o ‘melhor cenário’, e entre ambos os cenários, os resultados intermediários, combinações de resultados conforme probabilidades de cada um.

### 4.3 DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

Haas (1996) analisou as diferenças entre as distribuições de probabilidade mais utilizadas para simulações de Monte Carlo. As quatro distribuições analisadas são Normal, Weibull, Valor Extremo e Triangular. Savickas também analisou as diferenças entre distribuição Lognormal e Weibull (SAVICKAS, 2001).

#### 4.3.1 Distribuição Weibull

Distribuição explicada em detalhes em artigo do sueco Waloddi Weibull (1951), que demonstra sua ampla possibilidade de aplicação nas mais diversas ciências. É mais conhecida pela sua utilização na engenharia em estudos de durabilidade e confiabilidade de materiais. Isso ocorre porque a distribuição mede riscos que aumentam ou diminuem com o tempo (GAILMARD, 2014). Logo, a utilização em outros campos, como as ciências sociais, também tem crescido. Tem três parâmetros ao invés de dois como a distribuição normal. A distribuição Weibull também é utilizada para precificar opções de ações, conforme detalhado por Savickas (2001).

$$f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{T - \tau}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-(T-\tau/\eta)^\beta}, \quad x = T - \tau$$

$$1 - e^{-(T-\tau/\eta)^\beta} \quad x \geq 0$$

Sua função de densidade (*pdf*) tem três parâmetros, de formato (beta), inclinação ( $\eta$ ) e localização ( $\tau$ ). O parâmetro de localização tem sua importância em estudos de durabilidade e sobrevivência, mas fora disso é frequentemente deixado em branco.

#### 4.3.2 Distribuição Valor Extremo

A distribuição generalizada de valor extremo foi concebida para combinar a distribuição Weibull com outras duas ‘famílias’, tipos I (Gumbel), II (Fréchet) e III

(Weibull). É mais frequente a utilização do tipo I. O modelo foca no comportamento estatístico de

$$M_n = \max\{X_1, \dots, X_n\},$$

Sendo  $\{X_1, \dots, X_n\}$  uma sequência de variáveis aleatórias independentes tendo uma função de distribuição comum  $F$ . Os valores de  $X_i$  são valores de um processo medido em uma escala constante de tempo, de modo que  $M_n$  represente os valores máximos do processo em  $n$  observações (COLES, 2001). Para Hosking et al. (1984), problemas em áreas de conhecimento diversas estão relacionados às propriedades de eventos extremos; índices pluviométricos muito acima ou abaixo da média e além dos desvios-padrão esperados exigem aplicações para engenharia hídrica, por exemplo, bem como variações nos valores de títulos negociáveis são de interesse dos economistas. As magnitudes de eventos extremos são quantidades aleatórias cuja distribuição é, com frequência, bem descrita pela distribuição de Valor Extremo Generalizada. São parâmetros de escala, forma e localização –  $a$ ,  $b$  e  $c$ , respectivamente – cuja forma de estimação que se popularizou é a da probabilidade dos momentos ponderados (PWM ou Probability Weighted Method) (SINGH, 1998). A função de densidade é assim expressa:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[ 1 - \frac{b}{\alpha} (x - c)^{\frac{(1-b)}{b}} \right] e \left[ - \left( 1 - \frac{b}{\alpha} (x - c)^{\frac{1}{b}} \right) \right]$$

Enquanto a função de densidade cumulativa é

$$e \left[ - \left( 1 - \frac{b}{\alpha} (x - c)^{\frac{1}{b}} \right) \right]$$

### 4.3.3 Distribuição Triangular

Outra distribuição de probabilidade contínua, a distribuição Triangular é formada por três parâmetros, o valor mínimo  $a$ , valor máximo  $b$ , e o valor *peak*  $c$  – o valor mais próximo da média. A função de densidade tem formato triangular. É apropriada para estimações em que se pode atribuir a distribuição dos valores de erros nas variáveis com uma função linear (DE ASSIS et al, 2006). A simplicidade da distribuição a torna



apropriada para estimações de negócios quando não se conhecem ao certo os valores de média e desvio padrão. A definição de valor mínimo e máximo também permite uma estimativa livre de valores extremos indesejados em algumas aplicações. Conforme De Assis et al (2006) função de densidade se dá por

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)}, & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)}, & c \leq x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$

#### 4.3.4 Distribuição de Pareto

A distribuição de Pareto é apropriada para análises de sobrevivência, isto é, testes do tipo “a probabilidade da variável aleatória  $x$  ter valor maior que um dado número”. Tem sido utilizada para modelar dados em diversas áreas de conhecimento, entre elas já mencionadas análises de durabilidade e confiabilidade de materiais ou eventos extremos da natureza, além de aplicações nas ciências sociais. Nas ciências sociais, diversos autores lançam mão desta distribuição para o estudo da distribuição do tamanho de cidades em vários países ou dos ativos de empresas em diversas regiões (Simon & Bonini, 1958), entre outros.

$$P(x) = \frac{ab^a}{x^{a+1}}$$

$$D(x) = 1 - \left(\frac{b}{x}\right)^a$$

#### 4.4 FILTRAGEM DE SÉRIES HISTÓRICAS

Técnicas modernas de decomposição baseadas em métodos de filtragem são úteis na identificação de ciclos e super-ciclos (ERTEN e OCAMPO, 2012). Um filtro Band Pass como o de Christiano e Fitzgerald (2003) retorna tendências de longo prazo que evoluem gradativamente, enquanto modelos univariados de tendências estocásticas ou determinísticas assumem que a tendência se mantém constante até que ocorra uma quebra

estrutural na série. Os métodos de filtragem têm se desenvolvido como parte de pesquisas sobre ciclos de negócios na macroeconomia (ERTEN e OCAMPO, 2012, p.5). O filtro de Christiano-Fitzgerald quebra uma série de tempo em componentes de tendência e de ciclo:

$$y_t = \tau_t + c_t$$

onde  $\tau_t$  é o componente de tendência e  $c_t$  é o componente cíclico. O objetivo é estimar o valor de  $c_t$ , uma vez que  $\tau_t$  é igual à diferença entre  $y_t$  e  $c_t$ . O filtro de Christiano-Fitzgerald é o melhor preditor linear da série filtrada quando  $y_t$  é um random walk ou um random walk com drift (CHRISTIANO e FITZGERALD, 2003). Os autores estimam que o filtro BP ideal funcionaria com séries tendendo ao infinito que extrai o componente cíclico da seguinte forma:

$$c_t = \sum_{j=-\infty}^{\infty} b_j y_{t-j}$$

Entretanto, nossa série de análise tem tamanho finito, e o filtro não pode ser extraído exatamente. Um filtro que minimiza os erros quadrados médios (MSE) entre a série filtrada e aquela do filtro ideal, é assim calculado:

$$c_t = b_0 y_t + \sum_{j=1}^{T-t-1} b_j y_{t+j} + \tilde{b}_{T-t} y_T + \sum_{j=1}^{t-2} b_j y_{t-j} + \tilde{b}_{t-1} y_1$$

no qual  $b_0$  e  $b_j$  são ponderações usadas pelo filtro ideal e  $\tilde{b}_{T-t}$ ,  $\tilde{b}_{t-1}$  são funções lineares destas ponderações, expressos, na hipótese padrão de série não-estacionária, como:

$$\tilde{b}_{t-1} = -\frac{1}{2} b_0 - \sum_{j=1}^{t-2} b_j$$

$$\tilde{b}_{T-t} = -\frac{1}{2} b_0 - \sum_{j=1}^{T-t-1} b_j$$

As séries são quebradas em linhas de tendência, ciclo e ganho, sendo as duas primeiras mais importantes para esta análise. Para este trabalho, foi utilizado o software Stata 13. O teste pode ser realizado no menu '*statistics*', seção '*time-series*', '*filters for cyclical components*'. É necessário escolher o nome das variáveis a serem geradas e definir os dados como série de tempo.

#### 4.5 DADOS CROSS SECTION E REGRESSÃO LINEAR

O trabalho tenta estabelecer também alguns determinantes para as diferenças de produtividade nominal e variância da produtividade. Esta seção se destina a fazer uma análise da ferramenta teórica que pode ser utilizada para uma análise correta.

As duas séries utilizadas como variáveis dependentes nas regressões são referentes à produtividade em toneladas de trigo colhido por hectare, e a variância desta produtividade nos cinco anos anteriores – ambas discriminadas por município, num total de 30 observações. Estas séries de produtividades podem ser analisadas nominalmente ou normalizadas. Essa normalização nos permite utilizar um leque maior de modelos de regressão, incluindo aqueles que exigem que a variável dependente esteja entre 0 e 1. Além deste modelo, seguindo o exemplo de Hamilton (2013) será utilizada a regressão padrão de mínimos quadrados ordinários (OLS). Confiar apenas no modelo OLS pode ser muito problemático para pesquisas, pois algumas de suas pressuposições são muito frágeis diante da maior parte dos dados empíricos levantados – principalmente a que diz respeito aos resíduos da regressão. Entretanto, é enriquecedora a sua utilização como recurso secundário para a comparação e definição do quanto a escolha do modelo afeta as conclusões.

A análise de dados cross section prevê um ‘corte transversal’ que apresente os indivíduos observados e as suas respectivas características de interesse distribuídos em uma mesma unidade de tempo. Embora não permita a observação em diversos períodos, como no modelo de dados em Painel, ainda fazer inferências válidas.

É desejável que a amostragem seja aleatória. A suposição de amostragem aleatória específica que existe modelo populacional especificado, e uma amostra independente e idênticamente distribuída (i.i.d.) pode ser extraída da população. Entretanto, amostras organizadas em dados cross section, por construção, não costumam ser totalmente aleatórias. A necessidade de agrupar observações baseado em características comuns, com objetivo de realizar inferências corretas sobre um fenômeno, leva a estratificação de amostras independentes e não idênticamente distribuídas (i.n.i.d.).

### 4.5.1 Mínimos Quadrados Ordinários

O ponto de partida para os modelos de inferência estatística é o modelo teórico dos Mínimos Quadrados Ordinários. A base para a análise é de que o fenômeno estudado se dá por

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots + \beta_k x_k + u$$

Onde  $y$ , e os  $x_i$ , são os valores observáveis retirados da população por meio de amostras. Os betas são os parâmetros constantes que queremos estimar,  $u$  é o distúrbio de erros aleatórios não observados (Wooldridge, 2010).

Alguns pressupostos são importantes para o modelo de regressão linear. São pressupostos sobre a especificação do modelo, a seleção de variáveis e sobre os erros do modelo. A obediência a estes garante que os estimadores obtidos a partir do modelo serão BLUE: os melhores estimadores lineares não-viesados. Estimadores viesados levam o pesquisador a conclusões errôneas sobre a importância dos parâmetros para o fenômeno observado, podendo sobrestimar ou subestimar os mesmos, assim como suas variâncias. Quando os estimadores são inconsistentes, os resultados obtidos para pequenas amostras não se mantêm quando aplicados para amostras maiores – as amostras podem crescer até o infinito, e o estimador deve ser assintoticamente consistente.

A forma matricial da estimação por MQO é conforme a equação:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_m \end{bmatrix} \beta + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_m \end{bmatrix}$$

$$E[\varepsilon_i t] = 0$$

$$\text{Var}[\varepsilon_i t] = \sigma^2$$

$$\text{Cov}[\varepsilon_i t, \varepsilon_j s] = 0$$

$$\hat{\beta}_{MQO} = (X'X)^{-1}X'y$$

O método parte do princípio de que a variável dependente não tem erros de medição. A regressão linear por mínimos quadrados ordinários se resume a reduzir a soma dos quadrados dos erros em relação à variável dependente. Significa o ajuste para

minimizar os erros do modelo, partindo do princípio de que a variável de estudo está correta. O modelo também prevê especificação correta. Espera-se, portanto, que a regressão linear não será usada para estudar, por exemplo, fenômenos não-lineares.

A condição de normalidade assintótica também deve ser atingida. Assim, a distribuição dos erros deve ser normal, sob risco de enviesar os valores de significância p – as estatísticas t e F não terão, respectivamente, formatos t e F. A normalidade dos erros prevê que os mesmos serão distribuídos simetricamente ao redor da média, e que mais de 95% dos valores cairão entre dois desvios-padrão. É especialmente importante no caso dos erros, que devem ter média 0 e desvio-padrão 1.

Sobre os erros do modelo há diversos outros pressupostos fundamentais. Os erros do modelo devem ter média condicional zero – condicional em relação a  $x$ . Os distúrbios devem apresentar a mesma variância em cada observação. Essa hipótese é também conhecida como homocedasticidade, e é uma hipótese forte e difícil de ser verificada de forma estrita na maior parte das bases de dados. Os erros de condicionais das variáveis dependentes também não devem apresentar correlação serial. As hipóteses de heterocedasticidade e autocorrelação, juntas, são entendidas como hipótese de distúrbios esféricos. Na violação desta, os estimadores de mínimos quadrados ordinários são válidos, mas não mais eficientes. Isso significa que os coeficientes de cada variável deixam de ser confiáveis, perdendo a consistência.

Uma vez que algumas variáveis dependentes ainda apresentam correlação – será evidenciado mais adiante como isso afeta a significância dos coeficientes – o modelo de mínimos quadrados generalizados encontra melhor suporte na literatura.

$$\hat{\beta}_{MQO} = (X'X)^{-1}X'y$$

Para este trabalho, foi utilizado o software Stata 13. O teste pode ser realizado no menu '*statistics*', seção '*linear models and related*', '*linear regression*'. Se não forem selecionados outras opções na respectiva janela, o modelo rodado por padrão é o de regressão linear simples.

#### **4.5.2 Mínimos Quadrados Generalizados ou Ponderados**

A estimação de parâmetros por mínimos quadrados generalizados acrescenta uma matriz de variância dos termos de erro à formula de estimação:

$$\hat{\beta}_{MQG} = (X'\hat{\Omega}^{-1}X)^{-1}X'\hat{\Omega}^{-1}y$$

$$E[\varepsilon\varepsilon'] = \Omega = \begin{bmatrix} \sigma_{1,1}\Omega_{1,1} & \sigma_{1,1}\Omega_{1,1} & \cdots & \sigma_{1,m}\Omega_{1,m} \\ \sigma_{2,1}\Omega_{2,1} & \sigma_{2,1}\Omega_{2,1} & \ddots & \sigma_{2,m}\Omega_{2,m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{m,1}\Omega_{m,1} & \sigma_{m,1}\Omega_{m,1} & \cdots & \sigma_{m,m}\Omega_{m,m} \end{bmatrix}$$

$$\widehat{\text{Var}}(\hat{\beta}_{MQG}) = (X'\hat{\Omega}^{-1}X)^{-1}$$

O resultado é um estimador é não-viesado, consistente e eficiente, mesmo em presença de heterocedasticidade ou correlação entre variáveis dependentes. A correlação em de variáveis dependentes, para dados cross section, faz com que a variância do modelo seja viesada – em geral, subestimada, pois a covariância real será diferente de zero, ao contrário do que pressupõe o modelo de Mínimos quadrados ordinários (covariância zero entre erros das variáveis).

As correlações de Pearson indicam que as variáveis de tecnologia – tratores com mais de 100cv, tratores com menos de 100cv e colheitadeiras por estabelecimento – estão correlacionadas com outros indicadores de área média. Essa correlação indica do que já defenderam Adamopoulos e Restuccia (2014): estabelecimentos maiores são, em média, mais produtivos e dispõem de mais capital fixo. As variáveis educacionais estão melhor correlacionadas com a variável instrução própria (que sinaliza a proporção de produtores que não fez uso de qualquer orientação externa no período anterior). Essa correlação indica que produtores com maior nível educacional tentem a contar apenas com o próprio conhecimento técnico. As variáveis de proporção de unidades produtivas que obtiveram financiamentos ou realizaram investimentos no período anterior não demonstraram correlação significativa com outras variáveis dependentes. Ao contrário do que seria esperado, a variável de participação da renda do trigo no total da renda dos estabelecimentos não tem correlação significativa com variáveis de número médio de hectares dedicados à atividade tritícola e participação de atividades não agrícolas na renda dos estabelecimentos.

Para determinar origens de discrepância nos dados de produtividade e volatilidade nas regiões estudadas, com base em modelos estudados anteriormente, serão utilizadas variáveis dependentes relacionadas à tecnologia, educação e características das propriedades. As variáveis independentes escolhidas para o modelo: número de

colheitadeiras no estabelecimento, uma vez que todas as variáveis tecnológicas estão relacionadas e se tentará reduzir esses casos na medida do possível; participação da renda do trigo na renda dos estabelecimentos, participação das atividades não agrícolas na renda dos estabelecimentos, instrução própria – pois é uma proxy para educação menos correlacionada com as demais variáveis independentes; e área média dedicada ao cultivo do trigo.

É interessante notar que a área média destinada ao plantio de trigo é distribuída normalmente entre os municípios estudados. Não se trata apenas de uma melhoria teórica para o modelo ao incluir uma variável com distribuição normal. É também um indicativo de que a amostra escolhida é de qualidade, e permite uma análise bem conectada com a realidade. Ao longo dos 30 municípios estudados, não existem viés consideráveis de área média de cultivo de trigo, o que faz com que todas as observações sejam relevantes. Para a variável de estudo, produtividade na produção de trigo (toneladas por hectare), a hipótese de normalidade pode ser rejeitada. Embora, para a especificação teórica do modelo, fosse desejável que a distribuição desta variável também fosse normal, duas ressalvas devem ser feitas: a primeira é de que a hipótese fundamental sobre normalidade da distribuição incide sobre os erros do modelo, não sobre a variável dependente. Citando Box (1976, p. 792), “nunca houve na natureza uma distribuição normal, bem como nunca houve uma linha reta, mesmo assim as hipóteses linear e de normalidade, conhecidamente falsas, podem ser usadas para derivar resultados que representam, com uma útil aproximação, aqueles encontrados no mundo real”. Além disso, o fato da distribuição dos níveis de produtividade não ser normal, enquanto a distribuição das áreas de plantio o é, implica que há na origem desses desvios algum fenômeno relevante a ser estudado.

O teste de viés de variável omitida é importante para o modelo. A omissão de variáveis importantes para a explicação do fenômeno tem influência sobre a verificação da hipótese de que o termo de erro e as variáveis independentes não estão correlacionadas. Para dados cross section, a omissão pode resultar, também, em correlação serial.

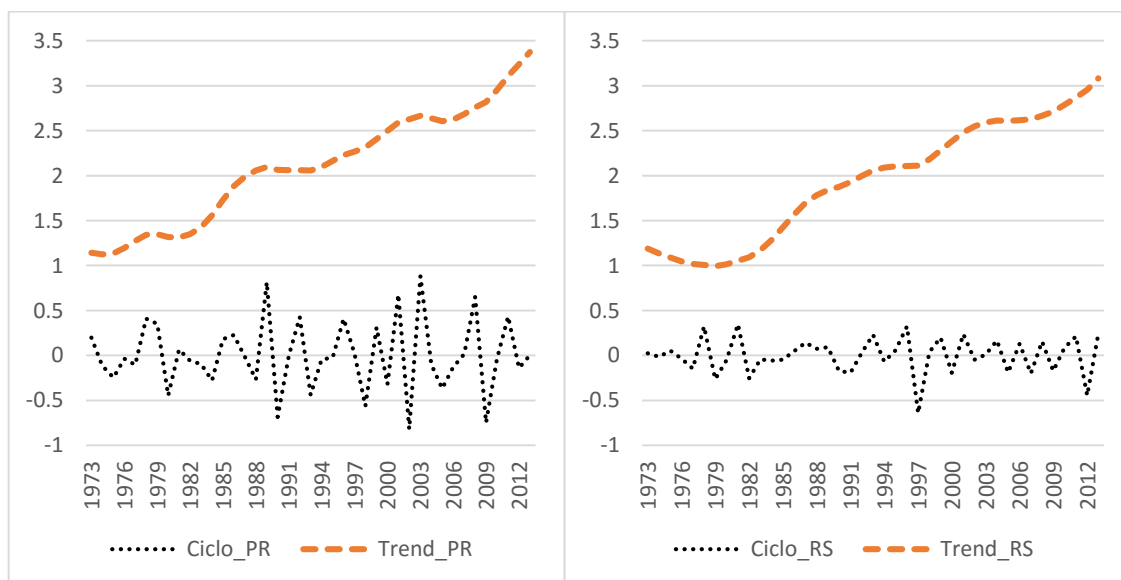
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute, inicialmente, a filtragem das séries históricas e uma breve exposição destas, os resultados para a simulação de cenários com o método de Monte Carlo e o cálculo dos índices Benefício/Custo esperados para cada cenário. Após isso, são expostos e analisados os resultados da regressão linear com dados do Censo Agropecuário de 2006 para avaliar determinantes nas diferenças entre produtividade nominal das regiões.

### 5.1 FILTRAGEM DAS SÉRIES HISTÓRICAS

Iniciou-se pela filtragem das séries a serem utilizadas como *inputs* para a etapa seguinte, da simulação pelo método de Monte Carlo. Os preços foram analisados e filtrados de duas formas: preços nominais e deflacionados pelo IPCA. Além das séries desinflacionadas confirmarem tendências de quedas de preços em linha com a desaceleração mundial, nota-se na Figura 6 que na região do Paraná, os preços tiveram uma queda muito maior no período. A queda foi de um patamar próximo aos R\$ 30,00 por saca para abaixo de R\$ 20,00 por saca (valores de referência de 2003). Embora os preços para o Rio Grande do Sul também tenham oscilado bastante no período, terminaram a série numa posição estável em relação ao início, estáveis na casa de R\$ 20,00.

**Figura 5 – Séries históricas de produtividade filtradas, 1973 a 2013**

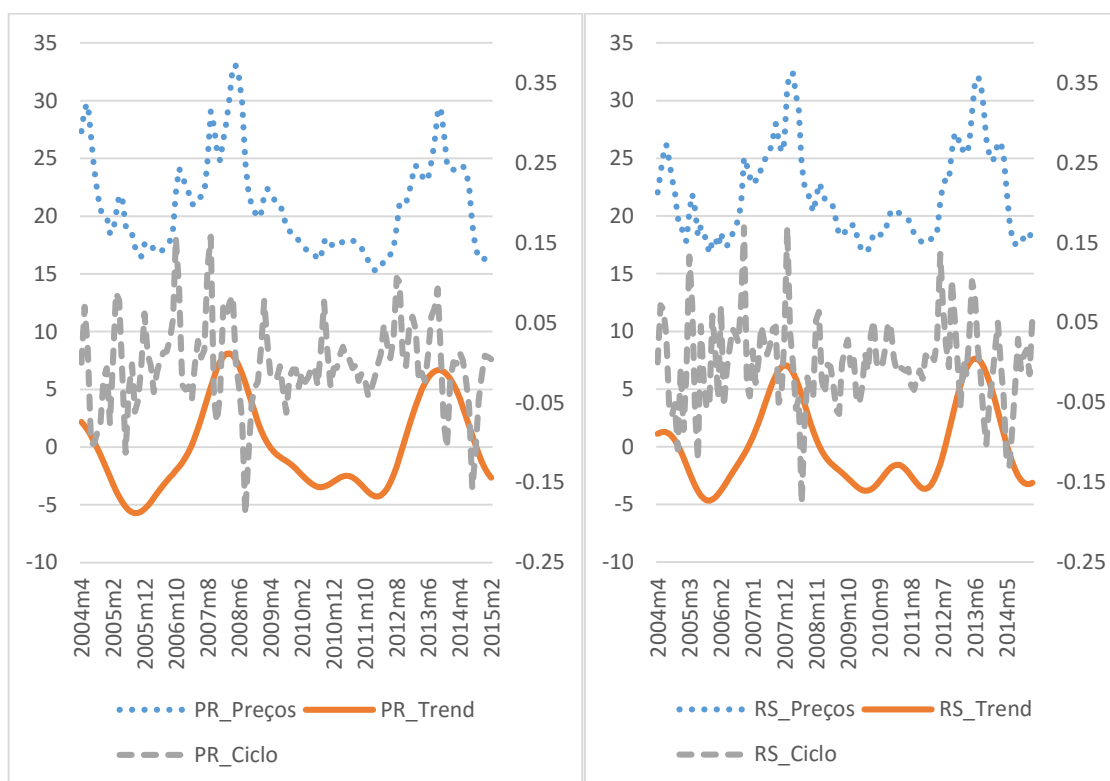




Fonte: elaboração própria.

A produtividade média na Microrregião de Ponta Grossa é maior, mas a linha de ‘ciclo’ demonstra oscilação maior do que a de Vacaria. As estatísticas descritivas também ajudam na compreensão: Os desvios padrão para os componentes cíclicos de Paraná e Rio Grande do Sul são, respectivamente, 0.39 e 0.20. Os valores de tendência de crescimento acabaram a série, respectivamente, em 3,4 e 3,1 toneladas por hectare.

**Figura 6 – Séries históricas de preços filtradas, 1973 a 2013**



Fonte: elaboração própria.

## 5.2 SIMULAÇÃO MONTE CARLO

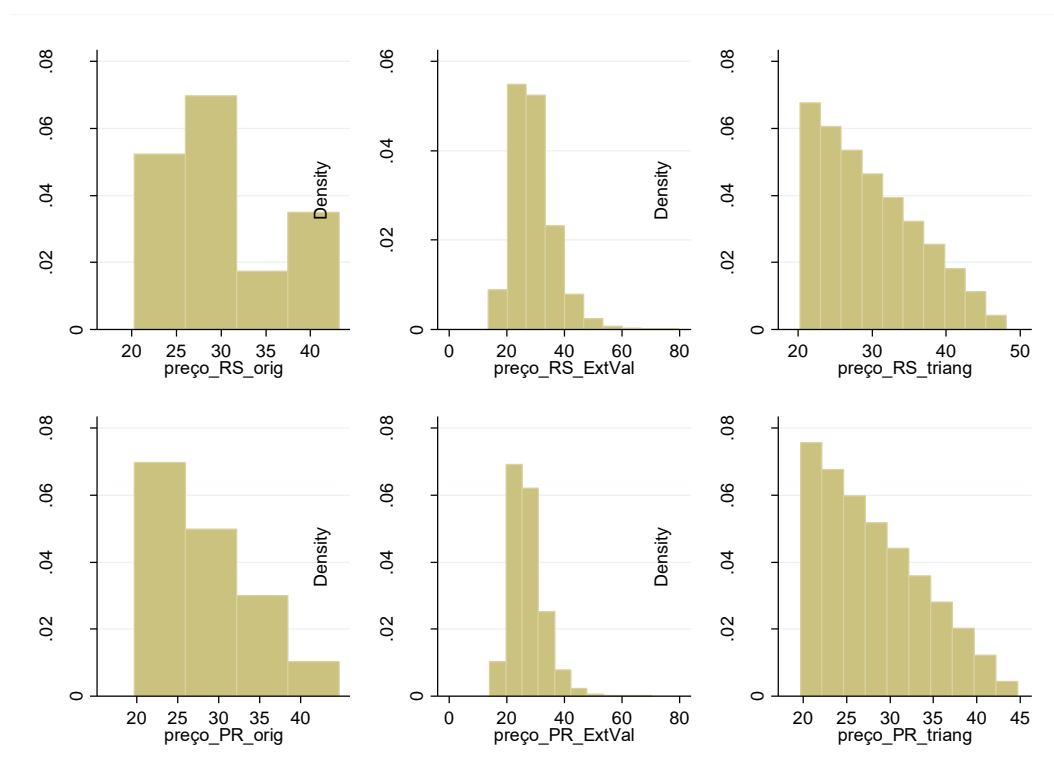
### 5.2.1 Simulação de Preços

Para a análise com o método de Monte Carlo, foram simulados individualmente cenários para preços, custos e produtividade nas regiões estudadas, conforme as duas distribuições que melhor se encaixam com os dados observados. A primeira variável aqui exposta, a dos preços, teve 10000 valores simulados a partir de 10 observações, conforme tabela disponível para consulta no Anexo 1.

**Tabela 3 - Simulações para series de preços em diferentes probabilidades**

Série	Estado	Obs	Media	Desv.Pad	Min	Max	Akaike
Original	RS	10	29,37	7,32	20,25	43,18	-
Prob. ExtValue	RS	10000	29,23	7,13	13,06	79,58	72,057
Prob. Triangular	RS	10000	29,62	6,62	20,25	48,12	73,067
Original	PR	10	27,22	6,29	19,66	41,35	-
Prob. Triangular	PR	10000	28,04	5,92	19,66	44,68	70,087
Prob. ExtValue	PR	10000	27,01	5,71	14,06	67,8	68,061

Fonte: elaboração própria.

**Figura 7 – Gráficos das distribuições de probabilidades de preços**

Fonte: elaboração própria.

De acordo com o critério de Akaike, as distribuições de valor extremo, para o Rio Grande do Sul, e triangular, para o Paraná, são aquelas com melhor encaixe nos dados da série original. O resultado das 10000 simulações, observado em conjunto, retorna valores muito próximos àquelas da série original no Rio Grande do Sul, principalmente para média e desvio padrão. Há alguma discrepância nos valores extremos como visto nos valores mínimos e máximos. Para o Paraná, as simulações tiveram pequenas diferenças de médias e desvios-padrão em relação à série original.

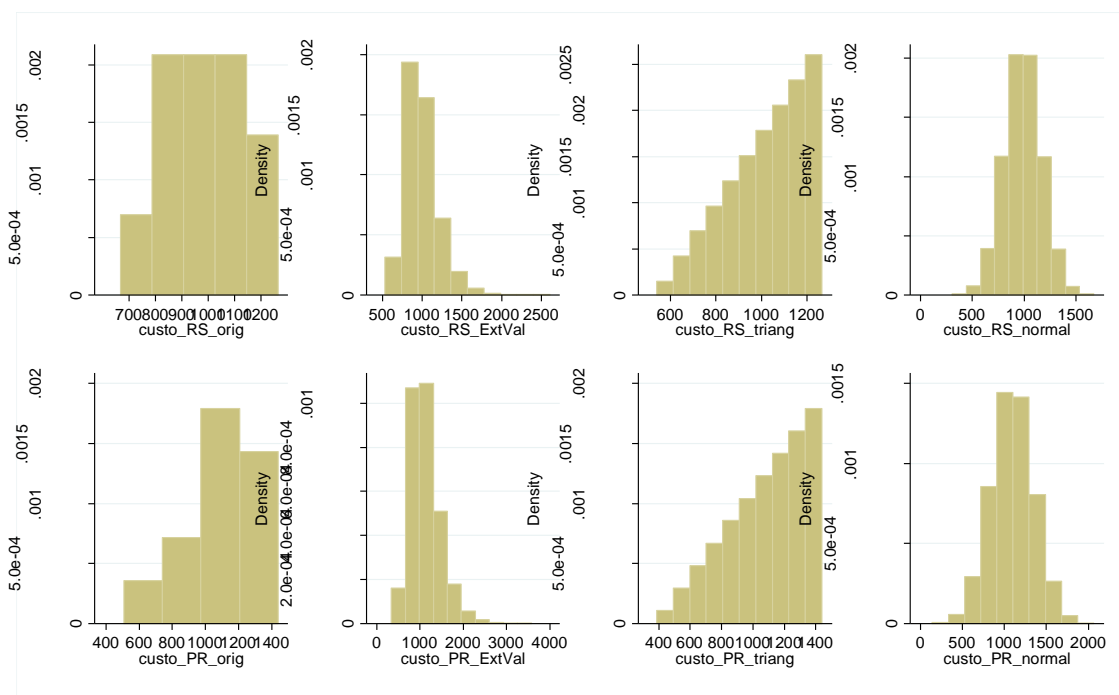
No que diz respeito às diferenças entre cada distribuição é possível notar que a média de preços simulados pela distribuição triangular é maior. A escolha pela distribuição de valor extremo, além de recomendada segundo o critério de Akaike, também aparece como uma escolha mais cautelosa para uma análise de riscos – enquanto a distribuição Weibull poderia ser considerada otimista. A Figura 7 mostra histogramas dos valores simulados e demonstra que a probabilidade Triangular tem uma proporção maior de observações acima da média, se comparado com a distribuição de Valor Extremo.

Embora o ‘fit’ do modelo seja melhor com a distribuição de Valor Extremo, a interpretação ainda precisa ser cautelosa. Com o que se analisou sobre o momento atual do mercado de trigo e o de commodities como um todo, além da literatura de ciclos e super ciclos, anteriormente revisada, pode-se dizer que é muito improvável verificar uma média de preços perto dos R\$ 27 por saca nos anos seguintes, embora o modelo aponte esse cenário como o ideal. Angrist e Pischke (2008) abortam extensivamente a ocorrência de casos em que o ‘fit’ do modelo obedece aos critérios teóricos, mas a aplicação é desconexa da realidade. Essa situação também vai parcialmente ao encontro do apontado por Muth e Lucas quando da proposição da hipótese de expectativas racionais: é necessário um grande cuidado com modelos de séries temporais que atribuam a mesma importância a observações mais antigas e mais recentes.

### **5.2.2 Simulação de Custos**

As simulações sobre os custos variáveis esperados por hectare para o produtor em cada localidade resultaram em uma distribuição ideal com probabilidade valor extremo para o Rio Grande do Sul e triangular ou normal, pelo critério de Akaike. Foram trazidas para a análise séries simuladas com probabilidade triangular, normal e valor extremo. Os cenários mais conservadores, uma vez que refletem custos maiores, são aqueles de probabilidade triangular para o Rio Grande do Sul e valor extremo para o Paraná. Essa escolha por custos com tendência maior do que o observado na série se baseia em indicadores de inflação de preços ao produtor e ao consumidor final, disponíveis para o autor, mas não captadas pelas séries de tempo analisadas.

### **Figura 8 - Gráficos das distribuições de probabilidades de custos variáveis**



Fonte: elaboração própria.

Para os custos variáveis no Paraná, as três distribuições com melhor encaixe foram também a Normal, Triangular e Valor Extremo. A média da simulação com distribuição Valor Extremo foi muito próxima àquela da série original. As duas demais, avaliando uma tendência de inflação aos produtores, trazem cenários mais cautelosos, com custos variáveis maiores.

**Tabela 4 – Simulações para series de Custos em diferentes probabilidades – RS**

Série	Estado	Obs	Media	Desv.Pad	Min	Max	Akaike
Série Original	RS	12	963,78	193,473	573,78	1266,01	-
Prob. Normal	RS	10000	987,37	179,371	306,66	1669,38	182,93
Prob. Triangular	RS	10000	1022,58	172,134	538,99	1265,99	164,31
Prob. Val. Ext.	RS	10000	995,3	208,41	531,13	2608,53	164,18
Série Original	PR	12	1072,27	190,754	667,2	1365,21	-
Prob. Val. Ext	PR	10000	1126,14	356,13	231,93	3572,36	175,62
Prob. Triangular	PR	10000	1084,64	250,297	386,756	1438,58	171,32
Prob. Normal	PR	10000	1096	254,512	79,66	2126,64	171,32

Fonte: elaboração própria.

### 5.2.3 Simulação de Produtividades

As duas séries originais de produtividade têm médias bastante parecidas, sendo 2,71 para o Rio Grande do Sul S e 2.81 para o Paraná, com a variância no Paraná sendo o dobro daquela do Rio Grande do Sul (os desvios-padrão são, respectivamente, 0,571 a

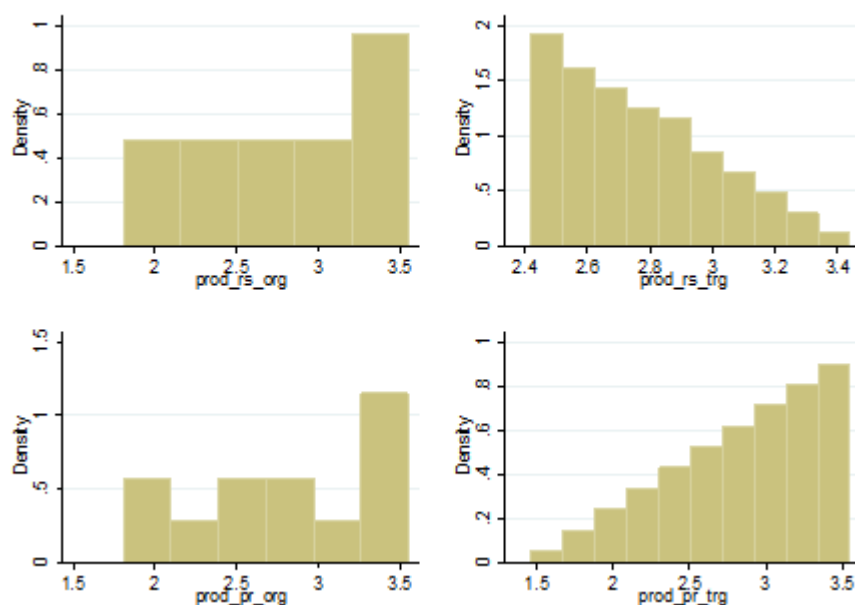
0,333). Ao contrário do que se verifica nos preços, verifica-se que a tendência de produtividade não sofrerá grandes mudanças no futuro próximo devido a restrições de acesso a novas tecnologias e um nível estável de depreciação e reposição dos fatores de produção existentes. As produtividades estão sujeitas a riscos climáticos, mas estes já são captados apropriadamente na série original e refletidos na simulação. Os valores mínimos de cada série apresentam situações críticas, de produtividades muito abaixo da tendência. Por esses motivos, foram geradas simulações para apenas uma distribuição triangular em cada estado – seguindo os critérios de Akaike.

**Tabela 5 – Simulações para series de Produtividades – RS e PR**

Série	Estado	Obs	Media	Desv.Pad	Min	Max	Akaike
Série Original <sup>1</sup>	RS	12	2,71	0,262	2,42	3,33	-
Prob. Triangular	RS	10000	2,76	0,24	2,41	3,44	3,81
Série Original <sup>1</sup>	PR	12	2,81	0,571	1,81	3,55	-
Prob. Triangular	PR	10000	2,84	0,49	1,45	3,55	23,4

Fonte: elaboração própria.

**Figura 9 - Gráficos das distribuições de probabilidades para a produtividade**



Fonte: elaboração própria.

#### 5.2.4 Cálculo dos Índices Benefício-Custo

Organizadas todas as simulações de preços, custos variáveis e produtividades, está pronta para ser calculada a tabela de margens de contribuição e Índices Benefício/Lucro que agrupa todas as combinações de variáveis simuladas, e assim completar a análise de

riscos para produtores da região. Os resultados são expostos na Tabela 6. O estado do Rio Grande do Sul tem os melhores resultados de Benefício-Custo, por melhores médias de preços e custos variáveis mais baixos, enquanto a produtividade no estado do Paraná é maior.

**Tabela 6 – Resultados das Simulações**

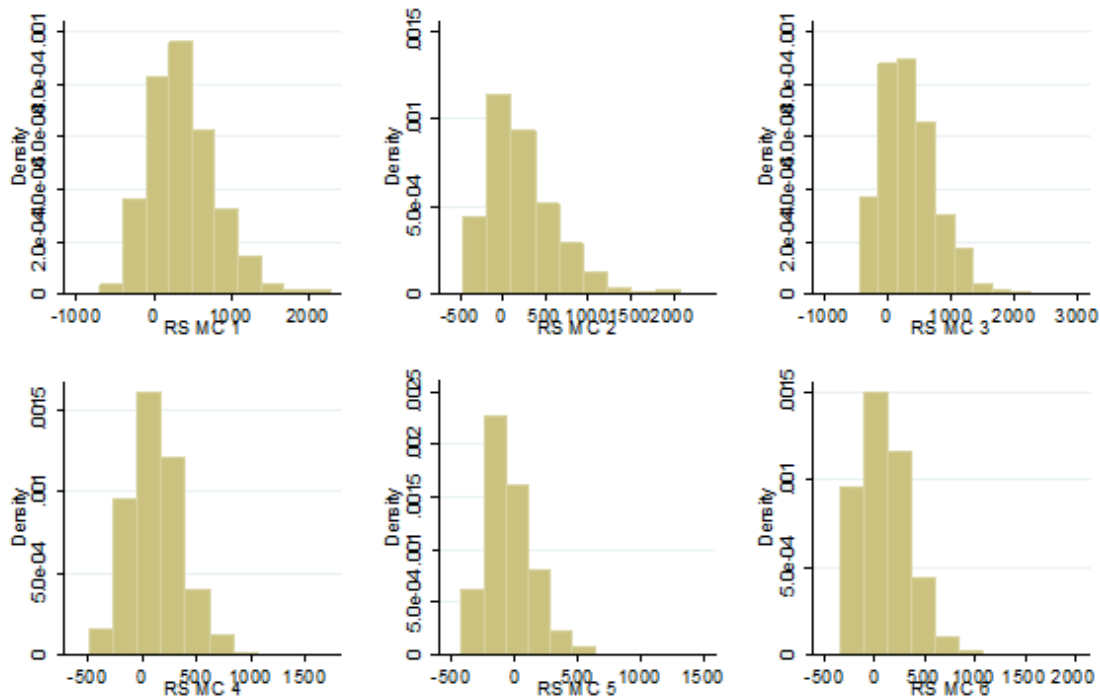
Estado	Preços	Custos	Prod	Media	Desv.pd	Min	Max	Benefício-Custo
RS	Val. Ext	Val. Ext.	Triangular	<b>350.19</b>	406.744	-1228.47	2602.17	1.41
RS	Val. Ext	Triang	Triangular	<b>322.91</b>	388.456	-563.27	2425.87	1.36
RS	Val. Ext	Normal	Triangular	<b>358.12</b>	389.351	-701.21	2550.23	1.41
RS	Triangular	Val. Ext.	Triangular	<b>368.29</b>	389.067	-1653.13	1885.88	1.42
RS	Triangular	Triang	Triangular	<b>341.01</b>	369.688	-409.12	1931.37	1.38
RS	Triangular	Normal	Triangular	<b>376.22</b>	373.158	-738.66	1864.39	1.43
PR	Val. Ext	Val. Ext.	Triangular	<b>156.27</b>	504.097	-2676.04	2303.38	1.25
PR	Val. Ext	Triang	Triangular	<b>197.77</b>	434.330	-881.03	2742.00	1.27
PR	Val. Ext	Normal	Triangular	<b>186.41</b>	436.764	-1207.17	2488.72	1.25
PR	Triangular	Val. Ext.	Triangular	<b>204.86</b>	511.745	-2789.97	1885.34	1.30
PR	Triangular	Triang	Triangular	<b>246.36</b>	444.837	-894.88	1932.30	1.31
PR	Triangular	Normal	Triangular	<b>235.00</b>	446.092	-1262.39	1990.58	1.29

Fonte: elaboração própria.

A matriz de taxas de B/C traz uma ideia da magnitude do impacto que a escolha das probabilidades tem na simulação. No caso do Rio Grande do Sul, a escolha pela probabilidade triangular para a variável de custos é que resulta, na média, na análise com os índices B/C mais baixos para o produtor. Os resultados são, possivelmente, não alinhados com o contexto, pois desenham uma continuação da tendência de alta de preços registrada até 2013 – tendência que foi interrompida, como se verifica através de análises do cenário macroeconômico. As combinações de Preços e Custos Variáveis que retornam os maiores – ou menos conservadores – resultados para os índices de Benefício/Custo são: para o Rio Grande do Sul, preços com probabilidade triangular e custos com probabilidade normal; e para o Paraná, preços com e custos variáveis com probabilidade triangular.

Para o caso das simulações, menor variância não é necessariamente o indicador de melhor distribuição, pois o mais importante é que a variância siga aquela das observações originais, respeitando as características de cada local. O estado do Paraná tem comprovadamente uma maior variância na sua produtividade ano a ano. Uma análise de riscos robusta deve considerar estes fatores particulares.

**Figura 10 – Histogramas das Margens de Contribuição, RS**

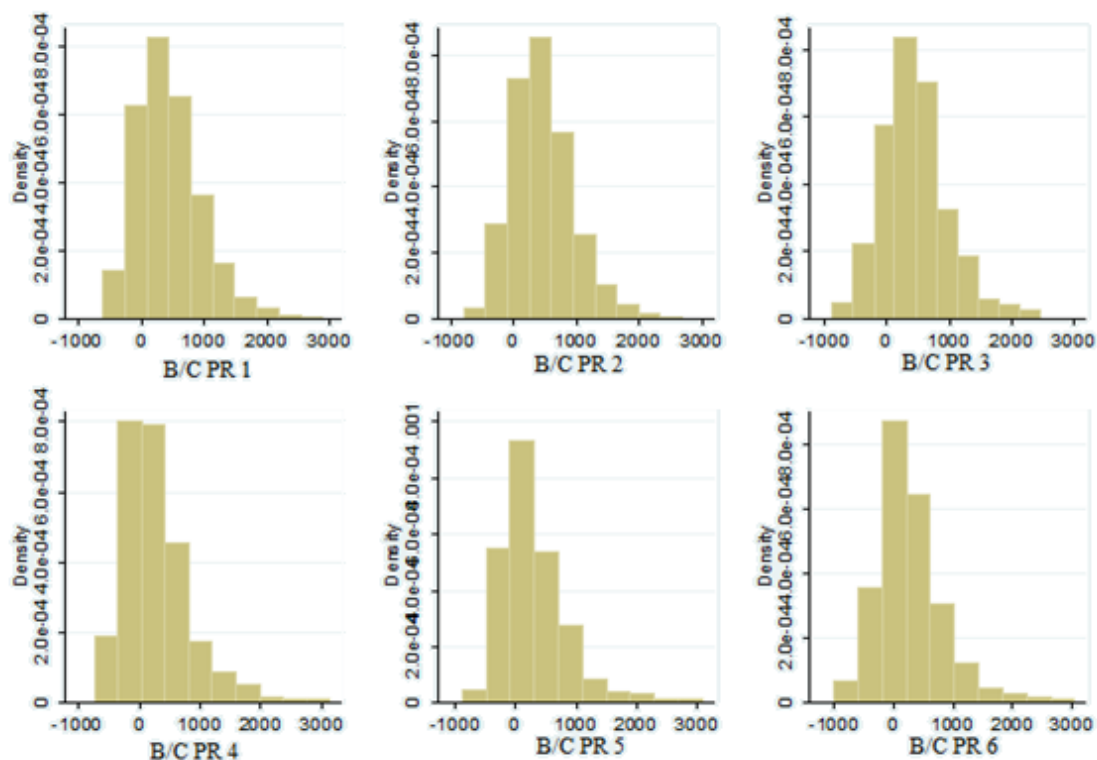


Fonte: elaboração própria.

Observa-se que mesmo modelos de previsão de preços com melhor embasamento teórico tiveram os resultados mais condizentes com a realidade, embora ainda com algum erro persistente nas previsões, muito em função das mudanças nos ciclos econômicos, abordadas no capítulo respectivo.

A seguir, vem a análise dos indicadores Benefício Custo. Estes resultados não são comparáveis com aqueles levantados na literatura por Pereira et al. (2007) em função de uma diferença metodológica: Este trabalho analisa o custo variável e não o custo total na nossa simulação. É possível notar que a produção de trigo tem resultados muito baixos de margem de contribuição para os produtores em ambas as microrregiões estudadas, Vacaria e Ponta Grossa. Se considerados os custos totais, é possível esperar prejuízos para a atividade. As altas nos custos dos insumos tornam a atividade deficitária com os níveis de produtividade atuais – isto é, considerados os preços de insumos e preços de venda pagos ao produtor, o mesmo tem prejuízos se não alcançar uma produtividade (toneladas por hectare) que está muito longe da verificada atualmente.

**Figura 11 – Histogramas das Margens de Contribuição, PR**



Fonte: elaboração própria.

É preciso, portanto, compreender o contexto em que a atividade tritícola se encaixa dentro da tomada de decisões daquele que produz. As unidades produtivas têm nas culturas de verão um lucro que cobre as perdas com o trigo. Este, por sua vez, continua fazendo parte de um importante trabalho de rotação de culturas, o que significa que as perdas sem o mesmo podem ser muito maiores em caso da deterioração do solo para o plantio e colheita da soja. Diante de tal situação, para muitos produtores o trigo pode ser considerado um investimento.

Poderíamos também analisar a expectativa de lucro da produção de trigo contra aquela da produção de outras culturas de inverno, visando uma eventual troca de cultura em caso de valor que suporte essa decisão. Entretanto, é preciso notar que há custos muito grandes de ‘curva de aprendizagem’ na troca de culturas. Em outras palavras, uma análise do lucro de produção de outra cultura de inverno teria como base os valores de uma unidade de produção que já domina a técnica há diversas temporadas, enquanto a nossa unidade de pesquisa, na prática, incorre em custos maiores e receitas menores por erros cometidos durante o processo de adaptação à nova produção. O modelo potencial de Wrigth (1936), o mais lembrado entre os pesquisadores de produtividade e curvas de aprendizagem (ANZANELLO e FOGLIATTO, 2007), define a curva de custo médio de produção  $y$  como:



$$y = C_1 x^b$$

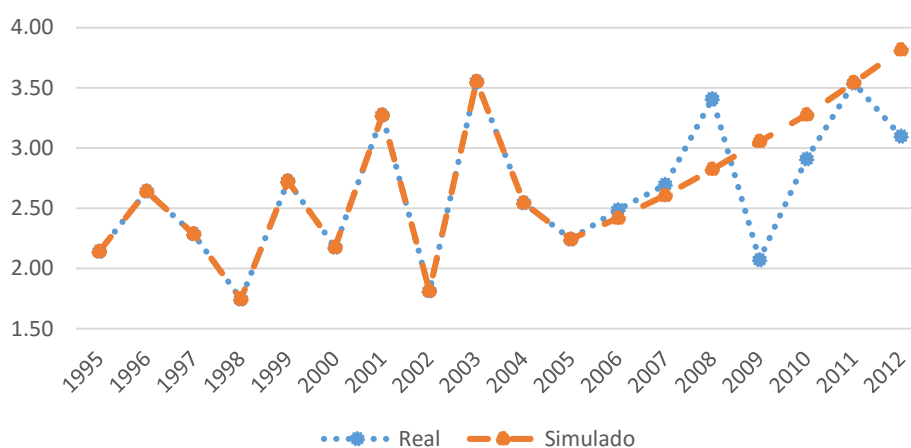
onde  $C$  é o custo (tempo) da primeira unidade produzida,  $x$  expressa o número de unidades e  $b$  é um parâmetro de declividade que expressa a taxa de aprendizado do trabalhador ou organização, progresso técnico ou experiência, e é definido entre -1 e 0. Quanto mais próximo a -1, menor o custo de produção (tempo). Além disso, a relação da taxa de progresso técnico com o parâmetro de experiência é expressa, de acordo com Mendonça et. al. (2008) por:

$$TP = 2^b$$

Uma conclusão trivial é a de que uma unidade produtiva que produz a mesma cultura há mais tempo tem uma probabilidade maior de ter um coeficiente  $b$  mais próximo a -1 do que aquela que está mudando de cultura.

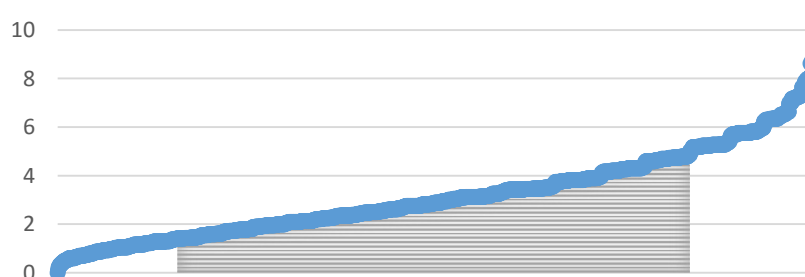
### 5.3 SÉRIE TEMPORAL DE PRODUTIVIDADE PREVISTA

Através do método de Monte Carlo, foi simulada uma série de tempo de produtividade média da lavoura de trigo para os anos de 2006 a 2012. O cenário para o ano de 2006 a partir da distribuição observada desde nos anos de 1973 a 2005, e foi incorporado à série, passando a servir de base para a simulação do ano seguinte, até que houvesse um período futuro de mais de 5 anos. A realização de tal experimento possibilita uma comparação com os resultados realizados no período e uma abordagem crítica dos desvios da simulação em relação aos mesmos. Esta simulação capturou corretamente a tendência para produtividade nos anos seguintes a 2005. Ocorre que os valores previstos para a 2008 e 2009 e 2011 tiveram desvios em relação ao observado, embora a média prevista para o período fosse muito próxima à observada. Em outras palavras, a projeção apresentou valores próximos, com pequena volatilidade e média dos valores de produtividade esperados para 2011 de 3 toneladas por hectare. O que se observou, de fato, foi uma média de 2.85 toneladas por hectare, porém com grande volatilidade em cada período.

**Figura 12 – Produtividade simulada x observada, 1995 a 2012**

Fonte: elaboração própria. Nota: valores simulados a partir de 2006.

Para os anos de 2008 e 2009, a produtividade simulada teve um grande desvio em relação aos valores observados. A justificativa estava no contexto macroeconômico: a crise mundial e o período de alta recuperação a seguir. A análise de risco com simulações tem como *inputs* distribuições estatísticas para cada variável, e como *output* distribuições para o resultado final.

**Figura 13 – Série temporal de produtividade, distribuição cumulativa das simulações**

Fonte: elaboração própria. Nota: A área destacada é para os valores em até um desvio-padrão acima ou abaixo da média.

É crítico, portanto, observar, além da média esperada para o período, os valores extremos de cada distribuição dos resultados previstos, sob risco do analista ser pego de surpresa em meio à concretização de um cenário para o qual se atribui uma probabilidade quase desprezível. O crash das bolsas mundiais de 1987, quando o índice Dow Jones caiu mais de 20% em um dia, ficou conhecido como o evento 20-sigma, ou a vinte desvios-padrão da média esperada – ainda assim, concretizou-se. A figura 13 demonstra como,

pela construção do modelo, cerca de 80% dos resultados da simulação cai em até um desvio-padrão abaixo ou acima da média.

As variáveis chave para definir o ganho dos produtores são preços, custos de produção e produtividade. Sendo os preços ditados pelo mercado internacional, com pequenas discrepâncias locais em função, em geral, de fatores logísticos, é interessante atribuir causas para as diferentes produtividades ao longo das regiões. A seguir está a análise do modelo com dados de corte para o ano de 2006, com 30 municípios espalhados por 4 microrregiões da Região Sul do Brasil.

#### 5.4 RESULTADO DA ANÁLISE CROSS SECTION

A análise partiu do modelo de Mínimos quadrados Ordinários, a qual, após alguns testes, demonstrou inconsistências por ferir pressupostos do modelo. A princípio, os coeficientes revelaram um forte efeito positivo da variável tecnológicas, e um médio efeito, também positivo, da área média sobre a produtividade. A variável educacional também tem um efeito positivo, mas não significativo. A variável de participação das atividades não agrícolas sobre a renda total dos estabelecimentos, por sua vez, tem efeito negativo sobre a produtividade. O primeiro teste para a presença da heterocedasticidade, conforme instruído pela literatura, foi a inspeção do gráfico dos resíduos da regressão contra os valores das variáveis independentes (Anexo 5). É possível verificar que a variância do erro em função da variável dependente não tem padrão definido. Isso é positivo para o modelo, pois demonstra fidelidade ao pressuposto de que a variância dos erros não deve apresentar dependência do valor da variável observada.

**Tabela 7 – Resultados do modelo Cross section**

Var. Dependente: Produtividade (t/ha)	MQO	MQG	MQP (ponderação variável tecnologia)
Inst.propria (instrução)	0.0831198 (0.7864)	0.5814564 (0.5680)	0.2300292 (0.7476)
Colheitadeiras.estab (tecnologia)	<b>1.01226***</b> (0.2698)	<b>0.8827363***</b> (0.2817)	<b>0.8293292**</b> (0.3274)
area.média(ln – área)	<b>0.1957884**</b> (0.0974)	<b>0.2337546**</b> (0.0946)	<b>0.2063749***</b> (0.0899)

Ativ.nao.agricolas (especialização)	<b>-0.6517839**</b> (0.3078)	<b>-0.8035483***</b> (0.1462)	<b>-0.6453112**</b> (0.1462)
Constante	0.3915609 (0.3565)	0.3469236 (0.3400)	0.5627466 (0.3762)
R <sup>2</sup> ajustado	0.831	0.831	0.5512
Breusch-Pagan	0.4907	0	0.4723
AIC	25.68075	-24.02906	24.55663
BIC	32.68674	-17.02307	31.56261
Ramsey (var.omit.)	0.1897	0.4192	0.4733
VIF	1.53	2.66	1.39
Norm Resíduos (Shapiro-Wilk)	0.16782	0.27628	0.40048

Fonte: elaboração própria. \*\*\*Significante a 1%. \*\*Significante a 5%.

A variável referente a educação do produtor tem coeficientes positivos, indicando uma relação de crescimento da produtividade para um aumento da média de estabelecimentos cujo produtor tem instrução o bastante para coordenar os trabalhos sem orientação de terceiros. Essa variável não encontrou significância estatística a 10%. Os demais coeficientes foram significativos. A variável referente a tecnologia, de colheitadeiras por estabelecimento, indica o possível ganho em toneladas por hectare para cada colheitadeira acrescentada à produção. A área média foi avaliada como logaritmo natural da série original em função da grande variância desta. Os resultados indicam o ganho médio em toneladas por hectare a cada unidade em que o logaritmo natural da área média aumenta. Os resultados para o peso das atividades não agrícolas na renda do estabelecimento (uma medida de especialização do produtor), com coeficiente negativo, explicam a perda média de produtividade em toneladas por hectare para cada 1% da renda total do estabelecimento que deixa de ser ganha com agropecuária e passa a ser recebida com outras atividades.

A forte relação positiva estabelecida entre tecnologia e área média com produtividade vai ao encontro dos resultados levantados por Adamopoulos e Restuccia (2014). Os autores quantificam os efeitos de políticas que restringem a área média de propriedades em uma região, medidas que podem ser aproximações razoáveis de efeitos de reformas agrárias. Os resultados indicaram quedas na produtividade imediatas e persistentes no médio e longo prazo em caso de redução forçada do tamanho médio de propriedades. A opção por uma política governamental que libere crédito para máquinas agrícolas, embora pareça intuitiva, também deve ser vista com muita atenção. Fatores levantados anteriormente, a ineficácia na elaboração de critérios de enquadramento em um possível programa de crédito e as políticas fiscais expansionistas para projetos

equivocados também podem ser elementos agravantes de disparidades regionais, no primeiro caso e agravantes de períodos recessivos dentro do ciclo econômico. Ambos podem ter desdobramentos muito nocivos para o desenvolvimento no médio e longo prazo.

O resultado da variável referente à educação, o grau de utilização de instrução própria, merece especial atenção. No primeiro modelo, de mínimos quadrados ordinários, o coeficiente é muito próximo de zero. O grau de educação do produtor, como descobriu-se na análise prévia das variáveis, tem um bom grau de correlação com o tamanho médio das propriedades e o uso de tecnologia. Em outras palavras, propriedades maiores são mais produtivas porque optam por uma maior alocação de capital por trabalhador, enquanto também os seus trabalhadores, menores em número, têm também um grau de instrução maior. Uma vez que o primeiro modelo de mínimo quadrados ordinários perde suas características desejadas em presença de um grau de correlação entre as variáveis independentes, o fator de inflação de variância fez com o coeficiente da variável de educação ficasse muito próximo de zero. No modelo de mínimos quadrados ponderado pela variável tecnológica, essa variável, embora ainda sem significância estatística a 10%, tem um melhor coeficiente. O impacto das atividades não agrícolas, cujo coeficiente tem sinal negativo em todos os modelos, pode ser visto de maneira intuitiva. Embora a diversificação bem planejada possa ter benefícios para produtores, como fluxos constantes de receitas em todas as épocas do ano e uma menor exposição a fatores climáticos, a especialização de uma unidade de produção em atividades agrícolas leva a uma maior produtividade nesse quesito.

Estas observações empíricas com resultados em comum também encontram respaldo na contribuição dos autores da escola austríaca examinada anteriormente. Especificamente, a noção de que tais medidas intervencionistas têm, a médio e longo prazo, graves efeitos sobre o agregado econômico de uma nação. Sendo a atividade agrícola tão importante, políticas problemáticas para a produtividade agrícola têm como efeitos nefastos desde oscilações sazonais de preços até a necessidade importação de gêneros. Todas resultam em uma perda da renda das famílias e implicações perversas sobre toda a economia.

O teste de Breusch-Pagan também não permite rejeitar a hipótese nula de variância constante. A seguir, testamos a normalidade dos resíduos da regressão. O histograma deixa claro o formato dos mesmos. O teste de Shapiro-Wilk, entretanto, não permitiu rejeitar a hipótese nula de normalidade dos resíduos. Ainda assim, resta a

preocupação com a multicolinearidade, conforme antecipado anteriormente, pela correlação entre as variáveis dependentes. Por esse motivo, e buscando um modelo ainda mais robusto, foram rodados também modelos mais gerais.

O modelo de mínimos quadrados ponderados pela variável dependente tecnológica apresenta alguma perda de significância dos coeficientes, sem afetar a validade do modelo. Ao contrário, o novo modelo parece trazer resultados mais alinhados com a realidade. O  $R^2$  ajustado do teste caiu para 0.55. Entretanto, pelos critérios AIC e BIC, esse modelo deve ser privilegiado em relação ao de MQO. O teste de Ramsey para variável omitida também é melhor, ficando ainda mais longe da rejeição da hipótese nula de que o modelo não está sendo afetado por variáveis omitidas. O fator de inflação da variância, que diz respeito ao quanto as variâncias das variáveis dependentes ficam ‘infladas’ devido à correlação entre elas também é reduzido, demonstrando que esse modelo é mais confiável.

O modelo de mínimos quadrados ponderado pela variável de tecnologia é aquele que tem os resíduos mais próximos da normalidade. Isso se verifica a partir do teste de Shapiro-Wilk, muito embora nos três casos seja possível rejeitar a hipótese nula de não-normalidade. Esses são bons resultados, uma vez que, em face de critérios muito específicos para a seleção de observações e variáveis, como no estudo atual, é frequente que a variância das observações e dos resultados apresente características que comprometam as inferências a partir do modelo de forma crítica.

A regressão por mínimos quadrados ponderados pela variável tecnológica corrige o problema da auto correlação enquanto concede estimadores BLUE. Outro ponto a se destacar é que pela forma de seleção das observações – os municípios estudados estão sobre uma mesma área climática – o peso dos fatores climáticos no total de fatores não observáveis no modelo é reduzido. Pode-se considerar, portanto, que variáveis a serem procuradas para inclusão em estudos posteriores estão menos relacionadas a fatores climáticos – os quais apresentaram insignificância estatística quando incluídos no modelo – e mais relacionadas a outras características socioeconômicas específicas de cada município.

No software Stata 13, os testes realizados podem ser executados através dos comandos: *rvfplot* para o gráfico de resíduos e valores fitados, *ovtest* para o teste de Ramsey de variável omitida, *swilk* para o teste de Shapiro-Wilk de normalidade, *estat vif* para o teste de inflação de variância e *estat hettest* para o teste de heterocedasticidade.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho buscou pesquisar características específicas da produção de trigo em uma mesma área de mesma classificação climática na região Sul do Brasil. Para isso, foram utilizados dados relativos a municípios e microrregiões – de acordo com a classificação do IBGE – para produtividade (toneladas por hectare), área colhida, preços, custos de insumos, instrução dos produtores, nível tecnológico e participação de atividades não agrícolas na renda. Os dados estão presentes nos resultados do Censo Agropecuário de 2006, do IBGE, e anuários de associações tritícolas.

A análise foi feita em dois momentos, o primeiro à luz de um método de análise e controle de riscos, a simulação de Monte Carlo para probabilidades de lucros em duas Microrregiões diferentes. No segundo momento, um modelo cross section para análise por município de determinantes para as diferenças de produtividades encontradas. A amostra utilizada para o modelo cross section é composta por 30 municípios. O método de Mínimos Quadrados Ponderado pela variável tecnológica permitiu inferir sobre os determinantes com a obtenção dos melhores estimadores lineares não viesados. Resultados das duas análises apontam que: a produtividade, em toneladas de trigo colhidas por hectare, é maior na microrregião de Ponta Grossa, estado do Paraná; a variância da produtividade também é maior nesta localidade; a probabilidade da ocorrência de lucros é maior na microrregião de Vacaria, em função de melhores preços ao produtor e menores custos de produção; a maior produtividade verificada, em especial, nos municípios da microrregião de Ponta Grossa, está fortemente relacionada ao maior uso da tecnologia e da área média colhida (propriedades maiores são mais produtivas), e; a produtividade também está relacionada, embora mais fracamente, ao nível de instrução do produtor e inversamente relacionada com a participação de atividades não agrícolas na renda do município.

A contribuição deste trabalho é proporcionar observação empírica de alguns pontos levantados anteriormente na literatura teórica: estabelecimentos maiores e com maior uso de tecnologia são mais produtivos, enquanto ações de reforma agrária, que visam artificialmente reduzir a área média dos estabelecimentos e proporcionar ‘inclusão’ no campo acabam por ter como efeito agregado a diminuição da produtividade média. Esse efeito pode ser especialmente prejudicial para o trabalhador urbano, consumidor dos produtos que, pelas implicações da perda de produtividade (necessidade de importação de gêneros ou desabastecimentos sazonais), terá perda de poder aquisitivo, com

desdobramentos nocivos para o agregado da economia; Além disso, a importância dos fatores tecnológicos sobre a produtividade local foi comprovada em um modelo que fazia um controle sobre as variáveis climáticas, e; foi possível estabelecer uma análise de riscos eficiente para o produtor que dela depende, desde que respeitadas as limitações e tomado o devido cuidado com modelos que utilizam a observação de fatos passados para prever o futuro. O ignorar dessas condições trouxe, em mais de uma ocasião, perdas devastadoras para o agregado da economia.

O estudo da contribuição de autores do que se convencionou chamar de Escola Austríaca permite entender que as soluções para os problemas socioeconômicos com os quais nos deparamos podem ser triviais, mas não na direção apontada pelas diversas correntes de pensamento que pregam o intervencionismo do estado na economia. Apesar de ser ‘lugar comum’ a noção de que a impressão de mais dinheiro não enriquece a população, ainda são muitos os que acreditam em outras propostas econômicas baseadas em decisões oficiais arbitrárias, em detrimento das decisões e trocas voluntárias, o respeito ao indivíduo, a eficiência da alocação feita por uma sociedade livre e, acima de tudo, a busca pela própria Liberdade. Este trabalho teve como objetivo a demonstração, tanto teórica quanto empírica, de que não deve ser o estado, e sim a sociedade o motor de crescimento e direcionamento de uma economia, sob risco do acontecimento de desastres humanos totalmente evitáveis.

Em trabalhos posteriores, seria enriquecedor poder contar com dados do próximo Censo Agropecuário de 2016. Sugere-se realizar dados em Painel, para avaliar os efeitos marginais sobre a produtividade em dois períodos diferentes. Acrescentaria ainda mais à confiabilidade dos resultados e à riqueza da discussão se os microdados do Censo estivessem disponíveis para pesquisas posteriores<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Os microdados dos Censos Agropecuários são os únicos não disponíveis para download gratuito ou compra em dispositivo de mídia no site do IBGE – até mesmo aqueles dos Censos Populacionais podem ser encontrados. A necessidade de deslocamento físico e autorização obedecendo a critérios incertos para a utilização dos mesmos inviabilizou esta que poderia ter sido uma importante contribuição à análise.



## REFERÊNCIAS

ADAMOPOULOS, Tasso; RESTUCCIA, Diego. The size distribution of farms and international productivity differences. **American Economic Review** 104(6), p. 1667-1697, jun.2014. Disponível em:

< <https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.104.6.1667> > acesso em 12 fev. 2016.

AGÉNOR, Pierre Richard. **The economics of adjustment and growth**. Academic Press, 2000.

ALBUQUERQUE, Marcos Cintra C.; NICOL, Robert. **Economia Agrícola: O setor primário e a evolução da economia brasileira**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo César; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** vol. 22 (6), p. 711-728. Jan.2014. Disponível em:

<<http://www.ingentaconnect.com/content/schweiz/mz/2013/00000022/00000006/art00008>> Acesso em 08/02/2016

ANGRIST, Joshua D.; PISCHKE, Jorn-Steffen. **Mostly harmless econometrics: an empiricist's companion**. Princeton, Princeton University Press, 2008.

ANZANELLO, Miguel José; FOGLIATTO, Flávio Sanson. Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa. **Gestão de Produção - São Carlos**, vol. 14, p. 109-123, 2007.

BINSWANGER, Hans P.; KHANDKER, Shahidur R. How infrastructure and financial institutions affect agricultural output and investment in India. **Journal of Development Economics**, vol. 41, p.337-366, 1993.

BOX, George E. P. Science and statistics. **Journal of the American Statistical Association**, vol. 71 , p. 791-799, 1976.

BRÉMAUD, Pierre. **Markov Chains: Gibbs Fields, Monte Carlo Simulation, and queues**. New York: Springer, 1998.

BRUM, Argemiro. **O desenvolvimento econômico brasileiro**. Ijuí: Unijuí, 2013.

BUAINAIN, Antônio Márcio; SOUZA FILHO, Hildo Meirelles. Política agrícola no Brasil: Evolução e principais instrumentos. In: \_\_\_\_\_. **Gestão Agroindustrial**, by Mário Otávio Batalha. São Paulo: Cepai, 2001.

CASTILLO, Enrique; HADI, Ali S. Fitting the Generalized Pareto Distribution to Data. **Journal of the American Statistical Association**, vol. 92, No. 440 ,p. 1609-1620, dez.1997.

CBOT. "Chicago Board of Trade." CME Group. 2015. <http://www.cmegroup.com/trading/agricultural/files/fact-card-wheat.pdf>.

CHIB, Siddhartha; GREENBERG, Edward. Markov Chain Monte Carlo Simulation Methods in Econometrics. **Econometric Theory**, vol. 12, p. 409-431, 1996.

CHRISTIANO, Lawrence J.; FIZGERALD, Terry J. The Band Pass Filter. **International Economic Review**, Vol. 44, p. 435-465, 2003.

COELHO, Francisco da Silva; GRANZEIRA, Rui Guilherme. Celso Furtado e a Formação Econômica do Brasil. São Paulo: Atlas, 2009.

COLES, Stuart. An introduction to statistical modeling of extreme values. Berlin: Springer Science and Business Media, 2001. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?id=2nugUEaKqFEC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>> Acesso em 17 dez. 2015.

COLLATTO, Dalila Cisco; REGINATO, Luciane. Método de Custeio Variável, Custeio Direto e Teoria das Restrições no contexto da Gestão Estratégica de Custos: Um Estudo Aplicado ao Instituto de Idiomas Unilínguas. IX Congresso Internacional de Custos. Florianópolis, 2005. 1-15.

CORBETI, C.M.C. **Análise de risco para os sistemas de plantio na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. PUCRS, Dissertação (Mestrado), Porto Alegre, 2010.

COUTO, Joaquim Miguel. O pensamento desenvolvimentista de Raúl Prebisch. **Economia e Sociedade**. Campinas, vol. 16 (29), p. 45-64, abr.2007.

CYPHER, James Martín. South America's Commodities Boom: Developmental Opportunity or Path Dependent Reversion? **Canadian Journal of Development Studies**, vol.30 (3-4), p. 635-662, 2011.

ASSIS, Janilson Pinheiro de; DOURADO NETO, Durval; NASS, Luciano Lourenço ; MANFRON, Paulo Augusto; BONNECARRÈRE, Reinaldo Antonio Garcia; MARTIN, Thomas Newton. Simulação estocástica de atributos do clima e da produtividade potencial de milho utilizando-se distribuição triangular. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, 2006.

DELGADO, Guilherme C. A questão agrária no Brasil 1950-2013. In: JACCOND, Luciana (org.). **Questão social e políticas sociais no Brasil contemporâneo**, Brasília: IPEA, 2009, p. 51-90.

DOREMUS, R. H. Fracture statistics: A comparison of the normal, Weibull, and Type I extreme value distributions. **Journal of Applied Physics**, p. 193-198, 1983.

ERTEN, Bilge; OCAMPO José Antonio. Super-cycles of commodity prices since the mid-nineteenth century. **United Nations - DESA Working Papers**. February 2012. Disponível em [http://www.un.org/esa/desa/papers/2012/wp110\\_2012.pdf](http://www.un.org/esa/desa/papers/2012/wp110_2012.pdf). Acessado em: Julho,2015

FEDER, Gershon; UMALI, Dina L. The adoption of agricultural innovations: A review. **Technological Forecasting and Social Change** 43 (3-4), p. 215-239, 1993.

FONSECA, Pedro Cezar Dutra. **Vargas: o capitalismo em construção**. São Paulo: Brasiliense, 1989.

GAILMARD, Sean. **Modeling and Inference for Social Science**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

HAAS, Charles N. Importance of distributional form in characterizing inputs to Monte Carlo risk assessments. **Risk Analysis**, vol. 17 (1). p. 107-113, 1996.

HAMILTON, Alexander James. Small is beautiful, at least in high-income democracies: the distribution of policy-making responsibility, electoral accountability, and incentives

for rent extraction. Washington D.C.: The World Bank Policy Research working paper, 2013.

HIRSCHMANN, Albert O. **Controversia sobre latinoamerica**. Buenos Aires: Ed. del Instituto, 1963.

HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R.; WOOD, E. F. **Estimation of the Generalized Extreme-Value distribution by the method of probability weighted moments**. Madison: University of Wisconsin, 1984.

INTERNATIONAL GRAINS COUNCIL. Grain Market Report. International Grains Council, 2015.

JEHLE, Geoffrey A; RENY, Philip. **Advanced Microeconomic Theory**. Essex: Pearson Education, 2011.

JOHNSTON, Bruce F.; MELLOR, John W. The Role of Agriculture in Economic Development. **The American Economic Review**, vol. 51, p. 566-593, 1961.

JOHNSTON, Jack; DINARDO, John. **Econometric Methods**, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill, 2007.

KIM, Tae-Kyun; HAYES, Dermot J; HALLAM, Arne. Technology adoption under price uncertainty. **Journal of Development Economics**, vol. , p. 245-253, 1992.

Kottek, Markus, Jürgen Grieser, Cristoph Beck, Bruno Rudolf, and Franz Rubel. "World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated." *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15 (Gebrüder Borntraeger), 2006: 259-263.

KRUEGER, Anne O. Government Failures in Development. **Jornal of Economic Perspectives**, vol. 4 (3), p. 9-23, 1990. Disponível em:

<<https://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/jep.4.3.9>> Acesso em 14 dez. 2015

MAS-COLLEL, Andreu; WHINSTON, Michael D.; GREEN, Jerry R. **Microeconomic Theory**. Oxford: Oxford University Press, 1995.

MELLOR, John. **O planejamento do desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: Cruzeiro, 1967.

—. The Economics of Agricultural Development. New York: Ithaca, 1966, p.4 apud. Albuquerque e Nicol, 1987 p. 15.

MENDONÇA, Marco Aurélio Alves de; FREITAS, Rogério Edvaldo; SANTOS, Amaro Olímpio Pereira dos; PEREIRA, André Santos; COSTA, Ricardo Cunha da. Expansão da produção de álcool combustível no Brasil: Uma análise baseada em curvas de aprendizado. XLVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2008, Rio Branco. **Resumos de trabalhos**. Disponível em: < [www.sober.org.br/palestra/9/189.pdf](http://www.sober.org.br/palestra/9/189.pdf) > Acesso em 12 jul. 2015.

METROPOLIS, Nicholas; ULAM, Stanislaw. The Monte Carlo method. **Journal of the American Statistical Association**, Vol. 44, No. 247, p. 335-341, 1949. Disponível em <<http://web.maths.unsw.edu.au/~peterdel-moral/MetropolisUlam49.pdf>> Acesso em 12 jul.2015.

NICHOLSON, Walter; SNYDER, Christopher. **Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions**. Mason: Thomson South-Western, 2005.

PEREIRA, Matheus Wemerson Gomes; ARÊDES, Alan Figueiredo; TEIXEIRA, Erly Cardoso. Avaliação econômica do cultivo de trigo dos estados do Rio Grande do Sul e Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, p. 591-610, 2007.

PESAVENTO, Sandra. **História do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1980.

PINDYCK, Robert S. The Dynamics of Commodity Spot and Futures Markets: A Primer. **The Energy Journal**, Vol. 22, p. 1-29, 2001.

PITT, Mark M.; SUMODININGRAT, Gunawan. Risk, schooling and the choice of seed technology in developing countries: a Meta-Profit function. **International Economic Review**, vol. 32, p. 457-473, 1991. Disponível em:

<[https://www.brown.edu/research/projects/pitt/sites/brown.edu.research.projects.pitt/files/uploads/Pitt-Sumodiningrat%20ier91\\_0.pdf](https://www.brown.edu/research/projects/pitt/sites/brown.edu.research.projects.pitt/files/uploads/Pitt-Sumodiningrat%20ier91_0.pdf)> Acesso em 14 dez 2015

PRADO JR., Caio. Contribuição para análise da questão agrária no Brasil. In VEIGA, José Eli da, **A questão agrária**, p. 15-85. São Paulo: Brasiliense, 2000.

RAY, Debraj. **Development Economics**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1998.

REIS, José Carlos. Anos 1960: Caio Prado Jr. e “A Revolução Brasileira”. **Revista brasileira de história**. vol. 19 (37), São Paulo, 1999.

RICARDO, David. Princípios de economia política e tributação. Lisboa: FCG, 2001.

ROTHBARD, Murray N. **A Ética da Liberdade**. São Paulo: Instituto Mises Brasil, 2010.

SANTOS, Nataniel Cezimbra dos. **A hipótese de expectativas racionais**: Teoria e testes. UFRGS, Dissertação (Mestrado), Porto Alegre, 2003.

SAVICKAS, Robert. A simple option-pricing formula. **Financial Review**, vol. 37 (2), p. 207-226, mai.2003.

SCHWARTZ, Edward; SMITH, James E. Short-Term Variations and Long-Term Dynamics in Commodity Prices. **Management Science**, vol. 46 (7), p. 893-911, 2000.

SIMON, Herbert A.; BONINI, Charles P. The size distribution of business firms. **The American Economic Review**, p. 607-617, 1958.

SINGH, Vijay P. Generalized Extreme Value Distribution. In SINGH, Vijay P. **Entropy-Based Parameter Estimation in Hydrology**, p. 169-183. Springer, 1998.

SOUTHWORTH, Herman M.; JOHNSTON, Bruce F. **Agricultural development and economic growth**. Ithaca: Cornell University Press, 1967.

STALEY, Eugene. **The future of underdeveloped countries**: political implications of economic development. Nova York: Council on Foreign Relations, 1961.

STIGLITZ, Joseph. Government failure vs. market failure: principles of regulation. New York: Columbia university academic commons, 2008. Disponível em:

< <http://academiccommons.columbia.edu/catalog/ac%3A126997>> Acesso em 19 nov. 2015

TODARO, Michael P.; SMITH, Stephen C. **Economic Development**. Boston: Pearson Education, 2009.

VON MISES, Ludwig. **Ação Humana**. São Paulo: Instituto von Mises Brasil, 2010.

VON NEUMANN, John; MORGENSTERN, Oskar. **Theory of games and economic behavior**. Princeton: Princeton University Press, 1953.

WEIBULL, Waloddi. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, Set.1951. Disponível em:

<<http://web.cecs.pdx.edu/~cgshirl/Documents/Weibull-ASME-Paper-1951.pdf>>.

Acesso em 18 nov. 2015.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Economic analysis of cross section and panel data**.

Cambridge: MIT Press, 2010. Disponível em:

<[http://www.ipc-undp.org/evaluation/apoio/Wooldridge%20-%20Cross section%20and%20Panel%20Data.pdf](http://www.ipc-undp.org/evaluation/apoio/Wooldridge%20-%20Cross%20section%20and%20Panel%20Data.pdf)> Acesso em 12 jul. 2015

WRIGHT, Theodore Paul. Factors Affecting the Cost of Airplanes. **Journal of the Aeronautical Sciences**, v.3, p.122-128, 1936. Disponível em:

< <http://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/8.155?journalCode=jans> >

Acesso em 10 jul. 2015

## LISTA DE ANEXOS

## Anexo 1 – Base de dados para simulação

Estado	Ano	Produção (ton)	Área (ha)	Produtividade (ton/ha)	Custo Var RS (R\$/ha)	Preço Dezembro RS (R\$/60kg)	Receita RS (R\$/ha)	Margem de Contribuição (R\$/ha)
RS	2002	61,796	24,680	2.50	667.20	-	-	-
RS	2003	103,992	40,070	2.60	994.39	-	-	-
RS	2004	133,240	47,950	2.78	939.67	20.75	960.98	21.31
RS	2005	123,360	51,000	2.42	841.52	20.25	816.35	-25.17
RS	2006	148,035	53,750	2.75	834.05	26.94	1236.47	402.42
RS	2007	134,056	55,100	2.43	828.37	31.80	1289.47	461.10
RS	2008	146,096	51,770	2.82	1,231.40	29.21	1373.62	142.22
RS	2009	124,396	48,950	2.54	1,105.86	25.68	1087.82	-18.04
RS	2010	134,221	48,950	2.74	958.72	27.71	1266.15	307.43
RS	2011	134,565	43,755	3.08	1,037.59	26.46	1356.41	318.82
RS	2012	103,133	41,065	2.51	1,143.83	43.18	1807.30	663.47
RS	2013	147,341	44,260	3.33	1,266.01	41.69	2312.85	1,046.84
PR	2002	48,688	26,840	1.81	507.92	-	-	-
PR	2003	145,019	40,810	3.55	1,438.58	-	-	-
PR	2004	110,700	43,500	2.54	1,094.08	21.13	896.20	-197.88
PR	2005	71,739	31,985	2.24	989.16	19.66	734.92	-254.24
PR	2006	48,500	19,500	2.49	932.14	27.10	1123.38	191.24
PR	2007	71,450	26,500	2.70	929.47	29.90	1343.62	414.15
PR	2008	126,142	37,000	3.41	1,329.98	25.34	1439.84	109.86
PR	2009	118,200	57,000	2.07	1,298.64	24.50	846.75	-451.88
PR	2010	165,900	57,000	2.91	1,149.32	24.62	1194.29	44.96
PR	2011	169,904	48,000	3.54	990.57	23.46	1384.01	393.44
PR	2012	130,100	42,000	3.10	1,127.05	35.14	1814.17	687.12
PR	2013	179,650	53,100	3.38	1,365.21	41.35	2331.62	966.41

Fonte dos dados brutos: IBGE. Elaborado pelo autor.

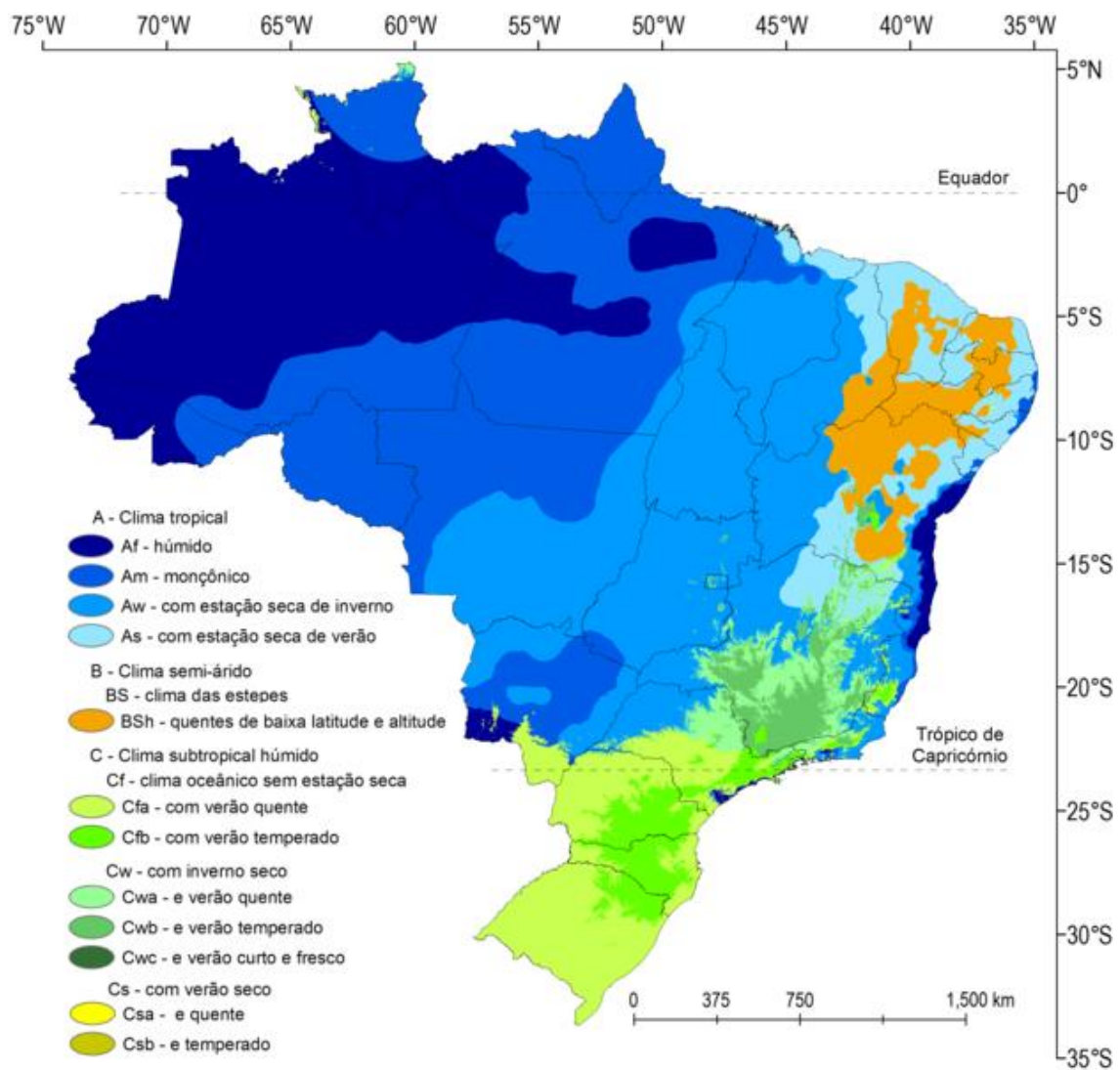
## Anexo 2 – Matriz de covariância das variáveis dependentes no banco de dados

	prodtrigo	pessoalestab	colheitadeiras	ttmenos100cv	ttmais100cv	educmedio	educsuperior	profinanc	propinvest	varprod	partictrigo	particnagr	areameditrgo	instrpropria	instrempresas
prodtrigo	1.0000														
pessoalestab	0.1469	1.0000													
colheitadeiras	0.7166	0.1715	1.0000												
ttmenos100cv	0.3016	0.7607	0.4458	1.0000											
ttmais100cv	0.6215	0.5609	0.7631	0.7645	1.0000										
educmedio	0.0039	0.3341	0.0500	0.5342	0.3116	1.0000									
educsuperior	0.0004	0.3712	0.0339	0.5204	0.3121	0.9540	1.0000								
profinanc	0.3752	0.1824	0.4506	0.4229	0.4641	0.1385	0.2645	1.0000							
propinvest	0.4552	0.0730	0.4936	0.2786	0.3155	0.0036	0.0017	0.4188	1.0000						
varprod	0.2300	0.1678	0.2308	0.3115	0.2853	0.0956	0.0017	0.2161	0.2829	1.0000					
partictrigo	0.5808	0.1582	0.5913	0.1080	0.4764	0.1265	0.1228	0.2335	0.2582	0.2359	1.0000				
particnagr	0.0243	0.3279	0.1945	0.4815	0.3030	0.5962	0.4376	0.0473	0.0006	0.2402	0.0087	1.0000			
areameditrgo	0.6253	0.3986	0.6870	0.5757	0.8063	0.3511	0.3214	0.4231	0.3073	0.1439	0.5638	0.3920	1.0000		
instrpropria	0.1343	0.3508	0.0566	0.5801	0.3757	0.5161	0.5767	0.3177	0.2563	0.3668	0.0917	0.0376	0.1801	1.0000	
instrempresas	0.1077	0.0102	0.1565	0.0383	0.1236	0.0314	0.1152	0.3584	0.0689	0.3949	0.2827	0.0566	0.2122	0.3564	1.0000

Fonte dos dados brutos: IBGE. Elaborado pelo autor.



### Anexo 3 – Mapa de classificação Köppen-Geiger (Região Sul)



Fonte: ALVARES et al, 2014



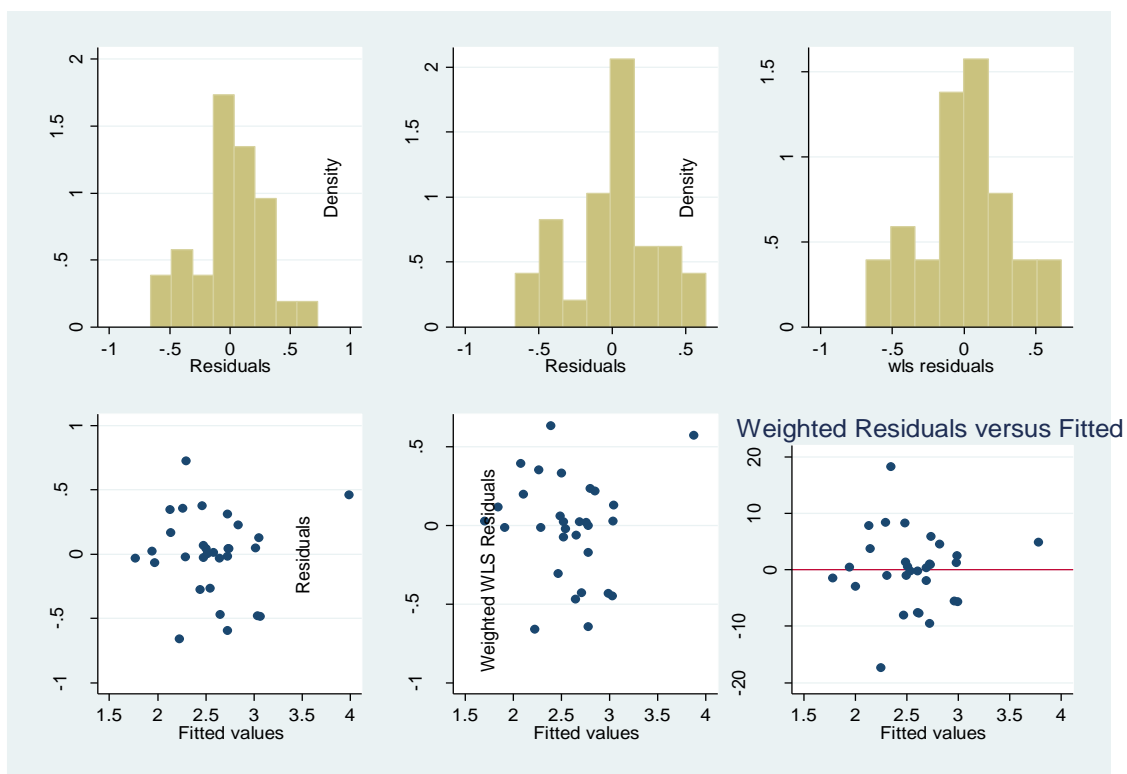
### Anexo 4 – Dados do Censo Agropecuário para análise cross section

Município	Produtividade - Trigo	Empregados por Estabelecimento	Colheitadeiras por estabelecimento	Tratores (< 100cv) por estabelecimento	Tratores (> 100cv) por estabelecimento	Empregados c/ ens. Médio compl. por Estabelecimento
Carambeí	2.547	4.438	1.689	1.917	2.322	0.47
Castro	2.781	2.941	1.441	1.714	2.087	0.16
Palmeira	2.451	3.093	1.248	1.314	1.468	0.19
Ponta Grossa	2.135	3.346	1.534	1.493	1.996	0.3
Candói	2.556	3.46	1.704	1.295	2.138	0.07
Cantagalo	2.618	2.915	1.138	1.128	1.311	0.12
Foz do Jordão	3.063	3.071	1.55	1.132	2.333	0.11
Goioxim	3.066	3.037	1.412	1.194	1.684	0.07
Guarapuava	3.174	2.766	1.689	1.421	1.946	0.15
Laranjeiras do Sul	2.306	2.8	1.211	1.076	1.145	0.14
Pinhão	2.583	2.913	1.697	1.306	1.533	0.08
Porto Barreiro	1.569	2.773	1.148	1.05	1.135	0.12
Reserva do Iguaçu	4.45	3.311	2.5	1.438	2.538	0.09
Rio Bonito do Iguaçu	1.963	3.02	1.123	1.048	1.067	0.04
Turvo	2.163	2.754	1.129	1.094	1.212	0.08
Virmond	1.733	2.668	1.057	1.033	1.13	0.12
Bom Jesus	2.611	3.309	1.222	1.286	1.566	0.3
Campestre da Serra	2.52	3.461	1.222	1.217	1.231	0.11
Capão Bonito do Sul	2.78	1.97	1.423	1.235	1.59	0.2
Esmeralda	2.283	2.37	1.207	1.144	1.448	0.37
Ipê	2.474	3.086	1.241	1.165	1.244	0.13
Lagoa Vermelha	2.837	2.384	1.216	1.142	1.315	0.16
Monte Alegre dos Campos	2.544	3.014	1.2	1.242	1.467	0.08
Muitos Capões	2.712	3.298	1.661	1.639	2.115	0.22
Pinhal da Serra	2.272	2.317	1.143	1.04	1.391	0.08
Vacaria	2.594	6.413	1.318	2.017	2.403	0.26
Campos Novos	3.036	3.215	1.354	1.241	1.647	0.21
Curitibanos	3.024	3.156	1.108	1.214	1.293	0.26
Vargem	1.9	2.731	1.091	1.23	1.079	0.1
Zortéa	2.178	1.936	1.471	1.034	1.143	0.17

## Anexo 4 – Dados do Censo Agropecuário para análise cross section (cont.)

Município	Emprega dos c/ ens. Superior compl. por Estabelec imento	Estabelecim entos que fizeram financiame ntos (0 a 1)	Estabelecim entos que fizeram Investiment os (0 a 1)	Variância da produtivid ade	Participaç ão do trigo sobre renda estab. (0 a 1)	Area media dos estabelecim entos (ln)	Estabelecime ntos orientados pelo produtor (0 a 1)	Estabelecim entos orientados por empresas (0 a 1)	Atividades não agrícolas sobre renda estab. (0 a 1)
Carambeí	0.17	0.34	0.27	0.69	0.06	5.51	0.29	0.09	0.010891
Castro	0.05	0.15	0.18	0.76	0.01	4.51	0.81	0.36	3.81E-05
Palmeira	0.06	0.43	0.2	1.00	0.01	4.25	0.78	2.86	0.000359
Ponta Grossa	0.16	0.16	0.25	0.83	0.04	4.85	0.80	0.14	0.002855
Candói	0.03	0.3	0.25	0.34	0.03	4.76	0.22	0.31	0.000211
Cantagalo	0.03	0.45	0.41	0.48	0.02	4.57	0.10	0.31	0.002817
Foz do Jordão	0.04	0.29	0.31	0.40	0.15	5.37	0.11	0.01	0
Goioxim	0.02	0.39	0.26	0.33	0.06	5.26	0.11	0.35	0.000206
Guarapuava	0.07	0.16	0.16	0.32	0.09	5.07	0.69	0.08	0.00083
Laranjeiras do Sul	0.06	0.4	0.37	0.04	0.01	3.05	0.24	0.36	0.001291
Pinhão	0.03	0.2	0.28	0.41	0.05	4.89	0.21	0.01	3.86E-05
Porto Barreiro	0.03	0.56	0.32	0.04	0.01	3.57	0.07	0.22	0.000464
Reserva do Iguaçu	0.02	0.18	0.11	0.50	0.17	5.43	0.03	0.00	0
Rio Bonito do Iguaçu	0.01	0.38	0.34	0.05	0	2.85	0.08	0.44	0.002246
Turvo	0.02	0.21	0.2	0.33	0.03	4.66	0.12	0.11	0.000127
Virmond	0.04	0.6	0.41	0.18	0	1.79	0.04	0.48	0.000808
Bom Jesus	0.15	0.13	0.29	0.00	0.03	5.27	0.51	0.02	0.000624
Campestre da Serra	0.05	0.27	0.38	0.30	0.03	4.50	0.13	0.00	0
Capão Bonito do Sul	0.09	0.27	0.22	0.04	0.1	4.55	0.15	0.02	0
Esmeralda	0.15	0.31	0.39	0.04	0.11	4.63	0.38	0.03	0
Ipê	0.04	0.29	0.36	0.80	0.01	3.09	0.19	0.26	0.002006
Lagoa Vermelha	0.07	0.41	0.24	0.06	0.14	4.24	0.39	0.25	0
Monte Alegre dos Campos	0.02	0.19	0.21	0.79	0.02	4.45	0.10	0.02	8.89E-05
Muitos Capões	0.09	0.26	0.26	0.16	0.17	5.29	0.35	0.04	0.00607
Pinhal da Serra	0.03	0.29	0.41	0.02	0.08	3.81	0.04	0.01	7.81E-05
Vacaria	0.14	0.18	0.32	0.08	0.03	4.94	0.66	0.07	0.002006
Campos Novos	0.08	0.47	0.27	0.11	0.09	4.85	0.42	0.46	0
Curitibanos	0.12	0.34	0.19	0.58	0.01	3.91	0.46	0.01	0
Vargem	0.03	0.43	0.18	0.00	0.03	4.16	0.07	0.07	0.005345
Zortéa	0.08	0.17	0.16	0.10	0.09	3.87	0.02	0.03	0

Fonte dos dados brutos: IBGE. Elaborado pelo autor.

**Anexo 5 – Histogramas dos resíduos e gráficos de resíduos x valores fitados**

Fonte: elaboração própria.