



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Faculdade de Ciências Econômicas
Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas

Salatiel Turra

**Evolução da Produtividade Total dos Fatores do Milho nas Mesorregiões do
Estado do Paraná - Brasil**

Rio de Janeiro

2019

Salatiel Turra

**Evolução da Produtividade Total dos Fatores do Milho nas Mesorregiões do Estado do
Paraná – Brasil**



Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Salazar Pêsoa Brandão

Rio de Janeiro
2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CCS/B

T958 Turra, Salatiel.

Evolução da produtividade total dos fatores do milho nas mesorregiões do estado do Paraná - Brasil / Salatiel Turra. – 2019.

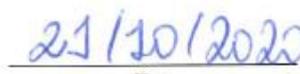
133 f.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Salazar Pêsoa Brandão.
Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Faculdade de Ciências Econômicas.
Bibliografia: f.119-127.

1. Economia – Brasil – Teses. 2. Economia agrícola – Brasil – Teses. 3. Milho – Teses. 4. Produtividade agrícola – Teses. I. Brandão, Antônio Salazar Pêsoa. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Econômicas. III. Título.

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.


Assinatura


Data

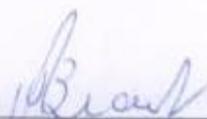
Salatiel Turra

Evolução da Produtividade Total dos Fatores do Milho nas Mesorregiões do Estado do Paraná – Brasil.

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
Área de Concentração: Economia Aplicada.

APROVADO, em 16 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora:



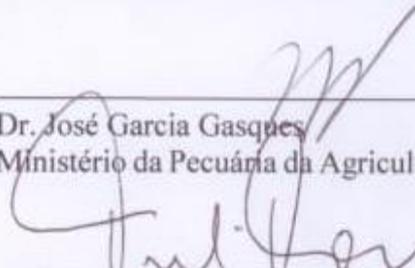
Prof. Dr. Antônio Salazar Pessoa Brandão (Orientador)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ



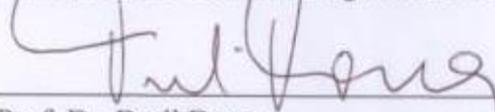
Prof. Dr.ª Ana Carolina da Cruz Lima
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ



Prof.ª Dr.ª Cármem Ozana de Melo
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE



Dr. José Garcia Gasques
Ministério da Pecuária da Agricultura e do Abastecimento – MAPA



Prof. Dr. Derli Dossa
Sec. de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná – SEAB

Rio de Janeiro
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida. À minha família, meu Pai Júlio, minha mãe Maria e meu irmão André, por terem me apoiado e serem meu porto seguro todas as vezes que mais precisei. Obrigado por acreditarem em mim!

A minha namorada Joice, sou grato pelo incentivo e compreensão de sempre.

Agradeço a Deus por me presentear com uma segunda família no Rio de Janeiro. Seu Ivan, dona Teresinha, Catiane, Victor e Willian, sou eternamente grato por tudo que fizeram por mim.

Obrigado a Marli Klein e sua família por me acolherem e vibrarem com minhas vitórias.

Agradeço a amizade e o companheirismo dos amigos da pós-graduação, em especial: Filipe, Fernanda, Kleber, Thiago Felipe, Ana Carolina, Márcia e Carol.

Agradeço a todos os professores da pós-graduação pela amizade e oportunidade de ser ouvinte de suas disciplinas. Aos técnicos administrativos da secretaria, sou grato pela prestatividade de sempre.

À Unisep de Francisco Beltrão e aos alunos de Agronomia e Engenharia Elétrica por me permitirem descobrir o quanto me faz bem ser docente.

Agradeço ao meu orientador, professor e amigo, Salazar, pela maestria, serenidade e paciência na condução deste trabalho. Suas contribuições, revisões e sugestões foram fundamentais para a lapidação desta tese.

Agradeço aos professores membros da banca de qualificação, Carlos Alberto e Cármem, que contribuíram significativamente no alinhamento do estudo com suas aguerridas sugestões.

Sou muito grato a Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, em especial ao senhor Secretário Norberto Anacleto Ortigara pelo seu incentivo e confiança. Aos colegas do Departamento de Economia Rural e da Direção Geral: Marcelo, Fernanda, Methódio, Francisco, Carlos Hugo, Larissa, Richardson, Rubens e Paulo Meira pelo apoio de sempre.

Agradeço também a pessoa da Vera da Rocha que sempre acreditou na minha capacidade e no meu potencial.

A TODOS MEU MUITO OBRIGADO!

“O que mais precisamos é de alguém que nos obrigue a fazer aquilo que sabemos”.

(Ralph Waldo Emerson)

RESUMO

TURRA, S. *Evolução da Produtividade Total dos Fatores do Milho nas Mesorregiões do Estado do Paraná - Brasil*. 2019. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Este trabalho tem como objetivo mensurar o índice da Produtividade Total dos Fatores (PTF) da cultura do milho no período de 2009 a 2016 e a taxa de crescimento da PTF do Estado do Paraná e das mesorregiões, além de identificar a distribuição geográfica e a dependência espacial da taxa de crescimento, com destaque para utilização das estatísticas de autocorrelação espacial, *I* de Moran e de mapas temáticos, da PTF dessas mesorregiões. A metodologia utilizada inclui o Índice de Tornqvist e a Análise Exploratória de Dados Espaciais - AEDE. Os resultados encontrados mostraram que a taxa de crescimento da PTF do Paraná foi de 3,27% de 2009 a 2016. Dentre as mesorregiões, a Centro Sul apresentou a maior taxa de crescimento anual, de 5,27%, no período. A mesorregião Oeste confirmou a hipótese, ou seja, apontou uma das melhores taxas de crescimento de Produtividade devido a maior concentração de pecuária (aves, bovinos e suínos) e indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos). Em relação à distribuição geográfica e à dependência espacial, foi confirmada a dependência pelo *I* de Moran, onde as três mesorregiões que apresentaram taxa de crescimento da PTF acima da identificada pelo estado do Paraná, formaram um *cluster* Alto-Alto. Por fim, os resultados permitem concluir que a taxa de crescimento da PTF influencia significativamente a produtividade do milho por meio do uso mais eficiente dos insumos (Mão de Obra, Terra e Capital).

Palavras-chave: Produtividade Total dos Fatores. Milho. Paraná.

ABSTRACT

TURRA, S. *Total Factor Productivity Development of Corn in the Mesoregions of Paraná State - Brazil*. 2019. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

This paper aims to measure the Total Factor Productivity (TFP) index of corn crop production from 2009 to 2016 and the TFP growth rate of the State of Paraná and its mesoregions, as well as to identify the geographic distribution and spatial dependence of the TFP growth rate, with emphasis on the use of statistics of spatial autocorrelation, *I* the *Moran* and thematic maps, of the PTF of these regions. The methodology used includes the Törnqvist index and Exploratory Spatial Data Analysis - ESDA. The results found showed that the TFP growth rate of Paraná State from 2009 to 2016 was 3.27%. Among said mesoregions, the Mid-South had the highest annual growth rate of 5.27% in the period. The West mesoregion confirmed a hypothesis, that is, it pointed to one of the best rates of productivity growth due to a higher concentration of livestock (poultry, cattle and pork) and industries (feed factories and slaughterhouses/ slaughterhouse). As to the geographic distribution and spatial dependence, the dependence was confirmed by the Moran's I estimate, in which the three mesoregions that had a TFP growth rate above the state's average formed a high-high cluster. Finally, it can be concluded from the results of this study that the TFP growth rate influences corn productivity and regional economic development by means of a more efficient use of inputs (Labor, Land and Capital).

Key words: Total Productivity of Factors. Corn. Paraná.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Evolução do rendimento do Milho em grão (kg. ha ⁻¹) – Estado do Paraná (2008/09 – 2015/16).....	22
Gráfico 2 -	Evolução do preço do milho recebido pelos produtores no Estado do Paraná (janeiro/2009 a dezembro/2016) (em valores constantes de dezembro/2016 - R\$/saca 60 kg).....	23
Gráfico 3 -	Comportamento do índice de PTF da Cultura do Milho no Paraná no período de 2009 a 2016.....	84
Gráfico 4 -	Taxa de Crescimento da PTF da Cultura do Milho no PR e nas mesorregiões paranaenses - período de 2009 a 2016.....	88
Gráfico 5 -	Dispersão da taxa de crescimento de Produção e da PTF das mesorregiões paranaenses, período de 2009 a 2016.....	90
Gráfico 6 -	Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Noroeste do Paraná – período de 2009 a 2016.....	94
Gráfico 7 -	Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Centro Sul do Paraná – período de 2009 a 2016.....	96
Gráfico 8 -	Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Metropolitana do Paraná – período de 2009 a 2016.....	100
Gráfico 9 -	Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Metropolitana de Curitiba paranaense – período de 2009 a 2016.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição Geográfica das Mesorregiões do estado do Paraná.....	24
Figura 2 -	Índice de produtividade de <i>Malmquist</i> orientado no produto.....	61
Figura 3 -	Representação dos tipos de contiguidade entre áreas.....	73
Figura 4 -	Estrutura do diagrama de dispersão de Moran onde <i>W_Variável</i> caracteriza a variável de interesse defasada espacialmente.....	78
Figura 5 -	Distribuição Geográfica da Mesorregião Noroeste no estado do Paraná.....	92
Figura 6 -	Distribuição Geográfica da Mesorregião Centro Sul no estado do Paraná.....	96
Figura 7 -	Distribuição Geográfica da Mesorregião Oeste no estado do Paraná.....	99
Figura 8 -	Distribuição Geográfica da Mesorregião Metropolitana de Curitiba no estado do Paraná.....	101
Figura 9 -	Distribuição Espacial da taxa de crescimento do índice de Produtividade Total dos Fatores da cultura do Milho nas Mesorregiões do estado do Paraná.....	105
Figura 10 -	Distribuição Espacial da taxa de crescimento da Produção do Milho nas Mesorregiões do estado do Paraná.....	106
Figura 11 -	Taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores, considerando as mesorregiões <i>Outliers</i>	108
Figura 12 -	Taxa de crescimento do índice de Produtividade Total de Fatores, considerando os Mesorregiões <i>Outliers</i> (Cartograma)	109
Figura 13 -	Diagrama de Dispersão de Moran da Taxa de crescimento da PTF.....	111
Figura 14 -	Diagrama de Dispersão de Moran da Taxa de crescimento da Produção.....	113
Figura 15 -	Mapa de significância da taxa de crescimento da PTF das mesorregiões do estado do Paraná.....	115
Figura 16 -	Mapa de <i>Cluster</i> para a taxa de crescimento da PTF das mesorregiões do estado do Paraná.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Centro Sul.....	25
Tabela 2 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Norte Central..	27
Tabela 3 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Noroeste.....	28
Tabela 4 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Oeste.....	30
Tabela 5 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Metropolitana de Curitiba.....	32
Tabela 6 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Centro Oriental	33
Tabela 7 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Sudeste.....	35
Tabela 8 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Norte Pioneiro	36
Tabela 9 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Centro Ocidental.....	38
Tabela 10 -	Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Sudoeste.....	39
Tabela 11 -	Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho no estado do Paraná – período de 2009 a 2016.....	83
Tabela 12 -	Índice de Produtividade da Mão de Obra, Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho no estado do Paraná – período de 2009 a 2016.....	84
Tabela 13 -	Índice de PTF da cultura do milho das mesorregiões paranaenses – período de 2009 a 2016.....	85
Tabela 14 -	Taxa de crescimento da PTF do milho no Paraná e o <i>Ranking</i> das Mesorregiões paranaenses.....	87
Tabela 15 -	Evolução da Taxa de Crescimento da Produção e da PTF do Milho nas Mesorregiões Paranaenses, período de 2009 a 2019.....	89
Tabela 16 -	Produção e participação do Milho nas Mesorregiões Paranaenses, período de 2009 a 2016.....	90
Tabela 17 -	Relação de abatedouro/frigoríficos do Sistemas de Inspeção (Federal/Estadual) e da relação de Fábricas de Rações registrados junto ao MAPA.....	91

Tabela 18	Índice de Produtividade de Mão de Obra, da Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura da Milho na mesorregião Noroeste do Paraná – período de 2009 a 2016.....	93
Tabela 19 -	Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Noroeste do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.....	94
Tabela 20 -	Rebanho total de aves, bovinos e suínos da mesorregião Noroeste do Paraná, período de 2009 a 2016.....	95
Tabela 21 -	Índice de Produtividade da Mão de Obra, Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Centro Sul do Paraná – período de 2009 a 2016.....	97
Tabela 22 -	Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Centro Sul do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.....	97
Tabela 23 -	Índice de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Oeste do Paraná – período de 2009 a 2016.....	99
Tabela 24 -	Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Oeste do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.....	100
Tabela 25 -	Índice de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Metropolitana de Curitiba paranaense – período de 2009 a 2016.....	102
Tabela 26 -	Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Metropolitana de Curitiba do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.....	103
Tabela 27 -	Coeficiente do I de Moran Local para taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores das Mesorregiões do Estado do Paraná....	110
Tabela 28 -	Coeficiente do I de Moran Local para taxa de crescimento da Produção das Mesorregiões do Estado do Paraná.....	110
Tabela 29 -	Variação Tecnológica, variação de eficiência e variação na PTF durante o período de 1980-2000.....	128
Tabela 30 -	Meso 1 - Centro Sul, índice de produtividade total dos fatores e produtos..	130
Tabela 31 -	Meso 2 – Norte Central, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	130

Tabela 32 -	Meso 3 - Noroeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	130
Tabela 33 -	Meso 4 - Oeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	131
Tabela 34 -	Meso 5 – Metropolitana de Curitiba, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	131
Tabela 35 -	Meso 6 – Centro Oriental, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	131
Tabela 36 -	Meso 7 - Sudeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	132
Tabela 37 -	Meso 8 – Norte Pioneiro, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	132
Tabela 38 -	Meso 9 – Centro Ocidental, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	132
Tabela 39 -	Meso 10 - Sudoeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	133
Tabela 40 -	Paraná, índice de produtividade total dos fatores e produtos.....	133

LISTA DE SIGLAS

AA	Alto-Alto
AB	Alto-Baixo
ABIMILHO	Associação Brasileira das Indústrias de Milho
ADAPAR	Agência de Defesa Agropecuária do Paraná
AEDE	Análise Exploratória de Dados Espaciais
ANAFEA	Associação Nacional de Veículos Automotores
ANA	Agência Nacional das Águas
BA	Baixo-Alto
BB	Baixo-Baixo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DERAL	Departamento de Economia Rural
<i>EKS</i>	Eltető e Kolves e Szulc
ERS	<i>Economic Research Service</i>
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FQ	<i>Fisher</i> de Quantidade
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IOL	Organização Internacional do Trabalho
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
LISA	<i>Local Indicator os Spacial Association</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento
MDIC	Ministério de Indústria e Comércio
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PIB	Produto Interno Bruto
PTF	Produtividade Total dos Fatores
SEAB	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
SECEX	Secretaria do Comércio Exterior
SIF	Sistema de Inspeção Federal

SIM	Sistema de Inspeção Municipal
SIPOA	Sistema de Inspeção de Proteína de Origem Animal
UF	Unidade Federativa
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
VAR	Auto-Regressão Vetorial
VBP	Valor Bruto da Produção

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
I – A CULTURA DO MILHO, A PECUÁRIA E AS INDÚSTRIAS NAS MESORREGIÕES PARANAENSES	19
1.1 O caso brasileiro.....	19
1.2 Panorama do Milho no Paraná.....	21
1.3 Área de Estudo: Mesorregiões Paranaenses.....	23
1.3.1 Caracterização Mesorregional do Centro Sul Paranaense	24
1.3.2 Caracterização Mesorregional do Norte Central Paranaense	26
1.3.3 Caracterização Mesorregional do Noroeste Paranaense.....	27
1.3.4 Caracterização Mesorregional do Oeste Paranaense	29
1.3.5 Caracterização Mesorregional do Metropolitana de Curitiba.....	30
1.3.6 Caracterização Mesorregional do Centro Oriental Paranaense	32
1.3.7 Caracterização Mesorregional do Sudeste Paranaense.....	34
1.3.8 Caracterização Mesorregional do Norte Pioneiro Paranaense.....	35
1.3.9 Caracterização Mesorregional do Centro Ocidental Paranaense.....	36
1.3.10 Caracterização Mesorregional do Sudoeste Paranaense.....	38
II – CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES.....	41
2.1 Abordagem Internacional da Produtividade Total dos Fatores.....	41
2.2 Abordagem Nacional da Produtividade Total dos Fatores.....	47
III – METODOLOGIA	55
3.1 Métodos de Estimação da Produtividade Total dos Fatores.....	55
3.1.1 Solow: Contabilidade de Crescimento.....	55
3.1.2 Índice de <i>Malmquist</i>	59
3.1.3 Índice de <i>Fisher</i> e índice <i>EKS</i>	63
3.1.4 Índice <i>Tornqvist</i>	64
3.2 Descrições das Variáveis e fontes de dados.....	67
3.3 Métodos de análise da pesquisa	70
3.3.1 Mensuração da PTF por meio do Índice <i>Tornqvist</i>	70
3.3.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE).....	71
3.3.2.1 Matriz de Pesos Espaciais.....	72
3.3.2.2 Autocorrelação Espacial Global e Local	73
3.3.2.3 Diagrama de Dispersão de Moran	77
3.4 Procedimentos Metodológicos.....	79
IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	81
4.1 Índice e Taxa de Crescimento da PTF do Milho no PR	82

4.2 Análise Geral das Mesorregiões Paranaenses	55
4.2.1 Análise da Mesorregião Noroeste	92
4.2.2 Análise da Mesorregião Centro Sul	95
4.2.3 Mesorregião Oeste	98
4.2.4 Mesorregião Metropolitana de Curitiba.....	101
4.3 Caracterização espacial do Índice da PTF por meio da Análise Exploratória de Dados Espaciais	104
4.4 Identificação da distribuição Espacial e do <i>Índice de Moran</i> da PTF e da Produção de milho nas mesorregiões paranaenses	106
CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
ANEXO	128
APÊNDICE.....	130

INTRODUÇÃO

Considerando-se as últimas décadas, não há dúvidas de que o agronegócio brasileiro obteve significativos aumentos de produtividade (GASQUES et al., 2019). Desse modo, é evidente que o desenvolvimento e a aplicação de boas técnicas foram e são fundamentais para a consistência dos resultados positivos apresentados.

Atualmente, o milho é o cereal mais produzido no mundo e os principais produtores desta *commodity* são: Estados Unidos, China e Brasil, respectivamente, representando juntos 66% da produção mundial, de acordo com o *United States Department of Agriculture* (2018).

Segundo a Secretaria do Comércio Exterior, do Ministério de Indústria e Comércio (SECEX/MDIC) o consumo mundial de milho é de 944,3 milhões de toneladas. Estados Unidos, China e União Europeia respondem por mais de 62% da demanda mundial do milho, representando 31,4%, 22,45% e 8%, respectivamente (SECEX, 2015).

A cultura do milho, além de apresentar importância da pauta mundial possui, também, grande importância para a agropecuária brasileira, uma vez que o grão se presta para alimentação humana, animal e também para a geração de energia (GRANDE, 2014). O Brasil possui condições climáticas propícias para o desenvolvimento do agronegócio. Os resultados positivos desta atividade possuem relação direta com as condições climáticas favoráveis, bem como o relevo e a fertilidade do solo, adoção e aperfeiçoamento de boas técnicas de manejo das culturas e melhoramento genético das sementes, principalmente daquelas que possuem interesse econômico a nível internacional, além da demanda interna elevada.

A cultura do milho tem significância tanto na área de produção de alimento animal como humana, além de ser usada como forma de produção de etanol. Dada sua ampla utilidade estudos sobre a Produtividade foram realizados. Segundo Gasques, *et al.* (2004), existem muitos trabalhos desenvolvidos utilizando a análise da Produtividade Parcial dos Fatores (PPF). Talvez, um dos principais motivos dessa escolha seja a dificuldade de trabalhar com indicadores mais abrangentes como a Produtividade Total dos Fatores (PTF). A principal barreira desta última está, especificamente, na limitação (ausência) de informações com relação aos insumos, ainda que também haja dificuldade na mensuração do produto. Entretanto, muitos dos estudos realizados, como de Vicente e Neves (1990), Ávila e Evenson (1995) e Gasques e Conceição (1997, 2000), apresentaram boas explicações com relação ao crescimento da agricultura brasileira.

Segundo Caldarelli (2012), uma característica do desenvolvimento da cultura do milho no Brasil é que durante um longo período após a Segunda Guerra Mundial havia uma acentuada dualidade tecnológica onde conviviam produtores com diferentes, às vezes muito diferentes, níveis de produtividade. Paiva, em 1968, destaca que o setor agrícola perdeu seu papel dinâmico no processo de desenvolvimento econômico, passando a um papel de setor induzido desse crescimento. Assim, ele afirma que a assistência técnica e financeira deve ser intensiva, fazendo com que os produtores adotem técnicas modernas e adquiram uma atitude racional que lhes permitam responder rapidamente às mudanças de preços. Essa situação vem se modificando e transformações significativas vêm ocorrendo de forma a tornar menos heterogêneo o processo produtivo, mas também deve-se observar que houve melhoras expressivas no processo de comercialização.

Os principais fatores influenciadores dessas transformações são a existência de um maior número de produtores utilizando técnicas de produções avançadas, melhoras ocorridas no processo de comercialização levando ao uso de instrumentos mais eficientes e transparentes, a maior presença da agroindústria produtora de rações e a influência do mercado internacional na formação de preços, (BRASIL, 2007).

Para o Estado do Paraná o milho foi beneficiado pelo crescimento da agroindústria. A partir do final dos anos 1960 e início de 1970, iniciou-se a modernização na agricultura e a ampliação do parque agroindustrial. O processo de modernização foi caracterizado por uma certa concentração fundiária, pela introdução da mecanização e de tecnologias de natureza biológica, com impactos positivos na produtividade e na rentabilidade do setor. Assistiu-se ao deslocamento de uma agricultura atrelada à monocultura cafeeira e uma indústria de pouca dinamicidade, para um processo de articulação e reestruturação produtiva (DA SILVA, 1998).

Contudo, a modernização vivida pela agricultura que gerou resultados importantes para a economia do Estado, em termos de aumento de produção, produtividade, geração de renda e industrialização, não teve impacto uniforme em todas as regiões (DE MELLO e DA SILVA, 2004).

Dessa forma, conhecer como se encontram as mesorregiões em termos de produtividade total dos fatores se faz importante e, para isso, a obtenção de medidas sintéticas podem contribuir no sentido de fornecer subsídios para análises, avaliações de programas e de intervenções, servindo como ponto de partida para a discussão de ações que possam ser seguidas em busca do crescimento da produtividade.

Ademais, cabe salientar que mensurar e analisar o fenômeno (que é complexo) em

termos regional e estadual torna-se importante ao permitir sua aproximação com a realidade concreta.

Neste sentido, o estudo ora proposto levanta a seguinte questão: Qual é o Índice de Produtividade Total dos Fatores da cultura do Milho nas mesorregiões do Paraná?

No intuito de responder ao problema apresentado, parte-se da hipótese de que a mesorregião Oeste apontará uma das melhores taxas de crescimento da produtividade total dos fatores dentre as demais devido a concentração da pecuária (aves, bovinos e suínos) e das indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos). A indústria envolve o produtor, além de tornar-se fundamental como fornecedora de insumos e como compradora do produto final agrícola. Desse modo, esse duplo papel desempenhado pela indústria gera produtividade e, conseqüentemente, desenvolvimento da agricultura (ÁVILA, 1985). Em sua tese, Ávila (1985) testou esta hipótese no início dos anos de 1980 considerando apenas a produtividade do fator terra, onde demonstrou que o avanço das indústrias de rações desde então foi muito grande com efeitos expressivos sobre a agricultura e, particularmente sobre a cultura do milho. Além disso, Schultz (1965), desenvolveu o modelo de impacto urbano-industrial na intenção de explicar as diferenças espaciais na renda do trabalho do setor agrícola, desde que a análise seja centrada na integração entre os setores industrial e agrícola, onde o fator locacional relativo aos centros urbanos industriais exerça influência marcante no desenvolvimento agrícola (DE ALMEIDA CUNHA, 1991).

Nesta perspectiva o objetivo da tese é mensurar o índice da Produtividade Total dos Fatores (PTF) da cultura do milho no período de 2009 a 2016 das mesorregiões paranaenses e do estado do Paraná, estimar taxa de crescimento da PTF das mesorregiões paranaenses e do estado do Paraná e Analisar a distribuição geográfica e a dependência espacial da taxa de crescimento da PTF da cultura do milho e a concentração das fábricas indústrias existentes nas mesorregiões.

Para realização desse propósito e comprovação da hipótese tratada, alguns instrumentos metodológicos serão utilizados, como a Análise do Índice *Tornqvist* e a matriz de peso espacial que melhor se ajustou no modelo para analisar a autocorrelação e a dependência espacial, por meio do software Open GeoDa. Foram selecionadas como formas de procedimento, a pesquisa bibliográfica e documental. A abordagem deste estudo é predominantemente quantitativa. Optou-se pelo uso de dados secundários, especificamente por aqueles apresentados pelo Censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná

(SEAB/Deral), disponíveis entre o período de 2009 a 2016, considerando as 10 mesorregiões que compõem o estado do Paraná.

Esta tese, além desta introdução, está dividida em quatro capítulos. O primeiro capítulo, apresenta um enfoque histórico acerca da evolução de produção nacional e estadual da cultura do milho. O segundo capítulo, apresenta uma contextualização (inter) nacional teórica abordando o conceito de Produtividade Total dos Fatores no âmbito agrícola. O terceiro capítulo apresenta os métodos de identificações de produtividade, bem como a metodologia usada para a inferência da Produtividade Total dos Fatores (PTF) das mesorregiões paranaenses, por meio do Índice de *Tornqvist*. Além disso, é apresentado o método de caracterizar a dependência espacial por meio da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). O quarto e último capítulo apresenta os resultados e discussões referentes ao desenvolvimento do estudo. O estudo conta ainda com considerações finais e referências.

I – A CULTURA DO MILHO, A PECUÁRIA E AS INDÚSTRIAS NAS MESORREGIÕES PARANAENSES

1.1 O caso brasileiro

Nos primórdios dos anos de 1950, países como o Brasil começaram a dar atenção à formulação de planos que se limitaram, essencialmente, a um processo de industrialização intensiva, que se configurava como sinônimo de desenvolvimento econômico. Neste contexto, a agricultura tornou-se absorvedora de produtos advindos do setor industrial, o que passou a configurar o próprio processo de modernização agrícola (PAIVA, 1968).

As maiores transformações com relação à modernização da agricultura brasileira se deram, principalmente nos anos 1960 e 1970, caracterizado como excludente e parcial, por ter gerado um modelo dual de produção, situação refletida na atualidade do mundo rural brasileiro e com perspectivas de gravidade diante do processo de globalização. Especificamente, a partir da década de 1960, o uso de máquinas, adubos e defensivos químicos, ganharam maior importância no aumento da produção agrícola (SANTOS, 1986). De acordo com os parâmetros da “Revolução Verde”, associou-se um pacote tecnológico à agricultura, tendo a mudança da base técnica resultante, passando a ser conhecida como modernização da agricultura brasileira. Nos anos 1970, também surgem, como produto da modernização agrícola, os complexos agroindustriais representando a integração técnica entre a indústria que produz para a agricultura, e vice-versa. “A ‘Revolução verde’, materializou-se de fato sob um padrão tecnológico implantado de forma significativa, integrando as famílias rurais a novas formas de racionalidade produtiva, mercantilizando gradualmente a vida social e, em lento processo histórico, quebrando a relativa autonomia setorial” (NAVARRO, 2001, pg. 84). O Estado é apontado como o principal agente indutor do processo de desigualdade da modernização brasileira, através do Sistema Nacional de Crédito Rural - SNCR, dos subsídios e das políticas de maxidesvalorização cambial, ao atuar em favor dos grandes proprietários de terras e das multinacionais, assumindo seus custos e riscos de produção e transferindo-os à sociedade. Mesmo utilizando o Estado para promover a modernização agrícola desigual, não se usaram, em contrapartida, medidas que amortecessem os choques negativos da política gerando, assim, um modelo agrícola bimodal, ou seja, convivência de sistemas produtivos intensivos e extensivos, modernos e tradicionais, de ricos e de pobres (CORDEIRO, 1996).

Nas décadas de 1970 e 1980, como consequência da mecanização, ocorreu um aumento

significativo do êxodo rural. Aproximadamente 30 milhões de pequenos produtores foram expulsos de suas terras (AGRA, 2001). A alternativa que restava àquela população rural era vender a força-de-trabalho nos centros industriais das cidades, aumentando assim, consideravelmente a migração rural/urbano (MARTINE, 1990). O modelo de modernização da agricultura implantado no Brasil alcançou bom desempenho econômico quando relacionado às perspectivas de lucro (MATOS e PESSOA, 2011). No entanto, as condições ambientais e sociais, sofreram modificações e deixaram marcas nas relações socioeconômicas do campo brasileiro. Também no Paraná, o fenômeno teve grande importância. O Estado inseriu-se no processo, a agricultura se modernizou de forma intensa, o que gerou importantes transformações em sua economia e no meio rural. Ganhos de produtividade e expansão do setor ocorreram de forma significativa, entretanto, por outro lado, ocorreu a ampliação de desigualdades no meio rural (NAVARRO, 2001).

De acordo com a análise de conjuntura do Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, o milho é o cereal de maior volume de produção no mundo, especificamente, na safra 2017/18, foi de aproximadamente 1,034 bilhão de toneladas. Estados Unidos, China, Brasil e União Europeia são os maiores produtores, representando 70,7% da produção mundial. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Milho (ABIMILHO) em 2018, o incremento da produção possibilitou tanto o abastecimento do mercado doméstico quanto do externo, colaborando assim com ganhos de produtividade, o que proporciona uma produção mais eficiente com menores custos.

Dentro deste contexto, segundo a CONAB (2018), considerando a quantidade de área plantada e a produção de grãos de milho na 1ª e na 2ª safras ter apresentado uma significativa evolução, fez com que o Brasil ocupasse o segundo lugar no *ranking* de maior exportador mundial de milho e o terceiro país maior produtor desta *commoditie*.

O milho torna-se cada vez mais importante, principalmente quando a preocupação se volta em alimentar a população mundial, a qual já possui uma quantidade em torno de 7 bilhões de pessoas, de acordo com o IBGE, e que, segundo estudos, estimam um crescimento acima de 9 bilhões de pessoas para 2050.

Considerando o aumento populacional, a redução das terras para o cultivo e os riscos inerentes à atividade, como as condições relativo ao clima e ao solo, por exemplo, pode-se considerar que a grande estratégia da cultura do milho está na estrita relação com o aumento da produtividade como forma de garantir a produção e, ou seja, suprir as demandas do mercado.

Dessa forma, o manejo adequado e boas práticas agrícolas, bem como a adoção de

tecnologias eficientes são fundamentais para atender a demanda. Além disso, o aumento da produtividade contribui para a sustentabilidade ambiental, devido à redução de áreas desmatadas para a exploração da cultura.

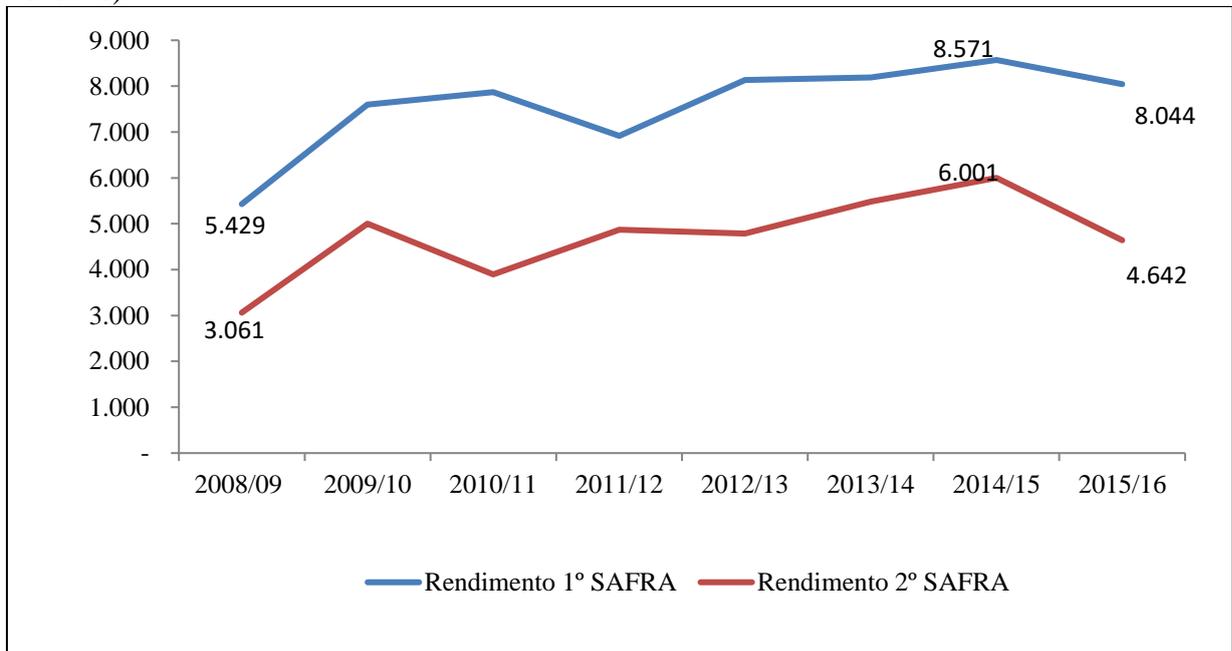
Dentre os estados brasileiros, segundo a Conab, especificamente, nas safras (1º e 2º) de 2008/09 a 2015/2016, o Paraná e do Mato Grosso representaram, aproximadamente, 42% da produção nacional.

1.2 Panorama do Milho no Paraná

O estado do Paraná e do Mato Grosso, alternam a primeira colocação no *ranking* nacional, como o maior produtor de milho, contribuindo com cerca de 48% do volume total produzido no país na safra 2018/19 (CONAB, 2018). A cultura do milho tem sua importância expressiva para o Paraná, justamente porque este Estado é considerado como o maior produtor nacional de proteína animal (SEAB/DERAL, 2018). Assim, a pecuária demanda significativamente a produção de milho a granel e processado (ração) para a alimentação. Especificamente, o oeste do Paraná é o principal polo transformador de grãos em proteína animal do País. Com uma vocação natural para o agronegócio, a região registra um forte desenvolvimento de atividades como avicultura, suinocultura, piscicultura e bovinocultura leiteira. No âmbito nacional, a demanda por esta *commoditie* não é diferente.

De acordo com o Departamento de Economia Rural do Paraná, além da adoção de tecnologias, a assistência técnica capacitada também tem sido determinante para os atuais níveis de produtividade alcançado pelo Estado. No gráfico 1, é possível perceber a evolução do rendimento (kg. ha⁻¹) que o milho no Paraná apresentou em ambas as safras (1º e 2º) na análise da pesquisa, ou seja, entre as safras de 2008/09 a 2015/16.

Gráfico 1. Evolução do rendimento do Milho em grão (kg. ha⁻¹) – Estado do Paraná (2008/09 – 2015/16).

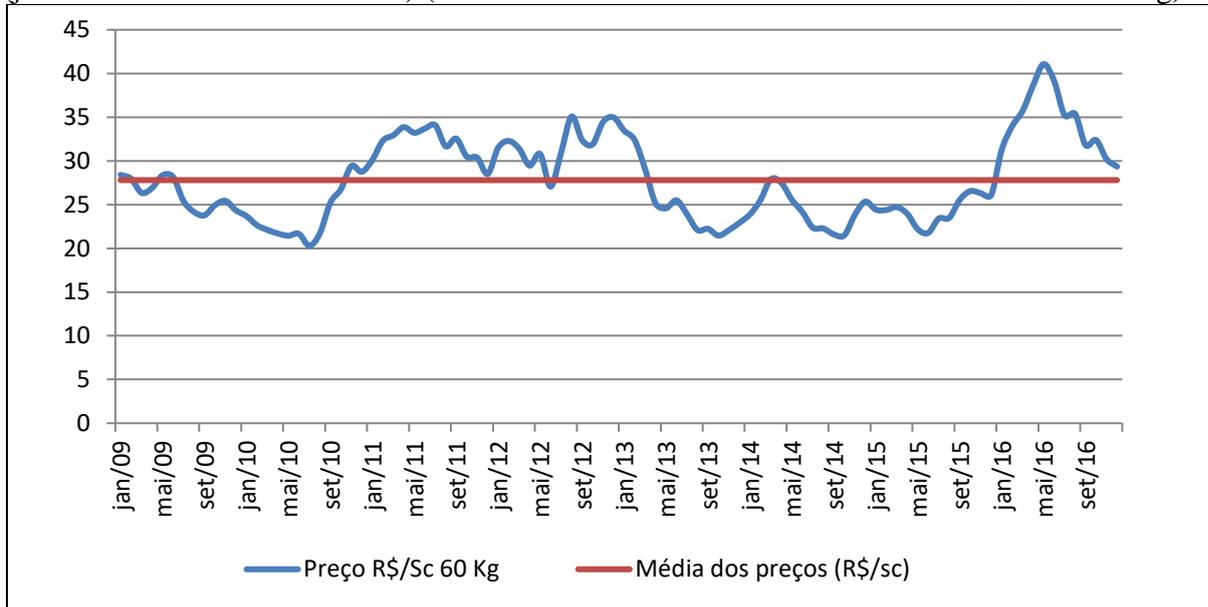


Fonte: O autor (2018), com dados SEAB/DERAL.

Esses fatores, bem como a diversificação da produção do cereal, mantiveram o Paraná como o maior produtor nacional de milho (1º e 2º safra) até o ano de 2012, ou seja, nas quatro primeiras safras do período do estudo. A partir daí o estado assumiu o segundo lugar no *ranking* da produção nacional, perdendo para o Mato Grosso (SEAB/DERAL, 2018). No entanto, uma das possíveis justificativas para a redução da produção total do grão, na primeira safra principalmente, está atrelada ao aumento da produção de silagem destinada a alimentação da pecuária de corte e leite, bem como a substituição de área de milho pela cultura da soja.

Outro fator importante a ser observado no Gráfico 2, é a evolução dos preços do milho recebidos pelos produtores no Paraná, no período de 2009 a 2016. A análise da série temporal permite identificar a volatilidade dos preços, sendo o maior valor observado em maio de 2016, na ordem de R\$ 41,08 a saca de 60 kg (em valores constantes de dezembro/2016), e o menor valor verificado em julho de 2010, de R\$ 20,29 a saca de 60 kg (em valores constantes de dezembro/2016). Por sua vez, a média dos preços no período situou-se em R\$ 27,80 a saca de 60 kg (em valores constantes de dezembro/2016) e aparentemente os preços não apresentam tendência de queda ou elevação no período.

Gráfico 2. Evolução do preço do milho recebido pelos produtores no Estado do Paraná (janeiro/2009 a dezembro/2016) (em valores constantes de dezembro/2016 - R\$/saca 60 kg).



Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

O preço do milho apresenta desempenho classificado como cíclico ou sazonal, alternando períodos de crescimento e redução dos preços. Tais oscilações se devem às questões que influenciam diretamente na formação dos preços, como o clima, previsões de safras, colheitas de safras, estoques e até mesmo movimentações especulativas nas Bolsas de Mercadorias onde são negociadas.

Neste sentido, a forte ampliação deriva da expansão da demanda pelo produto nos Estados Unidos e na China, que atualmente são, nessa ordem, os maiores consumidores internacionais do milho brasileiro. Enquanto nos Estados Unidos o aumento do consumo destina-se à produção de ração e de álcool combustível, na China, o crescimento do rebanho animal determina o ritmo de aumento nas quantidades demandadas de milho. Dessa forma, o grão do milho nacional ganhou destaque no cenário internacional.

1.3 Área de Estudo: Mesorregiões Paranaenses

As mesorregiões geográficas estaduais, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, consistem no agrupamento de municípios em regiões com a finalidade de atualizar o conhecimento regional do País e viabilizar a definição de uma base territorial para fins de levantamento e divulgação de dados estatísticos. Estas são as áreas espaciais de análise do estudo.

O Paraná é composto por 399 municípios, divididos em 39 microrregiões e 10

mesorregiões, sendo estas: Centro Sul Paranaense, Norte Central Paranaense, Noroeste Paranaense, Oeste Paranaense, Metropolitana de Curitiba, Centro Oriental Paranaense, Sudeste Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense e Sudoeste Paranaense. O foco do estudo está nas mesorregiões do Estado, justamente porque a partir delas é possível ter uma visão macrorregional da distribuição espacial da taxa de crescimento do índice de PTF do milho identificado para cada uma delas.

A seguir, tem-se a representação geográfica das mesorregiões paranaenses (Figura 1) e também, uma caracterização regional de cada mesorregião. Cabe destacar que a mesorregião Noroeste Paranaense faz divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul, a mesorregião Norte Central, Norte Pioneira e a Centro Oriental Paranaense fazem divisa com o Estado de São Paulo. Já as mesorregiões Sudoeste e Sudeste Paranaenses fazem divisa com o Estado de Santa Catarina.



Figura 1: Distribuição Geográfica das Mesorregiões do estado do Paraná

Fonte: O autor, 2019.

1.3.1 Caracterização Mesorregional do Centro Sul Paranaense

Esta região é composta por 24 municípios e a cidade referência desta mesorregião é Guarapuava, onde se concentra a maior ocupação industrial. Porém, esta mesorregião também possui um grau elevado de atividades rurais. É interessante destacar que a modernização

agropecuária se fortaleceu integrando-se com outras áreas mais dinâmicas do Estado, a partir da década de 1980 (IPARDES, 2004).

O expressivo aumento de produtividade das *commodities* é consequência do incremento das modernizações. Essa região possui também características de agricultura familiar que, por sua vez, apresentam rendimentos baixos, inclusive quando comparados com o mesmo segmento em outras regiões do Estado (ASSIS e ROMEIRO, 2005).

O setor da indústria madeireira foi se modernizando com a chegada de novos segmentos, como a produção de lâminas e chapas, entre outros. Isso diversifica a produção e, conseqüentemente, provoca rendas alternativas para os produtores rurais da região.

Especificamente, com relação à cultura do milho no período de 2009 a 2016, pode-se destacar que a região Centro Sul apresentou uma retração de produção (42%) e de área plantada (62%) de milho. Por outro lado, o Valor Bruto da Produção (VBP) apresentou uma variação positiva, cerca de 30% comparando o mesmo período.

Segundo o Departamento de Economia Rural do Paraná ao comparar a evolução das atividades pecuárias (aves, bovinos e suínos) na região, pode-se destacar que, especificamente, a atividade de avicultura de corte cresceu, significativamente, nesse período. A bovinocultura de corte avançou na quantidade de animais explorados, havendo pouca variação em torno da média do período como um todo. E, por fim, a suinocultura apresentou uma redução no número do plantel explorados.

O número de indústrias, voltadas à fabricação de ração, existentes na região Centro Sul que possuem cadastro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), se resumem numa quantidade de 8 (oito) fábricas. A seguir, é apresentado pela Tabela 1, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 1. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Centro Sul

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	1.163.003	986.850	935.197	1.016.071	1.041.107	943.000	781.768	668.615
Área (Ha)	201.145	145.655	125.135	156.250	140.418	103.050	86.359	74.765
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	301.419,10	242.179,38	359.997,52	371.528,86	353.784,74	328.275,90	275.423,00	391.812,86
Rendimento (1000 Kg.ha ⁻¹)	5,78	6,78	7,47	6,5	7,41	9,15	9,05	8,94
VBP - R\$ 1000/ha	2,83	2,52	4,01	3,13	3,13	3,75	3,51	5,24

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

Durante os anos estudados, conforme Tabela 1, é possível descrever que a área plantada e a produção do milho na região Centro Sul apresentou redução no decorrer dos anos. Entretanto, o rendimento (Kg/hectare) e o VBP, aumentaram.

1.3.2 Caracterização Mesorregional do Norte Central Paranaense

Esta região é composta por 79 municípios e faz fronteira com o estado de São Paulo. Esta região por fazer divisa interestadual, na década de 1970, liderava o crescimento da economia estadual dado a dinâmica da cultura do café que era forte, principalmente, nas pequenas propriedades que possuíam vínculo diretamente com o mercado. Nessa década, o Norte Central Paranaense concentrava quase $\frac{1}{4}$ da população estadual. Destacando-se como a mais populosa, principalmente em termos rurais (MELLO, 2007).

Entretanto, o processo de modernização da agropecuária e da industrialização, configurou um novo panorama para a região. Deste modo, sua base agropecuária tornou-se cada vez mais competitiva, principalmente pelo destaque que assumiu pela expansão da produção e dos ganhos nos níveis de produtividade, bem como a sua articulação com o mercado nacional e/ou internacional (MATOS e PESSOA, 2011).

A cultura da soja e do milho ganham destaque, porém, atividades alternativas também apresentam avanço, principalmente, nas produções familiares, como por exemplo, a fruticultura. Além disso, esta mesorregião, a exemplo da identidade estadual, apresenta sua base produtiva organizada por meio de cooperativas, alicerçando parcela expressiva da produção agroindustrial da região e do Estado.

Objetivamente, com relação a cultura do milho, foco deste estudo, a mesorregião apresentou uma evolução de área cultivada, de produção e, conseqüentemente, de valor bruto da produção gerada. Deste modo, cabe destacar que a principal atividade pecuária que fomentou esses ganhos foi a pecuária de aves, a qual apresentava uma quantidade de 41.157.085 aves exploradas em 2009, passando para 60.832.658 em 2016, ou seja, uma variação positiva de, aproximadamente, 48%. Por outro lado, a cadeia de suínos retraiu sua exploração e a atividade de bovinocultura de corte, manteve-se na média a sua evolução.

Dada essa movimentação na pecuária regional muitas fábricas de rações surgiram para processar a matéria-prima, entre elas o milho, e alimentar esses animais. A mesorregião Norte Central é a que concentra o maior número de indústrias registradas junto ao MAPA, cerca de 46 fabricam rações.

Atualmente, a mesorregião Norte Central tem o segundo maior contingente de população ocupada entre as mesorregiões do Estado e também concentra o maior número de pessoas em atividades agrícolas, embora tenham um peso relativamente pequeno, comparativamente a outras mesorregiões, em sua estrutura ocupacional.

Tal mesorregião tem importância no ambiente voltado a Ciência, Tecnologia e

Inovação, particularmente na área de agropecuária e agronegócio, como a Sede do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e a Embrapa Soja. Além de uma estrutura diversificada e expressiva de instituições universitárias de ensino público e privado. A seguir, é apresentado pela Tabela 2, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 2. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Norte Central

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	1.494.020	1.925.476	1.975.694	3.013.118	2.681.733	3.102.515	3.084.347	2.014.017
Área (Ha)	423.885	380.568	450.345	576.783	570.945	533.302	526.699	559.741
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	381.830,4 2	559.910,6 4	749.830,2 4	1.210.859,9 6	898.635,0 5	1.015.676,6 4	1.259.001,4 4	1.080.487,3 5
Rendimento (1000 Kg.ha⁻¹)	3,52	5,06	4,39	5,22	4,7	5,82	5,86	3,6
VBP - R\$ 1000/ha	1,7	2,23	2,32	2,76	1,95	2,24	2,63	1,93

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

Na Tabela 2, a dinâmica produtiva da mesorregião Norte Central do Estado do Paraná apresenta valores de indicadores crescentes no decorrer dos anos, salvo exceções. De modo geral, tem-se uma evolução da produção anual (Toneladas), da área plantada e do Valor Bruto da Produção. Em 2013 e 2016, especificamente, todos os indicadores apresentaram retração, justificada pela redução de área plantada de milho, substituída pela soja, e pela baixa produção devido à presença de escassez hídrica nas safras 2012/13 e 2015/16.

1.3.3 Caracterização Mesorregional do Noroeste Paranaense

Esta região é composta por 61 municípios e, a exemplo da mesorregião de Norte-Central, sua ocupação foi expandida pela fronteira interestadual, relacionada especificamente à cafeicultura. Entretanto, diferente das mesorregiões que integram essa fronteira, esta região foi a que mais teve dificuldade para transitar da crise do Café na década de 1960 e 70 para o novo padrão de modernização. De acordo com IPARDES (2004), tal dificuldade está relacionada às limitações ao uso do solo que possui característica de arenito, o que gera alta suscetibilidade à erosão, impedindo a expansão de culturas anuais, de modo que a pecuária extensiva fosse opção de substituição do café.

Os avanços tecnológicos (modernização agrícola), bem como o uso de técnicas de manejo e conservação de solos, fizeram com que a cultura do milho alcançasse maiores volumes de produção atingindo, conseqüentemente, melhores níveis de produtividade (Kg.ha⁻¹). O crescente aumento da exploração da pecuária de corte ajudou a fomentar a necessidade de

ampliar o volume de produção da cultura do milho, que é considerado uma das principais *commodities* na geração de alimento para o consumo animal. Neste sentido, as áreas cultivadas de milho nesta mesorregião, além do Valor Bruto da Produção, apresentaram uma evolução, no decorrer dos anos de 2009 a 2016. Cabe destacar que, a exemplo das outras mesorregiões já apresentadas, esta apresenta uma grande evolução da exploração de aves de corte, uma redução da quantidade explorada de suínos e uma manutenção do plantel de gado de corte. Porém, é necessário destacar que esta mesorregião concentra o maior número de bovinos de corte do Estado. Tal característica é dada pelo Noroeste fazer fronteira com o estado do Mato Grosso do Sul, o qual possui sua identidade voltada à pecuária bovina de corte, além de muitos fazendeiros do Paraná possuírem terras no estado vizinho.

Destarte, o número de fábricas de rações, apesar da aptidão regional ser voltada para pecuária, não é tão significativa, ou seja, chega a 9 (nove) registradas junto ao MAPA. Entretanto, cabe considerar que esta mesorregião, apresentou o maior número de abates de bovinos, considerando o período do estudo.

A mão de obra da região é ocupada, principalmente, pelas atividades agropecuárias que assumem participação expressiva. Comparativamente com as demais mesorregiões do Estado, o Noroeste apresenta indicadores de rendimentos menores. Entretanto, os avanços tecnológicos observados na área de manejo e conservação de solos, nos últimos anos, possibilitou uma expansão significativa da área explorada pela soja e pelo milho (DEL *et al.*, 2006).

Outras cadeias do setor agropecuário destacaram-se como oportunidades regionais e apresentaram crescimento de áreas exploradas, como a cana, mandioca e aves, além da produção estadual destacada de casulos do bicho-da-seda e fruticultura (abacaxi, laranja e manga). A seguir, é apresentado pela Tabela 3, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 3. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Noroeste

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	244.898	483.463	486.161	602.661	687.346	693.300	776.741	601.160
Área (Ha)	110.474	106.860	135.553	133.241	162.185	143.887	150.076	159.492
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	61.045,84	144.445,37	182.659,41	243.452,99	229.097,31	225.267,07	319.755,16	320.872,90
Rendimento (1000Kg.ha⁻¹)	2,22	4,52	3,59	4,52	4,24	4,82	5,18	3,77
VBP - R\$ 1000/ha	1,04	2,05	1,88	2,41	1,75	1,84	2,35	2,01

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

A região Noroeste do Estado do Paraná, Tabela 3, apresentou evolução progressiva da produção do grão durante o período do estudo. Já a área plantada, apresentou variações. Especificamente no ano de 2015, o rendimento e o VBP por hectare da cultura do Milho foram os maiores apresentados no período analisado, ou seja, 5.180 kg por hectare e R\$ 2350,00 por hectare, respectivamente. Isso atribui-se ao uso eficiente dos insumos, além do fator climático ter sido favorável para o desenvolvimento da cultura.

1.3.4 Caracterização Mesorregional do Oeste Paranaense

A mesorregião Oeste é composta por 50 municípios, os quais sustentam um ritmo praticamente uniforme de crescimento que contribui para um maior equilíbrio regional do Estado.

O Oeste Paranaense possui condições relativo ao clima e ao solo favorável para o bom desenvolvimento das atividades agropecuárias exploradas. Além dos efeitos indiretos proporcionados por uma base produtiva moderna e compatibilizada com a mão de obra familiar presente, o sistema cooperativista é identidade registrada na região, proporcionando um excelente desempenho produtivo. De modo geral, o cooperativismo presente na mesorregião Oeste Paranaense, proporciona destaque e garante a sustentação de ganhos crescentes frente à economia estadual nas atividades do setor primário (ALVES *et al.*, 2007).

A exploração da atividade pecuária é muito destacada nesta área. Deste modo, em virtude da necessidade de atender o consumo de alimentos (rações) aos animais, a demanda por matéria-prima (milho, por exemplo) é crescente.

O sistema cooperativista, além de ser uma das identidades do Estado do Paraná, é evidenciado com mais intensidade em algumas regiões. A exemplo, a mesorregião Oeste paranaense destaca-se tanto na produção agrícola como na pecuária (OCEPAR, 2016). Além disso, esta região é favorecida por apresentar áreas planas e um solo argiloso, o qual possui maior poder de retenção de água e, conseqüentemente, favorece o desenvolvimento das culturas. Por essa região apresentar áreas planas e o sistema cooperativista estar intensivamente presente, as explorações pecuárias mais destacadas são aquelas que não necessitam de grandes áreas para a sua exploração. Ou seja, a bovinocultura de corte, criadas nas pastagens não é característica na região. Desse modo, apesar de ser a terceira mesorregião que mais se destaca nesta atividade, ela não apresentou evolução nos anos estudados. Diferentemente das atividades exploradas como aves e suínos. Estes, por sua vez, fazem com que a mesorregião se destaque em termos de quantidade de animais explorados, comparativamente com as demais

mesorregiões do Estado.

Deste modo, a mesorregião é a segunda que possui o maior número de fábricas de rações habilitados pelo MAPA, de frigoríficos habilitados pelo Sistema de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Paraná (SIPOA) e de Frigoríficos habilitados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF) do MAPA, com as respectivas quantidades, 44, 13 e 21.

Segundo o Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (2019), a mesorregião Oeste apresentou um aumento progressivo no número de aves e suínos abatidos no período de 2009 a 2016, totalizando um montante de 3,8 bilhões e 70,5 milhões, respectivamente. O Oeste Paranaense foi a região que mais se destacou neste quesito. A seguir, é apresentado pela Tabela 4, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 4. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Oeste

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	2.408.294	3.292.852	2.906.426	4.050.758	5.073.969	4.391.379	5.050.711	4.718.735
Área (Ha)	665.641	567.593	643.366	808.680	852.017	736.532	748.390	839.199
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	606.381,6	961.220,8	1.095.335,6	1.614.594,9	1.695.189,2	1.436.571,8	2.066.638,7	2.525.963,4
	1	3	3	9	1	4	6	9
Rendimento (1000 Kg.ha-1)	3,62	5,8	4,52	5,01	5,96	5,96	6,75	5,62
VBP - R\$ 1000/ha	1,72	2,56	2,38	2,63	2,47	2,3	3,04	3,01

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

A mesorregião Oeste do Estado do Paraná, Tabela 4, apresentou os melhores Valores Brutos de Produção nos anos analisados. Muito se deve à evolução da produção e, conseqüentemente, da área plantada e dos insumos utilizados. Deste modo, pode-se perceber que o rendimento médio se concentra na faixa da 5,4 mil kg/ha e o VBP por hectare ficou em torno de R\$ 2.500,00.

1.3.5 Caracterização Mesorregional do Metropolitana de Curitiba

Esta mesorregião é composta por 37 municípios. Ela se materializa por uma urbanização fortemente centrada em alguns pontos do seu território. A região é diversificada pela gama de biomas presentes, sobressaindo-se, comparativamente, com as demais mesorregiões (IPARDES, 2006).

Por se tratar de uma região litorânea, as atividades portuárias, pesqueiras e turísticas são evidenciadas. Entretanto, a ocupação urbana e a atividade agropecuária, bem como a expansão industrial provocam uma maior preocupação com relação à redução nos recursos florestais.

A partir da década de 1970, intensificou-se a concentração da população na área metropolitana do Estado, devido à intensa evasão ocorrida no meio rural, provocada pela modernização rural empregada e, também, pelo estímulo de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento regional e urbano das áreas metropolitanas, como por exemplo, a criação da Cidade Industrial de Araucária e de Curitiba.

Dada a forte demanda por frutas e verduras, o aglomerado metropolitano estimulou as áreas agricultáveis a produzir hortifrúti, de modo convencional ou orgânico. E, as áreas mais litorâneas tem estímulos para a atividade pesqueira, entre outras atividades tradicionais que induzem ao turismo.

É importante destacar que existe uma grande desigualdade socioeconômica em alguns municípios desta mesorregião. Principalmente, nos municípios de pequeno porte, onde possuem um maior grau de população rural e uma intensa restrição ao desenvolvimento agrícola.

Esta mesorregião, apresenta um relevo desfavorável para o cultivo de grande escala. Assim, o comportamento da área plantada de milho nos últimos anos retraiu-se. Porém, o Valor Bruto da Produção nominal deste produto aumentou neste mesmo período de 2009 a 2016, justamente porque o preço da saca de 60 kg do milho apresentou uma amplitude dada pela sazonalidade (SEAB/DERAL, 2018). Ou seja, os preços, influenciados pela oferta e demanda do mercado, favoreceram este resultado.

Esta mesorregião, por fazer parte da Capital do Estado, concentra o maior grau de população urbana e por isso a atividade agrícola possui vocação mais voltada à produção de culturas perecíveis e de fácil exploração nestas áreas, como o caso das hortifrúti.

Entretanto, apesar da atividade pecuária, especificamente, a avicultura, bovinocultura e a suinocultura de corte ter apresentado uma redução na quantidade de cabeças exploradas no decorrer dos anos estudados, esta mesorregião possui uma quantidade significativa de fábricas de rações registradas junto ao MAPA, além de ser uma das mesorregiões que mais possui abatedouros (frigoríficos) de animais, com registro junto ao Sistema da Inspeção Federal – SIF do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A seguir, é apresentado pela Tabela 5, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 5. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Metropolitana de Curitiba

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	942.218	883.153	845.756	981.919	849.744	612.388	625.558	508.816
Área (Ha)	143.615	132.535	125.260	135.915	118.280	95.095	82.210	73.525
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	250.629,97	215.639,51	325.759,95	357.742,66	288.913,06	213.417,36	219.364,51	300.114,94
Rendimento (1000 Kg.ha ⁻¹)	6,56	6,66	6,75	7,22	7,18	6,44	7,61	6,92
VBP - R\$ 1000/ha	3,29	2,46	3,63	3,47	3,03	2,64	2,94	4,08

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

A mesorregião Metropolitana de Curitiba, Tabela 5, apresenta uma redução progressiva na área plantada da cultura do milho no período de 2009 a 2016. Vale destacar que essa região é a que possui a menor área cultivada de milho no estado. Entretanto seus rendimentos são bastante significativos o que demonstra que consorciado ao uso de insumos sofisticados, as melhores áreas são escolhidas para o cultivo do milho.

1.3.6 Caracterização Mesorregional do Centro Oriental Paranaense

Esta é a mesorregião composta pelo menor número de municípios: 14. Caracteriza-se por ser uma sociedade e uma economia organizada a partir da sustentação dos ciclos econômicos do tropeirismo, da madeira e da erva-mate, explorados por um setor de produção de subsistência, em pequenas áreas.

A inovação foi sendo incorporada gradativamente nas atividades regionais de caráter extrativo e de pecuária, bem como a consolidação da produção agropecuária atrelada às indústrias instaladas na região e/ou com o mercado nacional e internacional (CASTRO, 2015).

O relevo acidentado nesta região favorece a utilização das terras com matas e florestas. Por outro lado, dificulta a exploração de lavouras. Mas mesmo assim, a produção intensiva de *commodities* e matéria-prima, que tendem a garantir mercado e rentabilidade para os proprietários, ganha importância gradativamente. De acordo com o Departamento de Economia Rural do Paraná, nesta mesorregião, encontram-se vários pólos de destaque nacional, como por exemplo, a produção de leite e derivados, de papel e papelão e de fertilizantes.

A exemplo de outras regiões, o processo de modernização da agricultura (mecanização, fertilizantes, produtos geneticamente modificados, etc.) favoreceu, principalmente, os produtores organizados em cooperativas, assim como os grandes proprietários, a superar entraves técnicos como a baixa fertilidade e os solos pouco profundos, alavancando uma produção intensiva em capital (OCEPAR, 2016).

Pode-se dizer que esta região se consolidou como um importante segmento

agroindustrial do Estado, dada as transformações, qualificações e o alcance de patamares elevados da produção agropecuária atingido. A exploração agrícola regional de certas *commodities* (soja, milho e trigo) ganhou importância e expandiu-se por se tratar de um componente essencial da alimentação do rebanho leiteiro.

Essa mesorregião, a exemplo das outras, apresentou uma redução progressiva da área plantada de milho no passar dos anos. Entretanto, o valor bruto da produção em termos nominais, mesmo com uma quantidade menor cultivada e, conseqüentemente, uma produção inferior, gerou valores superiores comparados com anos que a área plantada foi maior.

A exemplo da região Centro Sul e Oeste, a mesorregião Centro Oriental, teve uma expansão do plantel explorado de suinocultura e de avicultura de corte. Já a bovinocultura de corte manteve-se, praticamente, o mesmo número de plantel durante os anos da pesquisa. Porém, como já destacado anteriormente, esta região possui forte aptidão para a atividade leiteira.

A produção destes animais requer a necessidade de frigoríficos locais. Assim, existem 9 (nove) habilitados pela SIF e 6 (seis) pelo SIPOA. Vale destacar que existem também aqueles frigoríficos com Sistemas de Inspeção Municipal (SIM), que não foram considerados neste estudo.

A demanda por alimentos destes animais criados de forma confinada gera a necessidade de construções de indústrias locais para suprir a necessidade local. Deste modo, conforme cadastros junto ao MAPA, existem 8 (oito) fábricas de rações habilitadas na mesorregião. A seguir, é apresentado pela Tabela 6, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 6. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Centro Oriental

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	1.182.935	1.327.320	1.083.171	1.213.685	1.218.375	963.963	938.595	645.158
Área (Ha)	183.410	155.270	129.570	147.150	136.430	113.725	98.650	80.595
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	313.330,05	330.086,50	416.217,46	445.591,99	413.792,47	334.732,85	331.825,22	376.926,88
Rendimento (1000 Kg.ha ⁻¹)	6,45	8,55	8,36	8,25	8,93	8,48	9,51	8
VBP - R\$ 1000/ha	3,22	3,22	4,48	3,99	3,76	3,47	3,71	4,68

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

A região Centro Oriental, Tabela 6, apresentou a melhor média de rendimento por hectare. Porém, tem-se uma redução da área plantada de milho no decorrer dos anos.

1.3.7 Caracterização Mesorregional do Sudeste Paranaense

A mesorregião Sudeste é composta por 21 municípios e destaca-se a nível estadual pela concentração da maior reserva de Floresta de Araucária, além de dispor uma área bastante significativa de reflorestamento do Paraná. Em suas áreas, os produtores cultivam também a erva-mate consorciada com pastagens.

O perfil industrial da região volta-se ao complexo da madeira, consolidando também com a indústria de cerâmica, beneficiada pela possibilidade de exploração do gás derivado do xisto e pelas reservas de argila.

Com relação à agroindustrialização dos produtos agropecuários, a erva-mate continua assumindo posição de destaque, porém com o surgimento das cooperativas outros segmentos do setor agro começaram a ganhar importância, como por exemplo: arroz, trigo, milho, mandioca e, sobretudo, leite.

A cultura do fumo é uma atividade estritamente de propriedades com características de agricultura familiar que ainda persiste na região. Percebe-se também que a modernização da agricultura e a tecnologia empregada nos insumos tem intensificado a produção via aumento da produtividade dos produtos explorados, contribuindo para ascensão da cultura da soja, milho, além da erva-mate e do fumo.

Cabe considerar que esta mesorregião, diferentemente das que já foram caracterizadas, apresentou uma expansão da bovinocultura de corte de aproximadamente 2%, comparando o ano inicial e o final da pesquisa (2009 e 2016). Porém, a avicultura de corte expandiu seu número de aves exploradas significativamente. Segundo o Departamento de Economia Rural (2019) a produção de avicultura de corte em 2009 era de, aproximadamente, 1.6 milhões de aves, chegando a 4.1 milhão de aves em 2016. Já a suinocultura manteve-se praticamente constante o plantel de animais no decorrer dos anos estudados.

A área cultivada de milho e a produção sofreram redução no passar do período analisado. O que pode ser indicativo de que as áreas, de primeira safra principalmente, estão sendo substituídas pela cultura da soja, a qual também pode ser usada para a fabricação de ração aos animais.

Com relação as indústrias podem-se destacar que junto ao MAPA, existe 4 (quatro) fábricas de rações credenciadas, além de 6 (seis) frigoríficos habilitados pelo SIPOA. A seguir, é apresentado pela Tabela 7, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 7. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Sudeste

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	748.646	778.711	677.660	772.465	736.932	650.344	591.444	570.360
Área (Ha)	172.511	129.800	110.700	133.860	116.312	95.290	79.990	81.840
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	198.272,44	192.818,92	260.530,70	282.924,30	250.223,49	225.235,60	211.708,39	330.201,88
Rendimento (1000 Kg.ha ⁻¹)	4,34	6	6,12	5,77	6,34	6,82	7,39	6,97
VBP - R\$ 1000/ha	2,17	2,25	3,28	2,78	2,67	2,78	2,92	4,03

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

A mesorregião Sudeste do Estado do Paraná, Tabela 7, apresentou pouca variação na produção de grãos no decorrer dos anos analisados. Já a área plantada apresentou uma redução, a qual pode ter características de uma substituição de cultura, especialmente, na primeira safra. Pode-se perceber que a média do rendimento por hectare foi, aproximadamente, de 6.200 quilos e VBP por hectare, concentrou-se em torno de R\$ 2.800,00.

1.3.8 Caracterização Mesorregional do Norte Pioneiro Paranaense

A mesorregião Norte Pioneiro é composta por 46 municípios e a exemplo da mesorregião Norte Central, que faz divisa com o estado de São Paulo, teve seu desenvolvimento econômico ligado à expansão e exploração do café que, por consequência, intensificou o desmatamento na região.

Após a modernização do setor agropecuário ocorrido nos anos 1970, e considerando que aproximadamente 70% do solo da região estaria apto para a exploração de práticas agrícolas mecanizadas, a transição do café para outras *commodities* (soja, trigo, cana), bem como a exploração da pecuária nas áreas onduladas, foi inevitável. Já a parte de reflorestamento, teve uma menor proporção de estímulo. Tais mudanças, abrangem um montante maior de terras, reduzindo a mão de obra, tendo por consequência o êxodo rural.

Ainda hoje o mercado regional de trabalho é dependente das atividades agrícolas. Alguns segmentos, contudo, merecem destaque por sua importância no Estado, como é o caso da indústria sucroalcooleira, a exemplo das indústrias de café e derivados de milho.

No setor da agropecuária, destacam-se as explorações de algumas *commodities* como a cana, milho e soja, além de setor de hortifrutigranjeiro. Este último segmento, é uma alternativa de produção para a agricultura familiar. A região ainda se mantém como a principal produtora de café no Estado, apesar da forte redução verificada nos últimos anos.

Esta mesorregião apresentou evolução, durante os anos da pesquisa, na área plantada,

na produção e no valor bruto da produção do milho. E não bastasse esse comportamento positivo, percebeu-se também uma evolução do plantel das três principais cadeias da pecuária, ou seja, a avicultura, bovinocultura e a suinocultura de corte.

A mesorregião do Norte Central faz divisa com o Estado de São Paulo, o que pode ser um dos fatores que propicia o desenvolvimento do setor agropecuário da região. Além disso, o Norte Central é a região que mais possui concentração de fábricas de rações (46) e frigoríficos (38) registrados junto ao MAPA e 6 (seis) frigoríficos registrados pela Inspeção Estadual. A seguir, é apresentado pela Tabela 8, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 8. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Norte Pioneiro.

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	681.640	1.116.392	888.989	1.777.351	1.432.372	1.443.027	1.532.031	1.024.988
Área (Ha)	206.777	208.650	229.175	334.236	337.130	280.000	262.750	254.460
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	176.253,57	315.100,47	337.535,49	703.831,51	480.070,60	473.852,10	618.442,08	558.152,81
Rendimento (1000 Kg.ha⁻¹)	3,3	5,35	3,88	5,32	4,25	5,15	5,83	4,03
VBP - R\$ 1000/ha	1,61	2,29	2,06	2,77	1,77	1,99	2,59	2,19

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

A mesorregião Norte Pioneiro do Estado do Paraná, Tabela 8, apresentou uma variação positiva da área plantada nos anos de 2009 a 2016, salvo algumas exceções. Para o indicador de VBP, segue a mesma análise da área plantada. Entretanto, pode-se perceber que há uma evolução progressiva da produção de grãos de milho nesta região.

1.3.9 Caracterização Mesorregional do Centro Ocidental Paranaense

A mesorregião Centro-Ocidental é composta por 25 municípios. Segundo IPARDES (2004), o solo da região, na sua maior parte, possui compartimento de arenito e apta ao desenvolvimento de práticas agrícolas mecanizáveis.

Esta mesorregião foi ocupada na década de 1940, por fluxos populacionais oriundos do norte do Estado, devido à expansão cafeeira, bem como os movimentos decorrentes do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

A economia regional se baseia, essencialmente, na agricultura e agroindústria, que se consolidaram com o processo de modernização ocorrido a partir dos anos 1970, porém sem representar uma participação significativa na renda gerada no Estado, comparativamente com

outras regiões. Apesar disso, a atividade agrícola mantém seu dinamismo, por meio da introdução de modernizações e transformações da base técnica, superando os problemas de baixa fertilidade natural dos solos, propiciando a possibilidade de explorar com as *commodities* (soja, trigo e, mais recentemente, milho) e de matérias-primas industriais como cana e algodão. Este fato, nos últimos anos, não tem mais tamanha importância aos produtores, chegando ao ponto de ser substituído definitivamente sua área por outras *commodities* de maior relevância para a pecuária, a qual cresceu exponencialmente na maioria das mesorregiões do Estado.

Nesta região, o complexo agroindustrial é destacado pela Cooperativa Agropecuária Mourãoense (Coamo), a qual possui uma atuação que extrapola os limites mesorregionais, constituindo-se num dos maiores grupos exportadores de produtos agrícolas e agroindustriais do Paraná. É importante destacar que desde a década de 1990, a região consolidou-se como uma das principais mesorregiões produtoras de grãos do Estado.

Essa mesorregião, foi uma das poucas que apresentou uma volatilidade baixa da área plantada de milho nos anos analisados. As tecnologias e as modernizações envolvidas no setor do agro fizeram com que o volume produzido alcançasse um aumento progressivo, bem como o valor bruto da produção agropecuária. Nesta região também se atribui o sistema cooperativista como um dos impulsionadores do sistema agropecuário regional.

Tal região investiu de forma exponencial na avicultura de corte a tal ponto de chegar num plantel explorado de 19.4 milhões de aves em 2016, sendo que em 2009, explorava 4.9 milhões de aves. Já a bovinocultura de corte, apresentou uma certa estabilidade no número de animais explorados no passar dos anos. E a cadeia dos suínos apresentou uma redução de animais, o que implica supor que esses produtores encerraram a atividade ou migraram para a avicultura.

Essa região possui 6 (seis) fábricas de rações registradas no MAPA, 5 (cinco) frigoríficos credenciados no SIF do MAPA e 2 (dois) frigoríficos habilitados pelo SIPOA. Cabe destacar que existem frigoríficos com Sistema de Inspeção Municipal (SIM), que não estão neste cômputo. Além disso, esta região Centro Ocidental possui fronteira com a mesorregião Oeste, Norte Central, Centro Sul e Noroeste, as quais possuem um montante consideráveis de fábricas de rações e frigoríficos. A seguir, é apresentado pela Tabela 9, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 9. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Centro Ocidental

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	1.098.366	1.263.241	1.349.923	1.831.513	1.853.161	1.566.571	1.597.091	1.590.285
Área (Ha)	349.494	251.473	307.559	376.251	385.307	311.491	297.959	321.296
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	276.397,84	370.004,47	508.881,77	729.632,84	619.430,18	812.853,42	646.756,04	852.019,42
Rendimento (1000 Kg.ha⁻¹)	3,14	5,02	4,39	4,87	4,81	5,03	5,36	4,95
VBP - R\$ 1000/ha	1,49	2,23	2,31	2,55	2	3,07	2,39	2,65

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

Os indicadores da dinâmica produtiva do milho na mesorregião Centro Ocidental, Tabela 9, apresentam variações. Nos anos de 2013 e 2016, tem-se uma queda de rendimento e VBP por hectare. O contrário acontece nestes mesmo anos para a área plantada e produção. Deste modo, pode-se destacar que os preços e as condições climáticas também são fatores fundamentais para que a evolução de cada indicador apresente crescimento progressivo.

1.3.10 Caracterização Mesorregional do Sudoeste Paranaense

É constituída por 42 municípios, conforme Lei Estadual nº 15.825/082¹. Esta mesorregião possui seu perfil voltado à área agrícola, caracterizado por um importante reduto da agricultura familiar, mesmo passando por transformações na base produtiva, com a introdução de novas práticas de cultivo a partir da expansão da soja. Essa agricultura familiar mantém-se devido à proteção natural que existe na região, ou seja, a disponibilidade de terras férteis conjugada a áreas declivosas dificultam a produção mecanizável em grande escala. As pequenas áreas das propriedades rurais é outro fator determinante que favorece e prioriza a diversificação das explorações agrícolas nesta mesorregião.

Francisco Beltrão e Pato Branco são os municípios que mais destacam-se devido às funções diversificadas e de maior expressão tanto na área urbana e rural, como também nas atividades voltadas ao setor agroindustrial.

A região conta com uma gama de instituições voltadas a Ciência, Tecnologia e Inovação, que visam difundir, desenvolver e assessorar as organizações de produtores, potencializando e produzindo perspectivas de desenvolvimento regional por meio da viabilização da produção agropecuária familiar.

¹ A delimitação geográfica da região sudoeste paranaense pela Lei Estadual nº 15.825/08 difere da configuração da mesorregião sudoeste paranaense, composta por 37 municípios, estabelecida pelo IBGE. Com a implantação desta Lei, inclui-se a região Sudoeste os municípios de Palmas, Clevelândia, Honório Serpa, Coronel Domingos Soares e Mangueirinha, que antes faziam parte da região Centro-Sul, formando, assim, um conjunto de 42 municípios.

Por ser uma mesorregião com característica familiar, a exploração intensiva da pecuária confinada (aves, suínos e gado de leite) é uma característica regional. Assim, o cultivo do milho também é fundamental para atender a demanda desta pecuária comercial e de subsistência.

A atividade leiteira nos últimos anos ganhou importância na região, fazendo com que esta meso alcançasse a maior produção de leite e se tornasse a maior bacia leiteira do Estado do Paraná.

Os municípios de Dois Vizinhos, São João e Itapejara d'Oeste, além de Francisco Beltrão e Pato Branco, possuem um forte complexo voltado a exploração de aves de corte, postura, bem como incubadoras e amplos frigoríficos de aves.

A suinicultura e a bovinocultura de corte destacam-se em alguns municípios da mesorregião, porém o primeiro no decorrer dos anos estudados teve uma redução de plantel, enquanto que o segundo, não apresentou variação significativa de plantel explorado na região.

O Valor Bruto da Produção de milho aumentou com o passar dos anos estudados, porém a área e a produção foram reduzidas. Cabe destacar que o rendimento do milho ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) impulsionado pela inserção de tecnologias empregadas nos insumos e no manejo da produção, tendem a compensar a produção reduzida pela menor área plantada.

Cabe destacar que a mesorregião Sudoeste Paranaense mesmo fazendo divisa com o Estado de Santa Catarina, não consegue comercializar seus produtos de origem animal naquele Estado devido as restrições sanitárias impostas pela Organização Mundial de Saúde Animal (OIE) que reconhece o estado de Santa Catarina com o *status* livre da Febre Aftosa sem vacinação. Por outro lado, a demanda interna do estado e internacional por proteína animal estimula, a mesorregião Sudoeste Paranaense a explorar com aves, bovinos e suínos de modo que a produção destes animais justifica o existência de 19 fábricas de ração e 11 frigoríficos credenciados e habilitados pelo MAPA, além dos 15 frigoríficos habilitados pelo Serviço de Inspeção de Proteína de Origem Animal do Paraná (SIPOA). A seguir, é apresentado pela Tabela 10, um indicador mesorregional da dinâmica produtiva do milho.

Tabela 10. Indicador da dinâmica produtiva do milho na Mesorregião Sudoeste

MILHO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Produção (Ton.)	1.041.103	1.426.485	1.291.293	1.105.665	1.560.333	1.268.655	1.071.775	925.038
Área (Ha)	241.065	186.350	161.460	195.880	193.045	145.465	131.235	145.800
VBP - Milho (R\$/R\$ 1000)	274.005,54	357.795,06	496.026,60	410.931,22	529.238,92	438.432,49	388.964,73	523.260,86
Rendimento (1000 Kg.ha⁻¹)	4,32	5,59	6,45	5,32	5,39	7,16	7,93	7,14
VBP - R\$ 1000/ha	2,14	2,91	4,29	2,76	3,4	3,55	3,27	3,59

Fonte: O autor (2019), com dados SEAB/DERAL.

A mesorregião Sudoeste do Estado do Paraná apresentou nos últimos três anos um rendimento por hectare acima de 7 mil quilos de milho (SEAB/DERAL, 2018). O que torna interessante destacar é que no ano de 2015, quando a mesorregião apresentou a menor área plantada, foi o ano em que apresentou o maior rendimento por hectare, ou seja, 7.931 quilos por hectare.

II – CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES

2.1 Abordagem Internacional da Produtividade Total dos Fatores

Gasques e Conceição (1997), destacam a importância que o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos considera ao calcular, desde 1947, o índice de produtividade total dos fatores da economia agrícola norte americana. Entretanto, as estatísticas por estados passaram a ser divulgadas somente a partir de 1960.

O método utilizado para mensurar a Produtividade Total dos Fatores da economia dos Estados Unidos é baseado na diferença entre o valor do índice produto e o índice insumo. Cabe destacar que o índice insumo é constituído pelo capital, trabalho, terra e insumos intermediários (energia elétrica, combustíveis, pesticidas e fertilizantes).

O Serviço de Pesquisa Econômica (*Economic Research Service - ERS*) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), divulga regularmente a produtividade total dos fatores, baseado num sistema estatístico, usando o índice *EKS*, calculado por meio do índice bilateral de *Fischer*. Cabe destacar que esse índice foi desenvolvido independentemente por Eltetö e Köves e também por Szulc (*EKS*), em trabalhos publicados em 1964, a partir da proposição efetuada por Gini em 1931 (DIEWERT, 1999). Esse método é um dos mais conhecidos entre os empregados para comparações multilaterais.

Os resultados desta constante análise da produtividade agrícola norte-americana apresentaram uma taxa de crescimento anual de, aproximadamente, 1,52% durante o período de 1948 a 2009. Todavia, o período de 2007 a 2009 apresentou a maior taxa de crescimento (3,68% ao ano). Com relação aos resultados de nível estadual de produtividade, identificou-se que o estado de Oregon apresentou a maior taxa de crescimento de produtividade durante o período de 1960 a 2004. Entretanto, especificamente, em 2004 a Califórnia obteve o maior nível de produtividade total.

Um importante estudo desenvolvido por Avila e Evenson (2010) sobre produtividade total dos fatores possibilitou a análise comparativa do nível de PTF entre vários países. Por meio da base de dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), os autores calcularam o índice de produtividade total dos fatores para os países em desenvolvimento e compararam o crescimento deste índice com o capital tecnológico. A amostra foi constituída por 20 países da América Latina, 21 países da Ásia e 37 da África, divididos em três grupos: lavoura, pecuária e total, bem como, estimados em dois períodos:

1961-1980 e 1980-2001.

O método de análise usado pelos autores para determinar a taxa de crescimento da PTF, se deu pela diferença entre a taxa de crescimento do produto e a taxa de crescimento dos insumos. Desse modo, os resultados apontaram três países abaixo da taxa média de crescimento da PTF na América Latina, são eles: Uruguai, Panamá e Guatemala.

O trabalho de Avila e Evenson (1995) baseou-se em uma análise das mudanças na Produtividade Total dos Fatores (PTF) sobre os anos censitários de 1970, 1975, 1980 e 1985 e apresentou similaridade com o de Gasques e Conceição (2000) para o Brasil, com o de Lema e Parrellada (2000) para a Argentina e Romano (1993) para a Colômbia. Para os países da Ásia, os resultados de Avila e Evenson (1995) também obtiveram semelhanças com os trabalhos desenvolvidos na Índia (Evenson *et al.* 1999), Tailândia (Krasachat, 2002), Malásia (Shamsudin *et al.*,1999), e Vietnã (Ngoc qe e Goletti, 2001). O continente asiático, mesmo apresentando sete² países (Afeganistão, Iraque, Bangladesch, Sri Lanka, Camboja, Filipinas e Mongólia) com taxa média de crescimento de PTF abaixo de 1%, a taxa média ainda é superior à taxa média de crescimento do continente latino-americano. A China é a explicação do resultado positivo da taxa média de crescimento da produtividade asiática superar a taxa média do continente latino-americano.

Quanto aos resultados encontrados para os países africanos, pode-se identificar que 16 dos 37 países, apresentaram uma taxa média de crescimento da produtividade inferior a 1%, sendo que sete destes países tiveram taxa negativa. Entretanto, Avila e Evenson (1995), destacam que o trabalho de Produtividade Total dos Fatores desenvolvido nos países africanos, apresentaram similaridade com os trabalhos desenvolvidos por Weibe *et al.* (2001) e Piese *et al.* (2001).

De acordo com os autores, as taxas de crescimento mais elevadas estão no leste da Ásia, seguidas pelo sul da Ásia e da América Latina. Já as piores taxas estão no centro e no leste africano. A justificativa destes resultados é a denominada “revolução verde”, a qual caracteriza uma relação direta e positiva com o aumento da taxa de crescimento da produtividade, enquanto que a sua baixa reflete numa PTF menor (AVILA e EVENSON, 1995).

Utilizando dados do Banco Mundial e da FAO, como escolaridade da força de trabalho e o índice de suficiência energética, respectivamente, os autores recalculam a produtividade total incorporando estes dois ajustamentos no fator de produção trabalho. Neste sentido, é nítida

² Os sete países apontados com produtividades totais abaixo de 1% estavam em guerra civil (FONTES, 2012).

a mudança da PTF, em vista do ajustamento, e por isso, os autores sugerem uma explicação para o seu crescimento. A justificativa principal deste resultado é que essas variáveis conhecidas como capital humano e capital social³ são necessárias para a compreensão do crescimento da PTF e para a compreensão da redução dos custos (FONTES, 2012).

Um estudo para mensurar produtividade total dos fatores da agricultura de 93 países foi realizado no período de 1980-2000 (COELLI e PRASADA RAO, 2003). Segundo os autores, tal amostra é significativa pois representa, aproximadamente, 97% da produção agrícola mundial que está distribuída nas diversas regiões do mundo, entre elas: 26 países no continente africano, dois países na América do Norte, 19 países na América do Sul e Central, 23 países no continente asiático, 20 países da Europa e três países no continente australiano. Os dados para a pesquisa foram obtidos através da FAO e da Organização Internacional do Trabalho (IOL). O método de análise adotado neste estudo foi o cálculo do índice *Malmquist*, aplicado via técnica de Análise Envoltória dos Dados (DEA). Para o cálculo do insumo, considerou-se as seis variáveis, terra, trabalho, trator, irrigação (proxy para infraestrutura de capital), fertilizantes e animais.

Os resultados da Produtividade Total dos Fatores destes 93 países, calculadas pelos autores, apresentaram uma taxa de crescimento de 2,1%, sendo que 1,2% corresponde a variação técnica e 0,9% a variação de eficiência. Alguns países apresentaram resultados surpreendentes de taxas de crescimento, por exemplo: Camboja (5,7%), Argélia (4,6%), Burundi (4,6%), Arábia Saudita (4,2%), Angola (3,7%) e Nigéria (3,7%). Porém, a China apresentou uma taxa de crescimento média anual de 6%, sobressaindo todos os países por apresentar a melhor performance durante todo o período (COELLI e PRASADA RAO, 2003).

O Brasil ocupou a 32ª colocação⁴ com taxa de 2% de PTF. Já os Estados Unidos obtiveram a 17ª posição no Ranking construído pelos autores com uma taxa média de crescimento de 2,6%. Quanto à classificação dos continentes, o pior resultado foi o africano com 0,6% de taxa de crescimento. Em contrapartida, o continente asiático apresentou uma taxa de crescimento de 2,9%, sendo o melhor resultado dos continentes.

O estudo desenvolvido no período de 1965 a 1994 identifica a Produtividade Parcial e Total dos Fatores agrícolas (NIN *et al.*, 2003) para uma amostra ainda maior daquela apresentada por Coelli e Prasada Rao (2003), ou seja, para 115 países, sendo que 92 em desenvolvimento e

³ É um conceito novo da literatura que está associado ao relacionamento entre comunidades e países (AVILA e EVENSON, 2010).

⁴ Em anexo I, Variação Tecnológica, variação de eficiência e variação da PTF durante o período de 1980-2000.

23 desenvolvidos. Os dados usados foram extraídos da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAOSTAT) e, semelhante a outros trabalhos, foram considerados dois tipos de produtos (lavoura e pecuária) além dos sete fatores de produção (fertilizante, trator, trabalho, terra para a lavoura, pasto, estoque de animais e ração). Como método de estimação da produtividade, empregou-se o Índice de *Malmquist* usando a função de distância produto de Shephard. A maneira usada para avaliar a produtividade parcial da lavoura e da pecuária foi por meio dos produtos: hectare de área arada e cabeça de animais, respectivamente.

Os resultados apontam que, de modo geral, os países apresentaram uma maior taxa de crescimento da produtividade da lavoura, salvo a China que se destacou quanto o maior crescimento no setor pecuário. Chegaram à conclusão de que os países em desenvolvimento tendem a apresentar taxas superestimadas de crescimento da agricultura, enquanto que nos países europeus as taxas de crescimento da agricultura são subestimadas (NIN *et al.*, 2003). Segundo os autores, países europeus tendem a apresentar taxas de PTF para agropecuária (lavoura e pecuária) acima dos indicadores de produtividades parciais encontrados na lavoura (produto por hectare de terra arada) e na pecuária (produto por cabeças de animais). O contrário ocorre para os países em desenvolvimento.

Em 2010, estimou-se a Produtividade Total dos Fatores de 88 países durante o período de 1970 a 2001, (HEADEY *et al.*, 2010). Similar ao trabalho de Nin *et al.* (2003), a metodologia usada neste estudo foi a de *Malmquist*, porém por meio de dois métodos diferentes, a análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) e o método da fronteira estocástica (*Stochastic Frontier Analysis* – SFA). A fonte dos dados utilizada foi FAOSTAT e foram considerados dois tipos de produtos (pecuária e lavoura) e cinco tipos de insumos (terra, trator, trabalho, fertilizantes e animais), (FONTES, 2012).

O autor destaca que os resultados registraram um crescimento da PTF nos países que fazem parte da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE), do Oriente Médio⁵, Norte da África e regiões a Ásia Ocidental. Em contrapartida, nos países do Sul da Ásia houve um baixo crescimento da produtividade. Ainda, analisando os resultados, foi identificada uma correlação significativa entre crescimento da PTF e as condições sociais e econômicas (HEADEY *et al.*, 2010). Já os resultados encontrados da correlação entre o crescimento da PTF e as condições biofísicas não foram significativos. Deste modo, os autores concluem que guerras e instabilidade nos preços estão negativamente relacionadas com o

⁵ O autor exclui da análise Israel.

crescimento da PTF. No intuito de analisar a correlação gerada pelo crescimento da PTF e a distância dos países menos desenvolvidos com relação os países pertencentes a OCDE, os autores concluem que existe uma forte correlação e que a mesma é explicada pela facilidade na disseminação de tecnologias agrícolas.

Outros estudos, no intuito de calcular a Produtividade Total dos Fatores, apresentaram redução durante todo ou parte do período de análise. Por exemplo, foi calculado a PTF de 18 países em desenvolvimento para o período de 1961 a 1985 (FULGINITI e PERRIN 1993, 1997 e 1998). Para cada ano, a metodologia adotada era diferente.

Em 1993, os autores utilizaram-se de abordagem paramétrica, através da estimação de uma função *Cobb-Douglas* para calcular a produtividade total. Os resultados deste estudo apontaram uma redução de 1,4% no crescimento da produtividade. Entretanto, apenas quatro países (Chile, Colômbia Filipinas e Marrocos) apresentaram um crescimento da produtividade.

Em 1997, os pesquisadores se apoiaram sobre a metodologia do índice de *Malmquist*, o qual gerou conclusão semelhante ao trabalho desenvolvido pelos autores em 1993, ou seja, o resultado do índice apresentou uma redução de 1,6% na produtividade em 10 países, embora oito países passem a apresentar ganho de produtividade (Chile, Colômbia, Egito, Filipinas, República Dominicana, Malásia, Sri Lanka e Peru), (FULGINITI e PERIN, 1997). E, por fim, Fulginiti e Perrin (1998), preocupados com os resultados negativos da PTF, decidiram realizar uma avaliação de ambas as abordagens metodológicas (paramétrica e não paramétrica) adotadas nas pesquisas de 1993 e 1997 e chegam à conclusão de que os resultados são robustos com relação às técnicas adotadas e que o fenômeno da produtividade negativa não decorre do método utilizado, mesmo que tais resultados não parecem compatíveis com os impactos da revolução verde.

Outros estudiosos empenhados em mensurar a Produtividade Total dos Fatores delimitam períodos e assumem um método para estimá-la. Foi calculada a PTF da agricultura para 115 países, durante o período de 1961-1991, usando o índice de *Malmquist* a partir da abordagem DEA (TRUEBLOOD e COGGINS, 2003). Os resultados, demonstram que entre os anos de 1960 e 1970, o índice encontrado foi inferior, quando comparado com o restante do período analisado. Outro ponto que os autores chamam a atenção é para os países em desenvolvimento, os quais tiveram redução da taxa de crescimento do índice durante o período analisado, justamente porque, mesmo que o rendimento e a produção terem crescido, o uso dos insumos cresceu de maneira mais acentuada.

Países desenvolvidos apresentaram crescimento na PTF durante 1961 a 1991, levando

a uma ampliação da diferença entre a produtividade de países em desenvolvimento (TRUEBLOOD e COGGINS, 2003). Algumas comparações em termos de diferença entre produtividades de regiões geográficas também foram realizadas pelos autores, e notáveis países localizados na América do Norte e Europa Ocidental exibiram elevado crescimento, enquanto que a Ásia e a África Subsaariana tiveram um crescimento negativo. A América Latina, durante o período de 1960 e 1970 apresentou crescimento da PTF negativo enquanto que no período de 1980 a 1990, o crescimento da produtividade foi positivo.

Com o objetivo de desmistificar os resultados encontrados por Trueblood e Coggins (2003), com relação ao baixo crescimento da Produtividade Total dos Fatores e também a afirmação de uma grande diferença entre essas produtividades, Fuglie (2010) se propôs a recalcular a PTF na agricultura durante o período de 1961-2007. Na sua pesquisa, os dados foram obtidos pela FAO e a amostra possuía um total de 163 países. O método adotado foi o índice *Tornqvist* e em virtude da insuficiência de dados com relação à participação de cada fator de produção no custo total de cada país, o autor optou por estimar essa variável para nove⁶ países e assumir esses valores como sendo representativos para os demais.

Contudo, apesar das dificuldades da presença dos dados, destaca-se a qualidade de estimação desse índice frente aos outros. E como justificativa da eficiência desta metodologia, a autora destaca três benefícios na metodologia (FUGLIE, 2010):

- (i) permite empregar um número mais rico de dados a respeito dos países envolvidos (especialmente usando preços nacionais ao invés do preço mundial);
- (ii) permite que as receitas e a participação nos custos variem ao longo do tempo (ao invés de manter elasticidades fixas) e;
- (iii) usa um conjunto mais desagregado de insumos para controlar as mudanças na qualidade dos mesmos.

Desse modo, entende-se que há duas tendências gerais na agricultura mundial, uma aceleração na taxa de crescimento na PTF e uma desaceleração no crescimento dos insumos. A combinação desses dois efeitos avigora a taxa de crescimento da PTF de um pouco mais de 2% ao ano (FUGLIE, 2010).

Segundo a autora, países desenvolvidos apresentarem uma taxa média de crescimento da PTF de 1,48% entre 1961 a 2007. O baixo crescimento, foi destacado pela

⁶ Essa estimativa foi feita para cinco países em desenvolvimento: China, Índia, Indonésia, Brasil e México, e para quatro países desenvolvidos: Japão, África do Sul, Reino Unido, e Estados Unidos.

autora, no intervalo de 2000 a 2007, cerca de 0,9% de taxa de crescimento apontado. Para os países em desenvolvimento, a PTF destacou uma taxa média de crescimento de 1,35% para o período de 1961-2007. Entretanto, destaca-se que nestes países a taxa de crescimento da PTF é acelerada a partir de 1980. E, neste sentido, Brasil e China, com taxas aproximadas de 2,8% ao ano, são os países destaques no crescimento da produtividade total dos fatores a partir de 1980 (FUGLIE, 2010).

2.2 Abordagem Nacional da Produtividade Total dos Fatores

Existe um grande número de estudos empíricos desenvolvidos de maneira mais intensa a partir da década de 1980 relacionados ao entendimento do crescimento da agricultura brasileira (FORNAZIER e VIEIRA FILHO, 2013). Por exemplo, neste período o avanço na PTF se deu de maneira mais intensa no nordeste da América do Sul – que inclui o Brasil, período em que as médias dos percentuais de crescimento se distanciaram do resto da América Latina e do Caribe (FLUGLIE, 2010). Além disso, Gasques, Bastos e Bacchi (2008) destacam estudos de PTF no Brasil e nos Estados Unidos realizados por Vicente (2003), Ball (2006) e Gasques, Bastos e Bacchi (2007). Tal crescimento da produção é justificado pelo ganho de produtividade dos produtos agropecuários (GASQUES e VILLA VERDE, 1990). Neste estudo, especificamente, observou-se um enfraquecimento do modelo agropecuário extensivo, baseado na expansão da área, e um consistente aumento da produtividade e redução de custos (FONTES, 2012).

Em 1991, foi calculado o crescimento da agricultura a partir do modelo *Shift-Share* durante o período de 1977-1988 (FERREIRA, 1991), e fez uma comparação com os resultados encontrados na agricultura brasileira por Patrick (1975) no período de 1959-69 e por Cunha e Daguer (1982) no período de 1967-1979. O resultado da análise do período apontou mudança considerável em termos de crescimento da produtividade da agricultura gerado por meio do fator terra que, segundo os autores, está associado à modernização da agricultura, investimento em pesquisa e difusão tecnológica.

A Produtividade Total dos Fatores da agricultura brasileira foi calculada por meio do índice *Tornqvist*, durante o período de 1976 a 1994 por Gasques e Conceição em 1997. Considerou-se as produções de origem animal (pecuária) bem como as de origem vegetal (lavoura) como produto. Para a construção do índice de insumos, foram consideradas as variáveis: Mão de Obra, máquinas, terras e insumos intermediários (fertilizantes e defensivos). Os resultados destes estudos indicaram um crescimento médio de produtividade total dos

fatores apresentado pela agricultura brasileira, de cerca de 3,88 % a.a.

Em 2000, os mesmos estudiosos realizam novamente o cálculo da PTF através do índice de *Tornqvist* durante o período de 1970-1995 (GASQUES e CONCEIÇÃO, 2000). Na composição do índice de produto foram considerados não só os produtos da lavoura e pecuária, como em Gasques e Conceição (1997), como também se agregou ao índice os produtos da extração vegetal. Para a construção do índice insumo foram considerados os seguintes fatores: Mão de obra, máquinas, fertilizantes, agrotóxicos, álcool, bagaço, carvão vegetal, gás liquefeito de petróleo, gasolina, óleo combustível, óleo diesel, querosene, resíduos e energia elétrica (FONTES, 2012). Cabe destacar que foi estimada a quantidade utilizada de tratores por estado pelo Barros (1999).

Os resultados encontrados nestes estudos realizados por Gasques e Conceição (2000) indicam que nos últimos 25 anos a agricultura tem apresentado um expressivo crescimento na produtividade total dos fatores, passando de um índice de 100 em 1970 para 179 em 1995. A taxa anual média de crescimento de 1970-1995 foi de 2.33%, considerada elevada relativamente a países como Estados Unidos (FONTES, 2012). Entretanto, observou-se que entre o período de 1985/1995 a taxa de crescimento apresentou uma redução para 2,27% ao ano.

Interessante destacar que mesmo sendo um fato quase generalizado de aumento de produtividade na agricultura brasileira, foram os estados não tradicionais em termos de produção agrícola que se destacaram, como por exemplo, a região Centro-Oeste (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul) e a região Nordeste (Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará).

Gasques *et. al.* (2004) realizaram a estimativa da produtividade total dos fatores, novamente para a agricultura brasileira através do índice *Tornqvist*, porém para o período de 1975 a 2002. Neste estudo, eles ainda analisaram a influência de algumas variáveis como crédito rural, pesquisa e relação de troca na determinação do crescimento de tal produtividade, aplicando-se o modelo de Auto-Regressão Vetorial (VAR).

Para a formação do índice do produto utilizou-se a produção proveniente da lavoura e da pecuária e para o índice de insumo foram usadas as variáveis: Mão de obra, terra, máquinas agrícolas, defensivos e fertilizantes. Os dados da pesquisa foram obtidos por meio do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Associação Nacional de Veículos Automotores (ANAFEA). Já para a análise da influência da pesquisa, crédito rural e relação de troca sobre a PTF foram considerados, respectivamente, os dispêndios da Embrapa em pesquisa e desenvolvimento (1995-2002); o desembolso em crédito rural pelos produtores, cooperativas e Pronaf (1995-2002) e a relação

entre preços recebidos pelos agricultores e preços pagos pelos insumos agrícolas adquiridos (1986-2002) (FONTES, 2012).

Os resultados apontaram um crescimento bastante significativo para o índice do produto, ou seja, 160,66%. Enquanto que para o índice do insumo o crescimento foi de 21,12%, resultando em uma taxa média de crescimento da PTF de 3,28 % ao ano. A análise individualizada da mão de obra, terra e capital realizada pelos autores mostrou que os índices de quantidade de mão de obra e de quantidade de terra tiveram um crescimento negativo durante o período de 1975 a 2002, (-0,09% a.a.) e (-0,57% a.a.), respectivamente, enquanto que o índice de quantidade de capital teve um crescimento de 0,57% ao ano.

A análise dos fatores condicionantes da produtividade foi feita utilizando o modelo de Auto-Regressão Vetorial (VAR), mediante o qual se estimaram os efeitos que os gastos em pesquisa, crédito rural e relação de trocas tiveram sobre a Produtividade Total dos Fatores. Os autores concluíram que o aumento de 1% com gasto em pesquisa e crédito rural resulta em um aumento de, respectivamente, 0,17% e 0,08% na PTF. Já a análise da relação de troca e a PTF mostrou-se não significativa estatisticamente.

Em 2008, Gasques *et. al.* calcularam a PTF e analisaram seus fatores de crescimento para a agricultura brasileira no período de 1975 a 2005. Tal estudo complementa as séries de estimativas da produtividade total e busca aperfeiçoar o debate sobre os fatores relacionados ao crescimento agropecuário. Cabe destacar o período de 2000 a 2005, por apresentar maior crescimento de produtividade, ou seja, 3,57% ao ano, enquanto que, apesar de ser considerado um elevado aumento, o período de 1975 a 2005, teve um crescimento na produtividade total dos fatores de 2,51% ao ano. A acentuada expansão do crédito rural e da pesquisa agropecuária são fatores que, segundo o estudo, explicam o crescente aumento de produtividade da agricultura.

Gasques *et. al.* (2010), dada a divulgação dos dados do censo agropecuário de 2006, atualizaram sua pesquisa sobre produtividade total dos fatores da agricultura brasileira para o período de 1970 a 2006, usando como meios de referências os censos de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995-1996 e 2006. O método utilizado pelos autores foi o índice de *Tornqvist*, calculado para o Brasil e para cada Unidade Federativa.

Como resultado da análise deste período de 36 anos, Gasques *et. al.* (2010) identificaram que no Brasil a PTF possui uma taxa média de crescimento anual de 2,27% entre 1970 a 2006. Os estados que apresentaram taxas de crescimento anuais abaixo da média brasileira foram na região norte os estados do Acre, Amazonas, Pará e Rondônia. Na região nordeste, Bahia e

Sergipe. Na região sudeste, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo e na Região Sul, o estado do Rio Grande do Sul. Já na região Centro-Oeste, todos os estados apresentaram crescimento anual acima da média brasileira.

Vicente *et al.* (2001), com o objetivo de identificar a evolução da produtividade do setor agrícola, realizaram estimativas de produtividade total dos fatores e também as produtividades parciais da terra, trabalho, máquinas e insumos das Unidades de Federação durante o período de 1970 a 1995. Como apoio metodológico o autor usou, para identificar a produtividade total dos fatores, o Índice de Fischer, utilizando dados em painel para estimar a influência das produtividades parciais sobre a produtividade total. Os dados usados foram obtidos de fontes oficiais, tais como, Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1970, 1975, 1980, 1985 e 1995, Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Fundação Getúlio Vargas (FGV).

A pesquisa de Vicente *et al.* (2001) identificou a taxa média de crescimento da PTF de 2,8% ao ano. O índice passou de 100 em 1970 para 195 em 1995. Neste sentido, os estados de São Paulo, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Mato Grosso e Minas Gerais foram os que se destacaram quanto a maiores produtividades. Interessante faz-se destacar que associada às variações de PTF está a variação nas produtividades parciais da Terra, Trabalho e dos Fertilizantes.

Em 2004, Vicente deu continuidade neste estudo por meio do cálculo da Produtividade Total dos Fatores da agricultura brasileira no setor de lavouras durante o período de 1970-1995, usando como meio de análise metodológica o Índice de *Malmquist* a partir da abordagem DEA (Análise Envoltória de Dados). Cabe destacar que o índice obtido foi decomposto em dois componentes: mudança técnica e mudança de eficiência. A base de dados foi Censo Agropecuário do IBGE, IEA (Instituto de Economia Agrícola) e na Fundação Getúlio Vargas.

A Produtividade Total de Fatores do setor de lavouras da agricultura brasileira, medida pelo índice de *Malmquist*, encontrou um crescimento de 71% durante o período analisado, dando destaque apenas para a região Norte que não apresentou crescimento (VICENTE, 2004). Os estados que tiveram aumento de PTF foram: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraíba, São Paulo, Paraná, Goiás, Tocantins e Ceará. Importante se faz apresentar que a tecnologia, presentes nestas áreas, foi registrada como o fator mais importante para o incremento da produtividade total nas regiões mais desenvolvidas, sudeste e sul, e os aumentos de eficiência técnica foram os efeitos dominantes nas outras regiões (VICENTE, 2004 *apud* FONTE, 2012).

Vicente (2006), usou um novo método para calcular a Produtividade Total dos Fatores

do setor de lavouras no Brasil para o período de 1970-1995. O método aplicado por ele foi o índice *EKS*. Tal índice, foi desenvolvido independentemente por Eltetö e Köves e também por Szulc, em trabalhos publicados em 1964, a partir da proposição efetuada por Gini em 1931 (DIEWERT, 1999). O autor, utiliza tal abordagem econométrica para avaliar a influência das implicações do clima, solo e condições de tempo sobre o nível de produtividade total das Unidades Federativas e também procedimentos paramétricos e não-paramétricos para verificar a diferença de produtividade entre as áreas geográficas. As fontes de dados são as mesmas utilizadas nos trabalhos de 2001 e 2004, já citados.

O estado de São Paulo se destacou, apresentando o maior nível de Produtividade Total de Fatores, sendo a diferença entre o nível de produtividade paulista e seus demais seguidores, crescentes ao longo do tempo. Os testes paramétricos e não-paramétricos também demonstraram diferenças expressivas entre o nível médio de produtividade das regiões geográficas. Além disso, as restrições de solo e condições climáticas são fatores determinantemente expressivos nos resultados encontrados dos níveis de produtividade total dos fatores (VICENTE, 2006).

Em 2012, Vicente atualiza sua pesquisa de estimativa da Produtividade Total dos Fatores acrescentando a análise de eficiência técnica, alocativa e econômica no setor agrícola brasileiro, utilizando os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM), divulgados pelo IBGE. A metodologia usada neste trabalho foi o índice de Fischer, por meio do modelo de fronteira não-paramétrica (Análise Envoltória de Dados – DEA). O estudo de Vicente (2012), buscou identificar se os índices de PTF e a eficiência econômica apresentavam diferenças entre as Unidades Federativas.

Desse modo, os resultados encontrados identificaram que as regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste, respectivamente, obtiveram os melhores resultados de eficiência alocativa, técnica e econômica. Já as regiões Norte e Nordeste, obtiveram resultados abaixo da média nacional. Com relação à PTF, as regiões e seus respectivos estados que apresentaram os melhores resultados foram: Nordeste (Bahia), Norte (Roraima), Centro-Oeste (Goiás), Sul (Santa Catarina), Sudeste (São Paulo). Cabe destacar que somente quatro estados apresentaram níveis de produtividade superior à média nacional (100), quais sejam: São Paulo (162,65), Minas Gerais (112,65), Santa Catarina (111,43) e Goiás (108,3).

Ainda sobre a pesquisa de Vicente (2012), os resultados apontam para um processo de convergência, tanto da produtividade quanto da eficiência, em 2006, em relação aos encontrados em 1995, isto porque os resultados apresentaram uma amplitude de variação menor do que a ocorrida em 1995 (FONTES, 2012).

Em 2007, Fonseca, estima função de produção *Cobb-Douglas* e a produtividade total dos fatores na agricultura brasileira por meio do Censo Agropecuário de 1995-1996 e os Censos Demográficos de 1991-2000. A metodologia adotada foi a de mínimos quadrados em três estágios, aplicada a 343 microrregiões geográficas. Nesta estimativa foram levados em conta fatores tradicionais, como: Mão de Obra, terra, capital e insumos químicos. O resultado indicou que os fatores produtivos de destaque são terra e capital, pois estes apresentaram maior elasticidade na função de produção em relação à mão de obra e insumos químicos.

Ao colocar o capital humano na função de produção, Fonseca (2007), conclui que, no geral, os resíduos são reduzidos e os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná são os que apresentam maiores desvios em relação à produção observada. Desse modo, pode-se afirmar que fatores exógenos, e não somente os insumos considerados, afetam a produção.

Segundo o autor, a justificativa para o resultado do resíduo encontrado se dá, ainda que parcialmente, pelo capital humano, especificamente, pelo grau de escolaridade, que apresentou a maior contribuição à produção estimada na maioria das estimativas realizadas por estado. Neste estudo, Fonseca (2007), identificou o estado de São Paulo como aquele que mais se destacou quanto à análise de eficiência. Em contrapartida, os estados que se mostraram ineficientes foram: Rio Grande do Sul, Paraná, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Santa Catarina.

Ainda em 2007, a produtividade total dos fatores dos estados e regiões do Brasil foi calculada, usando a metodologia não-paramétrica DEA- *Malmquist*, para o período de 1987 a 2002, por Figueiredo (2007). Como resultado desta pesquisa foi possível identificar o melhor desempenho em geral da região centro-oeste e um destaque de eficiência técnica para o Sudeste. Com relação aos estados, Piauí foi o que apresentou maior ganho de PTF e o Rio Grande do Sul o maior índice de *Malmquist*. A cautela na análise e comparação dos resultados é destacado por Figueiredo (2007), uma vez que, em muitos casos, as variações não foram estatisticamente significativas (FONTES, 2012).

Araújo *et al.* (2002), usando como base de dados o Instituto de Economia Agrícola (IEA), no período de 1960 a 1999, mensuraram a produtividade total dos fatores, especificamente para o estado de São Paulo, por meio de duas metodologias: contabilidade do crescimento e índice de *Tornqvist*. Os resultados de ambas as metodologias foram muito próximos, apontando para um ganho significativo da produtividade total dos fatores, de cerca de 1,71% ao ano, durante o período de análise.

Neste mesmo estudo, Araújo *et al.* (2002), reproduziram o procedimento adotado por

Evenson, Pray e Rosegrant (1999) para avaliar a elasticidade da PTF com relação ao estoque de pesquisa. A pesquisa examinou duas estruturas de retorno aos investimentos (20 e 15 anos) e os resultados foram significativos ao nível de 1 e 5% com coeficiente de correlação entre 80% e 90%, indicando para cada real investido em pesquisa houve um incremento no valor da produção da ordem de R\$ 10 a R\$ 12.

Outros pesquisadores, como Brigatte e Teixeira (2011), buscaram relacionar os efeitos de longo prazo provocados pelos investimentos em infraestrutura, crédito rural e educação dos trabalhadores rurais sobre o PIB e a produtividade total dos fatores na agropecuária brasileira, no período de 1974 a 2005. A abordagem da contabilidade de crescimento é utilizada para mensurar a PTF, a partir da função de Cobb-Douglas, a qual considera dois fatores de produção, o capital e o trabalho. O primeiro fator de produção refere-se ao total de terras utilizadas na pastagem e na lavoura e investimentos realizados pelo setor na compra de máquinas agrícolas. Já o segundo fator de produção, o trabalho, refere-se ao número de trabalhadores na agricultura. Como investimentos em infraestrutura os autores consideraram os dispêndios em transporte, energia elétrica, pesquisa agrícola e armazenagem. Como crédito rural foi considerado o volume de crédito agrícola agropecuário. E como educação dos trabalhadores considerou-se o número médio de anos de estudo da população ocupada no setor agrícola (FONTES, 2012).

Os resultados mostraram que dentre os investimentos de infraestrutura a pesquisa agrícola, foi a que teve peso mais significativo perante os investimentos em energia elétrica e armazenagem, os quais também aumentam o produto agropecuário no longo prazo. Faz-se importante destacar que os resultados não se apresentam significativos entre o produto agropecuário e os investimentos em rodovias, ferrovias, portos, irrigação e crédito rural.

A PTF encontrada por Brigatte e Teixeira (2011) indicou uma taxa média de 0,74% durante o período analisado de 1974-2005. Entretanto, o período de 1980-1989 resultou no maior crescimento da produtividade: 2,53%.

Neste sentido, a análise empírica da produtividade total dos fatores indica que existe um processo de crescimento da PTF na agricultura brasileira que vem se intensificando nos últimos anos, independente da metodologia utilizada (Índice de *Tornqvist*, *Malmquist*, *Fisher bilateral*, *EKS*, pela estimação econométrica ou contabilidade do crescimento). Assim, apesar das diversas fontes de dados, os resultados apontam para uma taxa de crescimento anual acima de 2% (FONTES, 2012).

Fatores de produção, relacionados àqueles introduzidos na agricultura brasileira pela modernização agrícola como máquinas, defensivos e fertilizantes têm elevado a sua

participação na produção agrícola e contribuído para o ganho de produtividade, já que grande parte das inovações tem sido incorporada nesses insumos. Outras variáveis também se mostraram significativas no que se refere ao aumento de produtividade como, por exemplo, restrição de solo, condições de tempo, clima, gasto com pesquisa, crédito rural, nível de escolaridade e conhecimento de mercado.

Segundo Ellery Jr. (2017), a PTF brasileira cresceu 24,3% entre 1992 e 2011, isto corresponde a uma taxa de crescimento média de menos de 1% ao ano. Embora essa taxa de crescimento esteja aquém do esperado deve-se ressaltar que no período anterior às reformas a PTF cresceu a taxas negativas. Especificamente, à medida que PTF cresce o trabalho diminui e, portanto, a modernização da agricultura, ocorrida a partir dos anos 1970, trouxe inovações tecnológicas poupadoras de mão de obra (BRAGAGNOLO e BARROS, 2015).

De acordo com Gasques *et al.* (2004, 2007, 2011) e Fornazier e Vieira Filho (2013) o desempenho da atividade agropecuária brasileira ao longo das últimas três décadas está relacionada a expansão da fronteira agrícola, bem como o significativo aumento da produtividade total dos fatores.

Especificamente o milho, entre 1990 a 2011, apresentou um aumento de produtividade na ordem de 80%, sendo ele um dos principais produtos agrícolas da pauta de exportação brasileira (IBGE, 2013a) O Paraná destaca-se como o segundo maior produtor nacional da cultura, além de ser considerado maior produtor de proteína animal. Atividade que demanda significativamente consumo de milho (SEAB/DERAL, 2018).

A produtividade do trabalho foi analisada por meio do cálculo da razão entre o valor adicionado e o fator trabalho para os setores de agropecuária, indústria e serviços (VELOSO, MATOS e COELHO, 2015). Tal análise constatou que a produtividade do trabalho na agropecuária cresceu em média 6% a.a. no período de 1995 a 2013, enquanto a indústria caiu 0,4% e os serviços aumentaram 0,6% no mesmo período.

III – METODOLOGIA

3.1 Métodos de Estimação da Produtividade Total dos Fatores

Existem duas maneiras conceituais de estimar a produtividade dos fatores: a parcial e a total. A primeira é a relação entre o produto e um único fator de produção. Já a Produtividade Total dos Fatores (PTF), instrumento metodológico adotado neste estudo, compara a evolução do produto com a evolução dos insumos. A PTF é um conceito mais amplo, quando comparada com a produtividade parcial. Além de possuir uma complexidade maior devido à dificuldade de dados disponíveis para os diversos insumos.

Como a presente pesquisa mensura a PTF do milho nas mesorregiões paranaenses são apresentadas a seguir, as principais alternativas metodológicas para tal estimação, com suas respectivas descrições:

- Contabilidade do Crescimento, originada através do modelo de Solow (1957);
- Índice *Malmquist*;
- Índices de *Fisher* e *EKS*⁷; e,
- Índice de *Tornqvist*. Este é utilizado como suporte metodológico na presente pesquisa.

3.1.1 Solow: Contabilidade de Crescimento

O Trabalho pioneiro de Solow (1957) é a base de muitos estudos de PTF. No Brasil, podem-se citar Fonseca (2007), por exemplo, que calculou a PTF agregada, destacando sua importância como fonte de crescimento econômico, tomando como base Solow, que introduziu a contabilidade do crescimento.

Quanto à mensuração da produtividade dos insumos ou fatores, esta pode ser parcial ou total dos fatores (FONSECA, 2007). A produtividade parcial é a razão entre as quantidades do produto final e de um dos fatores produtivos $\left(\frac{Y}{X_i}\right)$.

Desse modo, a aferição PTF por meio da estimação da função de produção evita tais incoerências fazendo esta discriminação. O que, de fato, se pretende mensurar com PTF é o quanto do produto é atribuído ao nível técnico e aos insumos empregados. Uma metodologia usual para encontrar a PTF se dá por meio do cálculo do resíduo de Solow.

⁷ *EKS* = Elteto-Koves-Szulc, ou seja, é a primeira letra inicial do sobrenome dos autores do índice.

O resíduo de Solow é a representação algébrica usual para a variação percentual da PTF. Assim, seja uma função de produção simplificada tendo por insumos: capital – K, trabalho – L e nível técnico – A (BARRO, 1999; SOLOW, 1957):

$$Y = F(A, K, L) \quad (01)$$

Sabendo-se que a variação temporal de Y, A, K e L é representada, respectivamente, por $\frac{\partial Y}{\partial t} = \dot{Y}$, $\frac{\partial A}{\partial t} = \dot{A}$, $\frac{\partial K}{\partial t} = \dot{K}$, $\frac{\partial L}{\partial t} = \dot{L}$ e obtendo-se a derivada total da função de produção (01) em relação ao tempo, então:

$$\dot{Y} = \frac{\partial F(A,K,L)}{\partial A} \cdot \dot{A} + \frac{\partial F(A,K,L)}{\partial K} \cdot \dot{K} + \frac{\partial F(A,K,L)}{\partial L} \cdot \dot{L} \quad (02)$$

$\frac{\partial F(A,K,L)}{\partial K} = F_K$ é o produto marginal do capital e $\frac{\partial F(A,K,L)}{\partial L} = F_L$ o produto marginal do trabalho. Ainda, chamando $\frac{\partial F(A,K,L)}{\partial A} = F_A$, e substituindo a padronização em (02), temos:

$$\dot{Y} = F_A \cdot \dot{A} + F_K \cdot \dot{K} + F_L \cdot \dot{L} \quad (03)$$

Dividindo toda a equação (03) por Y e em seguida multiplicando e dividindo o lado direito da equação, respectivamente, por A, K e L, obtém-se:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{F_A}{Y} \cdot \dot{A} + \frac{F_K}{Y} \cdot \dot{K} + \frac{F_L}{Y} \cdot \dot{L} \Leftrightarrow \frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{F_A A}{Y} \cdot \frac{\dot{A}}{A} + \frac{F_K K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \frac{F_L L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (04)$$

Sendo $g \equiv \left(\frac{F_A A}{Y} \right) \cdot \frac{\dot{A}}{A}$ a variação da PTF no tempo. Se a função de produção tiver a forma particular *Hicks-neutral*, ou seja, $Y = F(A, K, L) = A \cdot G(K, L)$, então:

$$g \equiv \frac{A \cdot G(K, L)}{Y} \frac{\dot{A}}{A} \equiv \frac{\dot{A}}{A} \quad (05)$$

A qual é a variação percentual da PTF.

O ponto de maximização do lucro (considerando o preço do produto igual a 1) é aquele em que $F_K \equiv R$, ou seja, o retorno marginal do capital se iguala à sua remuneração, e $F_L \equiv W$,

ou seja, o retorno marginal do trabalho se iguala ao custo do salário real. Fazendo-se as devidas substituições:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = g + \frac{R.K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \frac{W.L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (06)$$

Supondo-se também que a totalidade do produto é usada na remuneração de capital e trabalho, tem-se:

$$Y = RK + WL \Rightarrow \frac{Y}{Y} = \frac{RK}{Y} + \frac{WL}{Y} \Rightarrow 1 = \frac{RK}{Y} + \frac{WL}{Y} \quad (07)$$

E, ainda, considerando $s_K = \frac{R.K}{Y}$ e $s_L = \frac{W.L}{Y}$, as respectivas parcelas do produto gastas com capital e trabalho:

$$1 = \frac{RK}{Y} + \frac{WL}{Y} \Rightarrow s_K + s_L = 1 \quad (08)$$

Substituindo s_k e s_L em (06), tem-se:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = g + s_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} + s_L \cdot \frac{\dot{L}}{L} \Rightarrow g = \frac{\dot{Y}}{Y} - \left(s_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} + s_L \cdot \frac{\dot{L}}{L} \right) \quad (09)$$

Dessa forma, encontra-se o resíduo de Solow, que nada mais é que a variação percentual da PTF no tempo:

$$g = \frac{\dot{Y}}{Y} - \left(s_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} + s_L \cdot \frac{\dot{L}}{L} \right) \quad (10)$$

Fatores exógenos ao processo produtivo e relacionados ao capital humano do tomador de decisão, como educação formal e conhecimento do mercado, podem explicar os avanços tecnológicos (obter mais produto por unidade do total de fatores), o que é feito com frequência nos estudos econômicos (AGHION; HOWITT, 1998; BARRO; SALA-I-MARTIN, 2003; EASTERLY, 2002; JONES, 2002; KALDOR; MIRRLEES, 1962; MUNDLAK, 2000; ROMER, 1990; JORGENSON e GRILICHES, 1967).

Baseando-se em Solow (1957), Hall e Jones (1999) apresentam uma metodologia de

cálculo da PTF primando pelo nível de produtividade e não pela taxa de crescimento. O argumento é que assim torna-se possível captar, de forma mais consistente, diferenças estruturais de longo prazo. Neste sentido, a estimação da Produtividade Total dos Fatores das microrregiões do Brasil permitiu destacar que dados seccionais são utilizados e não séries temporais (FONSECA, 2007).

Islam (1999) *apud* Hall e Jones (1999) apresentam a seguinte função de produção:

$$Y_i = A_i \cdot F(K_i, H_i) \quad (11)$$

Onde: Y é o produto; K é o Capital Físico; H é o Capital Humano; A é a produtividade neutra de Hicks e i é o índice do país. H está relacionado com L , por meio da seguinte relação:

$$H_i = e^{\phi(s_i)} L_i \quad (12)$$

Onde: $e^{\phi(s_i)}$ mostra o fator pelo qual a eficiência do trabalho bruto é multiplicada por S anos de estudo. Usando de (11), seguindo Solow (1957), chegam à equação padrão de contabilidade de crescimento:

$$\Delta \ln y_i = \bar{\alpha}_i \Delta \ln k_i + (1 - \bar{\alpha}_i) \bar{\alpha}_i \Delta \ln h_i + \Delta \ln A_i \quad (13)$$

A diferença aqui é que enquanto em Solow a diferenciação, ou o que se resume na prática à diferenciação, é conduzida na direção do tempo t , Hall e Jones (1999) propõem aplicar o procedimento na direção da seção transversal, ou seja, na direção de i .

Isso, no entanto, representa um problema.

“Na contabilidade de crescimento de séries temporais, não há ambiguidade em relação à direção em que t se move. No caso do corte transversal, o movimento de i depende do modo particular como os países são ordenados. Hall e Jones ordenam os países com base em um índice que é uma combinação linear do capital físico e humano do país por unidade de trabalho. O valor dessa combinação é uma parcela do capital (físico) na renda. No entanto, para obter um país específico “ α ”, os autores assumem que o preço do serviço de capital (digamos, r) é o mesmo entre os países. Eles calibram r , de modo a ter $\alpha_{USA} = 1/3$. Este valor de r é igual a 13,53%. O $\bar{\alpha}_i$, na equação (13) acima, é a média de α para dois países adjacentes, isto é, $\bar{\alpha}_i = 0,5 (\alpha_i + \alpha_{i-1})$. No que diz respeito $\phi(S)$, Hall e Jones assumem que o valor de ϕ é 13,4%, 10,1% e 6,8%, respectivamente para 0-4, 4-8 e mais que 8 anos de escolaridade” (ISLAM, 1999, pg. 501).

Com esse arranjo e valores de parâmetros, os autores calculam os índices de nível de PTF para diferentes países, usando a seguinte equação:

$$\ln A_i = \sum_{j=2}^i \Delta \ln A_j + \ln A_1 \quad (14)$$

Sendo que A_1 , o valor da PTF para o país base, normalizado por um valor arbitrário.

Assim, Islam (1999) comparou metodologias de estimação de PTF em sua pesquisa. Especificamente, na abordagem transversal da PTF ele aponta que:

“...os resultados apontaram que os dados sobre a escolaridade frequentemente não são confiáveis e não levam em consideração as diferenças de qualidade. Além disso, as estimativas relativas ao retorno à escolaridade de uma região podem não ser válidas para outras. Assim, ao tentar usar os dados do estoque de capital e contabilizar o capital humano na comparação de PTF entre países, é possível captar ruído e sinal. É difícil ter certeza de qual dos dois predomina. Apesar dessas fraquezas, a abordagem transversal da contabilidade de crescimento e os resultados produzidos em sua base são uma nova adição ao corpo de conhecimento sobre as diferenças de PTF entre os países” (ISLAM, 1999, pg. 502).

3.1.2 Índice de *Malmquist*

Tal índice pode ser obtido por meio do método de análise de fronteira paramétrica e não-paramétrica das técnicas Fronteira Estocástica da Produção e Análise Envoltória de Dados (DEA), nesta ordem. Este índice se baseia na razão das funções distancias de insumos e produtos, que são medidas de eficiências.

Tal metodologia apresenta vantagens como o fato de não demandar uma função de produção específica antecipadamente e de não necessitar que os insumos e produtos estejam em valores monetários. Além disso, o índice *Malmquist* apresenta a possibilidade de desmembrar as mudanças da produtividade em dois tipos, um relativo à mudança tecnológica e outro relativo ao indicador de eficiência, permitindo assim conhecer melhor a origem da produtividade.

Sant’anna e Oliveira (2002) mostram que o índice de *Malmquist* é a média geométrica de dois índices, em que o primeiro índice utiliza como referência uma fronteira de produção no período t a partir de uma tecnologia S^t e o segundo índice considera uma fronteira de produção $t+1$ (S^{t+1}).

Com objetivo de entender melhor o índice, considere-se as quantidades observadas de um produto e um insumo nos períodos t e $t+1$, ou seja, (x^t, y^t) representam, respectivamente, o

insumo e produto no período t e (x^{t+1}, y^{t+1}) o insumo e produto no período $t+1$.

Para definir o índice *Malmquist* baseado na saída da mudança de produtividade, assume-se que para cada período de tempo $t = 1, \dots, T$, a tecnologia de produção S^t modela a transformação de insumos, $X^t \in R_+^N$, em produtos, $Y^t \in R_+^M$. Assim, essa medida de eficiência representa o menor valor que se pode dividir o produto de forma a permanecer na fronteira de produção definida pela tecnologia $S^t = \{(x^t, y^t): x^t \text{ produzindo } y^t\}$. Como também pode ser entendido como a expansão máxima proporcional de produtos dado os insumos.

A medida de eficiência orientada pelo produto no período t será representada por (Färe *et al.*, 1994):

$$D_p^t(x^t, y^t) = \inf\{\theta: x^t, y^t/\theta \in S^t\} = \sup\{[\theta: x^t, \theta y^t \in S^t]\}^{-1} \quad (15)$$

Para apenas um produto e utilizando a tecnologia em t , ter-se-ia a seguinte função distância:

$$D_p^t(x^t, y^t) = \frac{y^t}{F(x^t)} \quad (16)$$

Onde: $F(x^t) = \max\{y^t: (x^t, y^t) \in S^t\}$ represente a função de produção no período t , utilizando a tecnologia S^t .

A produção será tecnicamente eficiente quando $D_p^t(x^t, y^t) = 1$, caso contrário, isto é, se $D_p^t(x^t, y^t) < 1$, a produção estaria no interior e ao dividi-la por θ chegar-se-ia à expansão do produto⁸.

Deve-se aplicar o mesmo entendimento feito acima em t para $t+1$. Isto é, substitui-se na equação (15) e (16) S^t por S^{t+1} , encontra-se a seguinte medida de eficiência e a função distância.

$$D_p^{t+1}(x^t, y^t) = \inf\{\theta: x^t, y^t/\theta \in S^{t+1}\} = \sup\{[\theta: x^t, \theta y^t \in S^{t+1}]\}^{-1} \quad (17)$$

$$D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{y^{t+1}}{F(x^{t+1})} \quad (18)$$

⁸ Para um estudo mais detalhado ver Caves, Christensen e Diewert (1982) e Färe *et al.* (1994).

Assim, se $D_p^{t+1}(x^t, y^t) = 1$, a produção será tecnicamente eficiente e se $D_p^{t+1}(x^t, y^t) < 1$, será ineficiente.

Utilizando as quantidades observadas para o período $t+1$ tem-se:

$$D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta: x^{t+1}, y^{t+1}/\theta \in S^t\} = \sup\{[\theta: x^{t+1}, \theta y^{t+1}] \in S^t\}^{-1} \quad (19)$$

$$D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf\{\theta: x^{t+1}, y^{t+1}/\theta \in S^{t+1}\} = \sup\{[\theta: x^{t+1}, \theta y^{t+1}] \in S^{t+1}\}^{-1} \quad (20)$$

Deste modo, o cálculo do índice de *Malmquist* é fundamentado em quatro funções de distância $D_p^t(x^t, y^t)$, $D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_p^{t+1}(x^t, y^t)$. Para evitar a escolha de qual fronteira de produção deverá ser utilizada, utiliza-se uma variedade de funções de distância.

A seguir tem-se a representação da fórmula do índice *Malmquist*, através da Figura 2.

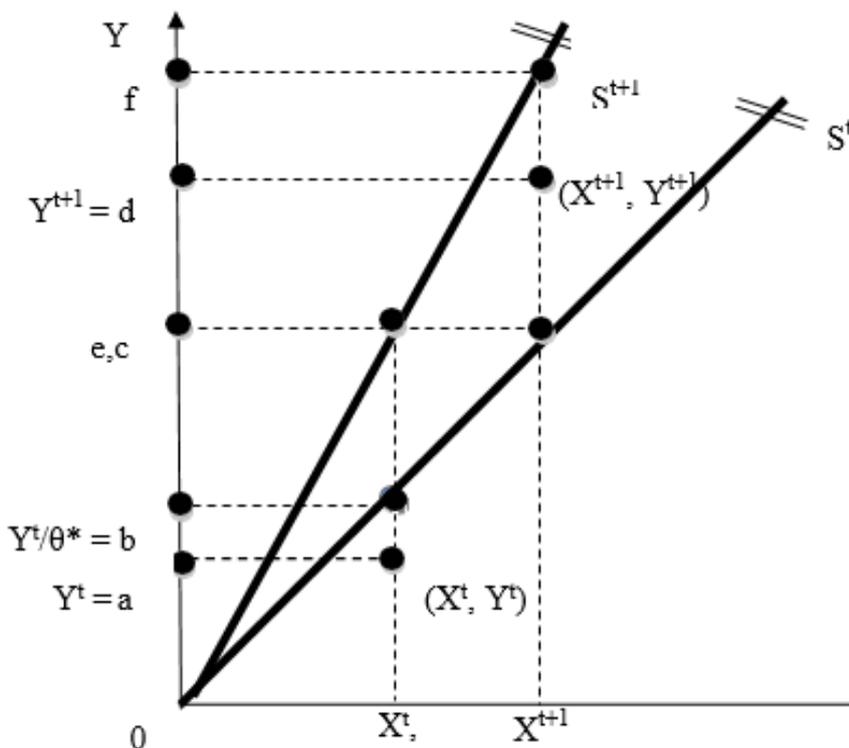


Figura 2 – Índice de produtividade de *Malmquist* orientado no produto.
Fonte: Fontes (2012).

A Figura 2 ilustra os vetores insumo-produto (X^t, Y^t) e (X^{t+1}, Y^{t+1}) a partir de diferentes

tecnologias (S^t e S^{t+1}), considerando retornos de escala constantes.

A função distância no período t será: $(0a/0b)$ utilizando a produção no período t e $(0d/0e)$ utilizando a produção no período $t+1$, que será maior do que um. Já a função distância no período $t+1$ será: $(0a/0c)$. Utilizando a produção no período $t+1$ é $(0d/0f)$ utilizando a função de produção no período $t+1$ (FONTES, 2012). Ou seja:

$$D_p^t(x^t, y^t) = \frac{0a}{0b} \quad (21)$$

$$D_p^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{0d}{0e} \quad (22)$$

$$D_p^{t+1}(x^t, y^t) = \frac{0a}{0c} \quad (23)$$

$$D_p^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{0d}{0f} \quad (24)$$

Sendo assim, o índice de *Malmquist* pode ser definido como:

$$M_p = (X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) = \left\{ \left[\frac{D_p^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_p^t(X^t, Y^t)} \times \frac{D_p^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_p^{t+1}(X^t, Y^t)} \right] \right\}^{1/2} \quad (25)$$

Em que a primeira expressão representa a função distância orientada pelo produto no período t e a segunda expressão orientada no período $t+1$. Trata-se de uma média geométrica de duas razões da função distância do produto, que utilizam como base tecnologias em diferentes momentos do tempo.

Essa expressão pode ser decomposta, conforme Färe *et al.* (1989), em:

$$M_p = (X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) = \left[\frac{D_p^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_p^t(X^t, Y^t)} \right] \left\{ \left[\frac{D_p^t(X^t, Y^t)}{D_p^{t+1}(X^t, Y^t)} \times \frac{D_p^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_p^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right] \right\}^{1/2} \quad (26)$$

Sendo:

$$\text{Variação de Eficiência Técnica: } \left[\frac{D_p^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_p^t(X^t, Y^t)} \right] \quad (27)$$

$$\text{Variação Tecnológica: } \left\{ \left[\frac{D_p^t(X^t, Y^t)}{D_p^{t+1}(X^t, Y^t)} \times \frac{D_p^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_p^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right] \right\}^{1/2} \quad (28)$$

A equação (27) mostra se a unidade produtiva observada está no máximo da sua eficiência produtiva entre os períodos t e $t+1$. Ela pode apresentar valores iguais, menores ou maiores que 1 que representam, respectivamente, uma situação de manutenção, declínio e aumento da eficiência. A equação (28) mostra o progresso técnico entre os períodos t e $t+1$. Ela é mensurada como a média geométrica das mudanças tecnológicas em relação aos insumos X^t e X^{t+1} . Assim, se houver algum incremento de (28) este é interpretado como uma inovação tecnológica.

E, por fim, se os resultados encontrados forem:

$M_p(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) < 1 \Rightarrow$ Há indícios de declínio da produtividade entre os períodos t e $t+1$.

$M_p(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) = 1 \Rightarrow$ Há indícios de estagnação da produtividade entre os períodos t e $t+1$.

$M_p(X^t, Y^t, X^{t+1}, Y^{t+1}) > 1 \Rightarrow$ Há indícios de crescimento da produtividade entre os períodos t e $t+1$.

3.1.3 Índice de *Fisher* e índice *EKS*

O índice *Fisher* de Quantidade (FQ) foi usado para estudar a PTF das Unidades Federativas (UF's) do Brasil, (VICENTE, 2012) e o seu cálculo está apresentado através da fórmula abaixo, (média geométrica da quantidade de *Laspeyre* e *Paasche*).

$$FQ_{0,1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_0^i q_1^i}{\sum_{i=1}^n p_0^i q_0^i} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n p_1^i q_1^i}{\sum_{i=1}^n p_1^i q_0^i}} \quad (29)$$

Onde:

FQ é o índice de *Fisher* de Quantidade na Unidade Federativa - UF;

p_1^i e q_1^i são, respectivamente, o preço e a quantidade do i -ésimo produto na UF; e

p_0^i e q_0^i são, respectivamente, o preço e a quantidade nacionais do i -ésimo produto.

Para calcular o índice de quantidade de insumo, segue a mesma lógica do índice de *Fischer* de Quantidade (FQ). Logo, o Índice de PTF é o quociente do índice de FQ e do Índice

do Insumo⁹. Esse índice não é apropriado aos estudos de comparabilidade de dados entre estados, regiões ou países, pois ele não possui a característica de transitividade.

O índice *EKS* foi desenvolvido por Elterö, Köves e Szulc (1964) e é uma das metodologias mais conhecidas em comparações multilaterais. Como o índice de *Fisher* é considerado ideal devido às suas propriedades desejáveis, o método *EKS* tem a vantagem de preservar, tanto quanto possível, as qualidades do índice de *Fisher* em um contexto multilateral, (RAO e TIMMER, 2003; VICENTE, 2006).

O índice *EKS* é obtido a partir de índices de *Fisher* bilaterais de quantidade, conforme a expressão abaixo:

$$EKS_{k,l} = \prod_{S=1}^S \left[\frac{Q_F(p^s, p^k, \gamma^s \gamma^k)}{Q_F(p^s, p^l, \gamma^s \gamma^l)} \right]^{1/S} \quad (30)$$

Onde:

Q_F são os índices de *Fisher* bilaterais de quantidades para as localidades l e k;

p é o vetor de preços; e

y o vetor de quantidades.

Ou seja, o índice *EKS* é “fornecido entre as médias geométricas dos índices de *Fisher* bilaterais, calculados entre elas e as demais localidades” (VICENTE, 2006).

3.1.4 Índice *Tornqvist*

O índice de *Tornqvist* é obtido através da diferença entre o índice de produto e o índice de insumo. Portanto, o ganho de produtividade é interpretado como o aumento na quantidade de produto que não é explicado pelo aumento na quantidade de insumo. A definição geral do índice de produtividade total dos fatores é deduzida a partir da seguinte expressão (JORGENSEN e GRILICHES, 1967; GASQUES e CONCEIÇÃO, 1997):

$$\sum_{i=1}^n P_i Y_i = \sum_{j=1}^m p_j X_j \quad (31)$$

em que P_i é o preço do produto, Y_i é a quantidade do produto, p_j é o preço do insumo e X_j é a quantidade do insumo. Aplicando o diferencial total a essa expressão, tem-se:

⁹ Ver VICENTE, 2012.

$$\sum_{i=1}^n P_i \frac{\partial Y_i}{\partial t} \cdot dt + \sum_{i=1}^n Y_i \frac{\partial P_i}{\partial t} \cdot dt = \sum_{j=1}^m P_j \frac{\partial X_j}{\partial t} \cdot dt + \sum_{j=1}^m X_j \frac{\partial P_j}{\partial t} \cdot dt \quad (32)$$

Dividindo a expressão acima por $\sum_{t=1}^n P_t Y_t$ e aplicando $\frac{Y_i}{Y_i}, \frac{P_i}{P_i}, \frac{X_j}{X_j}, \frac{p_j}{p_j}$, a cada termo respectivamente e rearranjando, tem-se:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i Y_i} \frac{1}{Y_i} \frac{\partial Y_i}{\partial t} dt \right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i Y_i} \frac{1}{P_i} \frac{\partial P_i}{\partial t} dt \right) = \sum_{j=1}^m \left(\frac{X_j P_j}{\sum_{i=1}^n X_j P_j} \frac{1}{X_j} \frac{\partial X_j}{\partial t} dt \right) + \sum_{j=1}^m \left(\frac{X_j P_j}{\sum_{i=1}^n P_i Y_i} \frac{1}{P_j} \frac{\partial P_j}{\partial t} dt \right) \quad (33)$$

Sejam:

$$\frac{P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i Y_i} = S_i \quad \frac{1}{Y_i} \frac{\partial Y_i}{\partial t} dt = Y_i \quad \frac{1}{P_i} \frac{\partial P_i}{\partial t} dt = P_i$$

$$\frac{X_j P_j}{\sum_{i=1}^n X_j P_j} = C_j \quad \frac{1}{X_j} \frac{\partial X_j}{\partial t} dt = X_j \quad \frac{1}{P_j} \frac{\partial P_j}{\partial t} dt = p_j$$

Os termos S_i e C_j representam, respectivamente, a participação do produto i no valor agregado dos produtos e a participação dos insumos j no custo total dos insumos. Y_i e X_j representam, respectivamente, as quantidades dos produtos e as quantidades dos insumos. E P_i e p_j representam, respectivamente, os preços dos produtos e dos insumos.

Logo a expressão (31), pode ser escrita como:

$$\sum_{i=1}^n (S_i Y_i) + \sum_{i=1}^n (S_i P_i) = \sum_{j=1}^m (C_j X_j) + \sum_{j=1}^m (C_j p_j)$$

Generalizando a expressão acima, como sugerem Gasques e Conceição (1997), pode-se analisar a produtividade total dos fatores a partir da seguinte forma:

$$Y + P = X + p \quad (33')$$

Onde:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n (S_i Y_i) &= Y & \sum_{i=1}^n (S_i P_i) &= X \\ \sum_{j=1}^m (C_j X_j) &= p & \sum_{j=1}^m (C_j p_j) &= P\end{aligned}$$

Assim:

$$Y - X = p - P = PTF \quad (34)$$

Ou seja, $Y - X$ é a variação do produto que não decorre da variação da quantidade utilizada de insumos e, de maneira similar, $p - P$ é a variação no preço do produto que não decorre de mudanças nos preços dos fatores¹⁰.

Optou-se por trabalhar com as quantidades, conforme expressão abaixo:

$$PTF = \sum_{i=1}^n (S_i Y_i) - \sum_{j=1}^m (C_j X_j) \quad (35)$$

Desta forma, o índice de *Tornqvist*, obtido a partir da equação (11) é formado pelo índice produto e índice dos fatores de produção:

$$\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} = \frac{\prod_{j=1}^m \left(\frac{Y_{jt}}{Y_{jt-1}} \right)^{\left(\frac{S_{jt} + S_{jt-1}}{2} \right)}}{\prod_{j=1}^n \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right)^{\left(\frac{C_{jt} + C_{jt-1}}{2} \right)}} \quad (36)$$

Aplicando o logaritmo chega-se à seguinte expressão:

$$\ln \left(\frac{PTF_t}{PTF_{t-1}} \right) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (S_{it} + S_{it-1}) \ln \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (C_{jt} + C_{jt-1}) \ln \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right) \quad (37)$$

Essa expressão é utilizada para estimar as variações na PTF. O primeiro termo da expressão se refere ao índice de produtos, e o segundo ao índice agregado de insumos. Quando o índice de insumos cresce mais que o de produtos, existe uma queda da PTF, no caso contrário, existe um aumento. Cabe considerar que para o estudo proposto nesta tese não foi calculado o numerador (índice de produto) em virtude que está sendo analisado apenas um produto (milho).

¹⁰ Considera-se a hipótese de que o lucro é zero.

O índice é acumulado com base em um ano e é encadeado através da seguinte expressão:

$$PTF_t^e = PTF_t \cdot PTF_{t-1}^e \quad (38)$$

Em que PTF_t^e , PTF_t e PTF_{t-1}^e representam, respectivamente, a produtividade total dos fatores no período t encadeado, a produtividade total dos fatores no período t antes do encadeamento e a produtividade total dos fatores no período $t-1$ encadeada.

A explicação para o encadeamento, segundo Ferreira *et al.* (2006), reside no fato de que ao se colocar uma base fixa não se leva em consideração alterações substanciais que podem ocorrer na estrutura produtiva. Portanto, a fim de se evitar viés na mensuração desse índice, considera-se um ano-base como 100 e encadeiam-se os índices dos anos subsequentes.

3.2 Descrições das Variáveis e fontes de dados

O desafio deste estudo está na disponibilidade dos dados. Entretanto, apesar de tal dificuldade, a qualidade da estimação do índice de PTF frente a outras metodologias é superior (FUGLIE, 2010). O índice de *Tornqvist*, usado por Gasques *et al.* (2010) favorece a análise ao identificar os determinantes da PTF obtidas. Neste sentido, justifica-se a escolha do método *Tornqvist* para calcular a Produtividade Total dos Fatores do milho nas mesorregiões paranaenses no período de 2009 a 2016. As variáveis serão construídas por meio de acesso ao banco de dados de fonte de informações oficiais, mais atuais disponíveis, tais como, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento SEAB/Deral, entre outros. Na ausência de dados de determinada variável, foi estimada, de maneira consistente e eficiente, uma *proxy*.

Desse modo, para o produto, a variável utilizada foi:

Milho

Os dados da quantidade produzida foram obtidos através do volume (em toneladas) produzido (1º e 2º safra) por mesorregião e divulgadas no Valor Bruto da Produção (VBP) pelo Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB/Deral).

O valor da produção também foi obtido através da mesma fonte de dados. Ou seja, os preços médios anuais serão obtidos através do VBP, divulgados pela SEAB/Deral.

Para os insumos, as variáveis utilizadas foram:

Terra

A quantidade de hectares de terra, utilizada para a exploração da cultura do milho nas mesorregiões do Paraná, foi obtida por meio do somatório da área colhida da 1º e 2º safra, estimado pelo Departamento de Economia Rural da SEAB – PR, divulgado no relatório anual do VBP.

O valor do hectare da terra explorada pela cultura, foi obtida através da média anual de arrendamento da 1º e 2º safra de milho no Paraná, disponível na planilha Custo de Produção do Departamento de Economia Rural da SEAB – PR, multiplicada pela quantidade explorada de hectares de milho (1º e 2º safra) de cada mesorregião.

Mão de obra

Para este insumo foi utilizada a quantidade total de mão de obra envolvida na produção do milho, de acordo com a metodologia de custo de produção da SEAB/DERAL, a qual é similar à metodologia da CONAB. A interpretação da quantidade de pessoas ocupadas por hectare/dia na exploração da cultura do milho foi gerada através do somatório de todas as fases do ciclo da cultura, ou seja, desde o plantio, tratamentos culturais até a colheita.

Para calcular o valor gasto com Mão de Obra por hectare, utilizou-se a quantidade de mão de obra ocupada por hectare/dia, multiplicada pelo valor médio anual do diarista/dia e pela quantidade de área explorada (hectares) pela cultura. Todas essas variáveis foram obtidas junto a SEAB/DERAL.

Capital (Tratores)

Como não existe uma série de estoque de capital agrícola utilizou-se, a exemplo de Gasques *et al.* (2004), uma *proxy* para calcular a quantidade de máquinas (tratores) existentes por mesorregiões, de acordo com os dados do Censo Agropecuário, 2006 e 2017, do IBGE. Os quais foram base para estimar, por meio de uma progressão geométrica, a quantidade anual de tratores existentes nas mesorregiões. Cabe destacar que a quantidade de tratores identificados, por mesorregião está correlacionada à área total (1º e 2º safra) explorada pela cultura do milho.

O valor despendido com tratores foi calculado, considerando o custo médio de tratores até 49 CV e de 50 a 99 CV, identificado pela planilha Custo de Produção da SEAB/DERAL,

multiplicado pela quantidade de máquinas de cada mesorregião, obtida pela progressão geométrica correlacionada com a área explorada da cultura de milho. Essa lógica adotada se difere daquela utilizada por Gasques (1997), justamente porque a série história deste estudo é inferior àquela usadas por Gasques (1997).

Capital (Defensivos Agrícolas)

A quantidade estimada deste insumo foi obtida por meio da planilha de Custo de Produção disponibilizada pelo DERAL, onde a mesma identifica a média de litros de defensivos consumida por hectare da cultura de milho, conforme indicação do receituário agrônomo. Após identificar a quantidade de defensivo consumida por hectare, multiplicou-se pela quantidade de hectares explorada pela cultura do milho, por mesorregião.

O valor calculado deste insumo se deu por meio da média gasta (em R\$) da quantidade consumida por hectare. Sendo assim, o valor gasto em defensivos para cada mesorregião foi gerado pela multiplicação da média gasta (R\$) por hectare multiplicada pela quantidade da área explorada de milho.

Cabe considerar que na categoria de defensivos agrícolas foram incluídos inseticidas, fungicidas e herbicidas.

Capital (Fertilizantes)

De acordo com a legislação vigente¹¹, fertilizante é a substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes vegetais, com o objetivo de aumentar a produtividade da cultura, seja ele aplicado no solo ou na planta. Desse modo, a quantidade média deste insumo foi dada pelo somatório de quilos de nitrogênio (N), fosfatado (P_2O_5) e potássico (K_2O), usados por hectare para corrigir o solo e para, conseqüentemente, favorecer o bom desenvolvimento da cultura de milho. Sendo assim, mais uma vez a planilha de Custo de Produção disponível pelo DERAL, foi usada como referência.

Por meio da planilha de Custo de Produção também é possível identificar o valor da quantidade consumida de fertilizantes por hectare que, por conseguinte, multiplicando pela área explorada de milho de cada mesorregião tem-se o montante gasto de fertilizante de cada ano.

Capital (Sementes)

¹¹ BRASIL. Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 dezembro de 1980, Seção 1, p. 25.289.

A quantidade estimada de sementes por hectare corresponde, aproximadamente, a 60 mil unidades. O que equivale ao volume de uma saca.ha⁻¹, ou seja, uma média aproximada de 18 kg.ha⁻¹. Essa quantidade, multiplicada pela área total explorada de milho (1º e 2º safras), resulta no volume do insumo consumido por mesorregião.

O valor calculado por mesorregião em sementes foi estimado por meio da média de preços gastos por hectare, multiplicado pela quantidade total de hectares de área explorada (1º e 2º safras) pela cultura de milho.

Esta variável também foi construída por meio da planilha de custo de produção disponibilizada pela SEAB/DERAL.

3.3 Métodos de análise da pesquisa

3.3.1 Mensuração da PTF por meio do Índice *Tornqvist*

Usando o Índice de *Tornqvist*, calcula-se a PTF para as mesorregiões paranaenses. Conforme discutido por Diewert e Nakamura (2002), uma das maneiras de calcular a PTF é obtendo a razão das taxas de crescimento do produto e dos insumos. Assim, o índice de *Tornqvist* é definido da seguinte forma, conforme Christensen e Jorgenson (1970), Gasques *et al.* (2004) e Gasques e Conceição (2000):

$$\frac{PTF_{pt}}{PTF_{pt-1}} = \frac{\left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}}\right)^{\left(\frac{S_{it}+S_{it-1}}{2}\right)}}{\prod_{j=1}^n \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}}\right)^{\left(\frac{C_{jt}+C_{jt-1}}{2}\right)}} \quad (39)$$

Após aplicar o logaritmo na equação (1), a expressão geral do índice de *Tornqvist*, é dada por:

$$\ln\left(\frac{PTF_{pt}}{PTF_{pt-1}}\right) = \frac{1}{2}(S_{it} + S_{it-1}) \ln\left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}}\right) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (C_{jt} + C_{jt-1}) \ln\left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}}\right) \quad (40)$$

Em que:

$\ln(PTF_t/PTF_{t-1})$, representa a variação da PTF entre o período t e o período t-1;

p representa cada mesorregião e Paraná;

S_{it} e S_{it-1}, as participações de cada produto no valor total da produção nos dois períodos;

Y, as quantidades do produto;

C_{it} e C_{it-1} , as participações de cada insumo no custo total da agropecuária; e

X, as quantidades dos insumos.

Desse modo, a equação é dividida em dois sub-índices, o Índice de produto e o Índice de Insumo, ambas ponderados, respectivamente, pela participação de cada produto no valor total da produção e pela participação de cada um dos insumos no custo total (GASQUES *et al.*, 2004).

De posse do resultado da expressão (38), calcula-se o exponencial para cada ano para obter o antilog do valor obtido. Posteriormente, conforme Mendes *et al.* (2013), define-se o ano-base como 100, e os próximos anos serão obtidos pela seguinte expressão, ano a ano:

$$PTF_t = e^{(equação2)} . PTF_{t-1}, \quad (41)$$

em que PTF_t é o valor da PTF para o segundo ano já que no ano $t-1$ o índice será 100.

O ano base considerado foi 2009 e para o ano de 2010, PTF_t , será o segundo índice obtido a partir da PTF_{t-1} fixado como 100. Os próximos, como PTF_{t+1} e PTF_{t+2} , foram obtidos a partir da PTF_t e a partir de PTF_{t+1} , respectivamente. Este encadeamento foi aplicado em Gasques e Conceição (2000). Dessa forma, a PTF é calculada com base no ano anterior e não em apenas um único ano base.

3.3.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Após ser obtido o índice da Produtividade Total dos Fatores do milho no âmbito das mesorregiões paranaenses, através do método *Tornqvist*, foi calculada a taxa de crescimento do índice de PTF, conforme Gasques (2007). Esta por sua vez foi submetida à técnica da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), que permite analisar a distribuição espacial e verificar a ocorrência de possíveis padrões de dependência espacial dos índices de PTF de mensurados para cada mesorregião.

Medeiros e Barbosa (2013) afirmam que alguns estudiosos nacionais como Almeida (2004), Perobelli *et al.* (2007), Pinheiro, Parré e Lopes (2007), Almeida, Perobelli e Ferreira (2008), Anhesini (2011), Diniz (2012), entre outros, têm se destacado pela utilização da técnica AEDE em estudos espaciais realizados no Brasil. Assim, tornaram-se base de conhecimento sobre este tema.

A técnica AEDE consiste num conjunto de análise estatística de informação geográfica. Tal técnica tem por objetivo, segundo Anselin (1996), Almeida (2004), Perobelli *et al.* (2007), Almeida, Perobelli e Ferreira (2008), identificar observações discrepantes no espaço (*Outliers*), além de descobrir padrões de associação espacial, descrever e visualizar distribuições espaciais e identificar possíveis *clusters* espaciais.

É comum que muitos dos dados utilizados nos estudos da ciência regional sejam ordenados no tempo e no espaço (HYBNER, 2019). Deste modo, situações relacionadas ao emprego, população, atividades econômicas, dentre outros, na maioria das vezes estão relacionadas a uma unidade administrativa, como mesorregião, município, província ou país, estando, desta forma, sujeito a um espaço. Assim, é preciso considerar a análise de questão espacial para que a mesma não se torne um problema metodológico (ANSELIN, 1988). Deste modo, o autor considera como dependência espacial aquilo que acontece em um ponto do espaço e provoque relação no que acontece em outro ponto.

Assim, a Análise Exploratória de Dados Espaciais inicia-se com a exposição de mapas temáticos organizados em classes que permite identificar os padrões espaciais das variáveis. Na sequência, é definida a matriz de pesos espaciais, a qual é utilizada nos testes formais de autocorrelação global e local. Estes, possibilitam reconhecer a dependência espacial global e as aglomerações espaciais locais.

3.3.2.1 Matriz de Pesos Espaciais

As matrizes de pesos espaciais mais tradicionais são constituídas por meio de características geográficas e físicas, como distância geográfica, tempo de deslocamento e vizinhança. Dois espaços geográficos (regiões) quando compartilham de uma fronteira física comum são consideradas vizinhas. Já regiões contínuas possuem maior interação espacial.

A definição da matriz de peso espacial recai sobre uma matriz quadrada de ordem $n \times n$ em que a conexão entre as regiões de acordo com um critério de proximidade qualquer representa os pesos espaciais w_{ij} .

Assim, considerando a proximidade geográfica, pode-se assumir o critério de vizinhança baseada na contiguidade de uma matriz de pesos espaciais binários em que duas regiões são consideradas vizinhas se tiverem uma fronteira física comum (HYBER, 2019). Assim, as localidades contínuas apresentam uma interação espacial mais contundente. Ou seja:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se } i \text{ e } j \text{ são contíguos;} \\ 0 & \text{se } i \text{ e } j \text{ não são contíguos;} \end{cases}$$

em que $w_{ii} = 0$, pois não é possível que uma região seja vizinha dela mesma.

Deste modo, as formas de vizinhanças de matrizes de proximidades espaciais contíguas podem ser representadas e ter como referência o jogo de xadrez, pois a noção de contiguidade pode ser do tipo rainha (a), torre (b) e bispo (c), (ALMEIDA, 2004), conforme é apresentado na Figura 3, a seguir:

A	B	C	D
E	F	G	H
I	J	K	L
M	N	O	P

(a)

A	B	C	D
E	F	G	H
I	J	K	L
M	N	O	P

(b)

A	B	C	D
E	F	G	H
I	J	K	L
M	N	O	P

(c)

Figura 3. Representação dos tipos de contiguidade entre áreas

Fonte: Araújo, (2012).

De acordo com a representação das matrizes, é visível perceber que a matriz rainha (a), considera vizinhos da área J todas as regiões que fazem divisa com ela, independente se a outra região é a do lado em comum ou diagonal. Já a matriz tipo torre (b), considera as regiões vizinhas da área J, apenas aquelas que fazem divisas de fronteiras. E a matriz tipo bispo (c), considera somente aquelas regiões localizada nas diagonais da área J. Após a escolha da matriz de ponderação espacial, faz-se a verificação se os dados espaciais são aleatoriamente distribuídos.

O presente estudo, por meio da taxa de crescimento da PTF das mesorregiões paranaenses, extraído pela metodologia *Tornqvist*, utilizará a matriz de peso espacial que melhor se ajustar no modelo para analisar a autocorrelação e a dependência espacial, por meio do *software* Open GeoDa.

3.3.2.2 Autocorrelação Espacial Global e Local

A análise exploratória dos dados espaciais (AEDE) permite calcular medidas de autocorrelação espacial global e local, disponibilizando a avaliação de influência dos efeitos espaciais. Segundo Almeida (2004), a autocorrelação espacial mede o quanto o valor observado de um atributo de uma região é dependente dos valores desta mesma variável nas localizações vizinhas.

Assim, de acordo com Almeida (2004) é necessária a sequência de alguns passos para facilitar a mensuração de autocorrelação espacial, que pode ser global ou local:

a) Associação Espacial Global Univariada - de princípio é necessário certificar se os valores de uma dada região não dependem dos valores da outra, por isso, é realizado o teste de hipótese, sob a variável de interesse, onde os dados são distribuídos aleatoriamente. Então, faz-se útil o coeficiente de autocorrelação espacial, denominado de *I de Moran*, dado pelas fórmulas 42 e 43:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (42)$$

Ou matricialmente:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{z' W z}{z' z} \quad (43)$$

em que n é o número de unidades espaciais, z denota os valores da variável de interesse padronizada, Wz representa os valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos, definidos segundo uma matriz de ponderação espacial W . Um elemento dessa matriz, referente à região i e à região j , é registrado como w_{ij} . S_0 é igual à operação $\sum \sum w_{ij}$, significando que todos os elementos da matriz de pesos espaciais W devem ser somados.

b) Associação Espacial Global Bivariada – ao contrário da Univariada, este tipo de análise procura a identificação de um padrão de associação espacial entre elas. Por isso, ela parte da variável de interesse, no entanto, relacionada com outra variável de influência. Neste momento, é novamente usada a estatística *I de Moran*, porém considerando a seguinte fórmula 44, onde as duas variáveis diferentes padronizadas são Z_1 e Z_2 :

$$I^{Z_1 Z_2} = \frac{n}{S_0} \frac{z_1' W z_2'}{z_1' z_1} \quad (44)$$

E se a matriz W for normalizada na linha, a expressão acima se transforma na fórmula 45:

$$I^{Z_1 Z_2} = \frac{z_1' W z_2'}{z_1' z_1} \quad (45)$$

Este coeficiente tem dois componentes distintos. Como se trata da versão bivariada da estatística *I de Moran*, o numerador refere-se a uma medida de covariância do tipo produto cruzado, ao passo que o denominador diz respeito a um reescalonamento, usando a variância dos dados.

c) Associação Espacial Local Univariada – é um retrato individualizado da área (mesorregiões paranaenses) que compõe aquele espaço estudado pela estatística global. Ocorre que em alguns locais (ou mesorregiões) prevaleçam altos ou baixos valores das variáveis, os quais podem ocultar padrões de associação local (*clusters* ou *outliers* espaciais). Devido à necessidade de capturar padrões locais de correlação espacial, estatisticamente significativo, Anselin (1995), propôs os chamados indicadores LISA (*Local Indicator of Spatial Association*), que devem satisfazer a dois critérios:

1. a capacidade, para a observação, de indicar *clusters* espaciais, significativos estatisticamente;
2. a propriedade de que o somatório dos indicadores locais, para todas as regiões, é proporcional ao indicador de autocorrelação espacial global correspondente.

O coeficiente *I_i de Moran Local* para uma variável *y* padronizada, observada na região *i*, *z_i*, pode ser expresso pela fórmula 46:

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^J w_{ij} z_j \quad (46)$$

o cômputo de *I_i*, só abrange os vizinhos da observação *i*, definidos conforme uma matriz de pesos espaciais. Para que *I_i* seja um indicador LISA, ele precisa satisfazer à segunda condição acima, que diz que o somatório dos indicadores locais é equivalente ao indicador global

correspondente, de acordo com um fator de proporcionalidade. Ou seja:

$$\sum_i I_i = \sum_i z_i \sum_j w_{ij} z_j = \sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j \quad (46')$$

o que significa dizer que existe uma relação diretamente proporcional entre o somatório da estatística LISA local e o *I de Moran Global*. Então, chega-se ao *I de Moran Local* definitivo (HYBNER, 2019):

$$I = \frac{\sum_i I_i}{s_o \sum_i \frac{z_i^2}{n}} \quad (46'')$$

novamente a ocorrência de aleatoriedade espacial é a hipótese nula a ser testada, mas dessa vez em nível local. A rejeição de tal hipótese a um nível de significância estatística mostra que as observações em análise apresentam autocorrelação espacial local. O valor esperado do *I de Moran* neste contexto (ANSELIN, 1995) é:

$$E[I_i] = \frac{-w_i}{(n-1)} \quad (46''')$$

Não sendo observado nenhum padrão de interação espacial das observações, o valor de *I* coincidirá com o seu valor esperado. A autocorrelação espacial positiva se dará quando o valor de *I* for maior que o respectivo valor esperado. O contrário, configura-se autocorrelação negativa. O mapa LISA de *significância* traz a junção das estatísticas do *I de Moran* local e os repetíveis níveis de *significância*. Já o mapa *Cluster* LISA faz a amarração entre o diagrama de dispersão de Moran e a informação do nível de *significância* de interação espacial em nível local, possibilitando visualizar as aglomerações espaciais tipo alto-alto, baixo-baixo, baixo-alto e alto-baixo (ALMEIDA, 2012 *apud* HYBNER, 2019).

d) Associação Espacial Local Bivariada – Da mesma forma que obteve um coeficiente de autocorrelação espacial global num contexto bivariado, é possível também conseguir calcular essa medida de autocorrelação espacial local

multivariada. Ao supor que existam duas variáveis de interesse, y_i e x_i , e padronizando essas duas variáveis, obtêm-se, respectivamente, Z_{1i} e Z_{2i} (ALMEIDA, 2012). Readaptando a fórmula do *I de Moran Local* como:

$$I^{Z_1 Z_2} = z_{1i} W_{z_{2i}} \quad (47)$$

em que $W_{z_{2i}}$ é a defasagem espacial da variável padronizada z_{2i} . Semelhantemente à fórmula de cálculo do I_i de Moran na fórmula 45, somente os vizinhos da observação i , definidos conforme uma matriz de pesos espaciais são incluídos no cálculo. Assim, é possível mapear os valores da probabilidade da medida, estatisticamente significativos, gerando o chamado mapa de *significância* bivariada de *Moran Local* (ANSELIN, 2003).

3.3.2.3 Diagrama de Dispersão de Moran

Conforme Araújo (2012), o diagrama de dispersão de Moran é uma representação gráfica do coeficiente de regressão linear pelo método do Mínimo Quadrado Ordinário (MQO), através das duas variáveis z e Wz , onde o coeficiente de inclinação da curva de regressão é dado pela estatística *I de Moran*. Vale ressaltar que esta inclinação da curva de regressão fornece o grau de ajustamento.

Na sequência é possível visualizar o quadrante conforme de Dispersão do *I de Moran*, de acordo com as divisões feitas por Anselin (1996), conforme Figura 4. A finalidade deste diagrama é retratar o indicador global de autocorrelação espacial, bem como demonstrar a defasagem espacial da variável de interesse no eixo vertical e o valor da variável de interesse do eixo horizontal. O diagrama está dividido em quatro quadrantes: Alto-Alto (AA), Baixo-Baixo (BB), Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA).

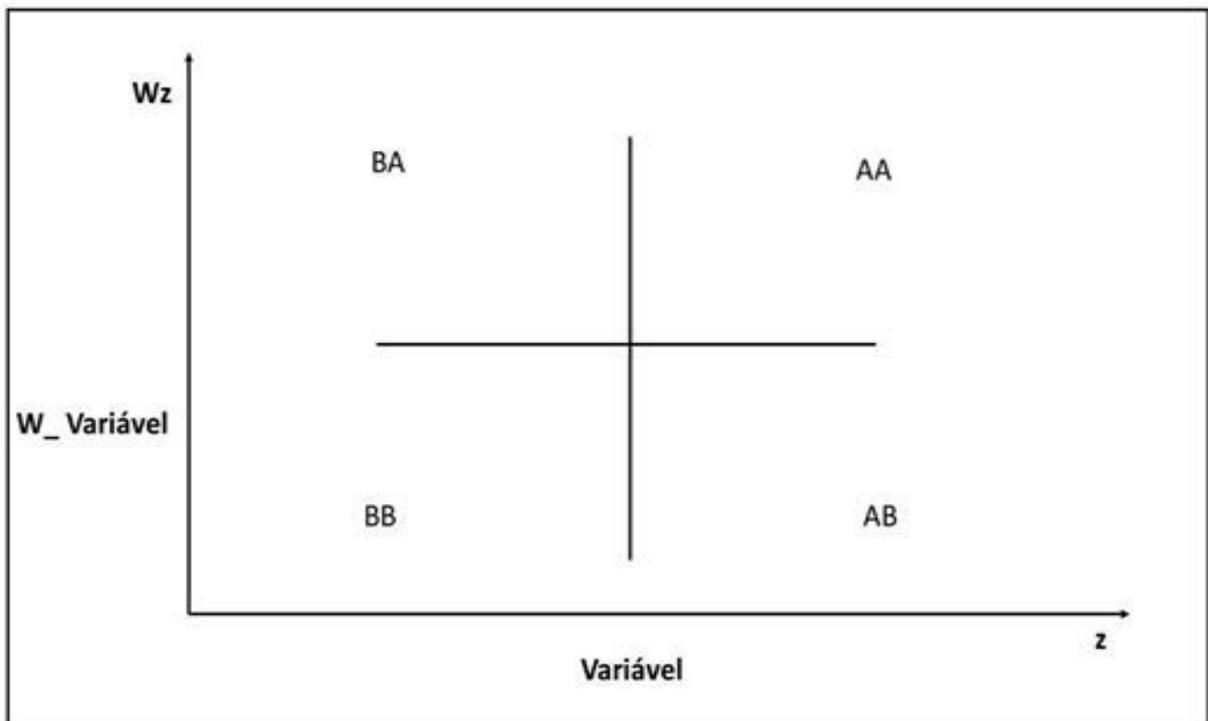


Figura 4. Estrutura do diagrama de dispersão de Moran onde $W_Variável$ caracteriza a variável de interesse defasada espacialmente.

Fonte: ARAÚJO (2012), adaptado pelo autor.

O agrupamento Alto-Alto (AA), aquele localizado na parte superior e à direita do diagrama, identifica-se com as regiões que se apresentam com valores acima da média rodeada por vizinhos com valores acima da média. O agrupamento Baixo-Baixo (BB) se constitui por regiões que possuem valores abaixo da média, cercada por vizinhos com valores abaixo da média. Ou seja, o oposto do agrupamento AA.

Outrossim, um agrupamento Baixo-Alto (BA) demonstra as regiões com valores abaixo da média, porém cercada por vizinhos com valores acima da média. E, por último, o agrupamento Alto-Baixo (AB) é formado pelas regiões com valores acima da média, rodeadas por vizinhos com valores abaixo da média. A autocorrelação positiva ocorre para os casos do primeiro e terceiro quadrante, enquanto que a autocorrelação negativa é presente no segundo e quarto quadrantes.

Por existir limitação na ausência da avaliação da incerteza estatística das regiões AA, BA, BB e AB, de acordo com a dedução realizada pelo Perobelli *et al.* (2007), sobre o diagrama de dispersão de Moran, fez-se necessário que a análise exploratória de dados espaciais tivesse incremento de literatura de modo que desenvolvessem estatísticas que captem a autocorrelação local. Como o nome já diz, a estatística *I de Moran Global* é uma medida global, que não

permite detectar a estrutura da autocorrelação espacial em nível local (mesorregional) (STEGE, 2011).

Por isso foi criado um indicador cuja nomenclatura se define como Indicador de Associação Espacial Local (*Local Indicator of Spatial Association* – LISA), para verificar a autocorrelação local. Segundo o estudo realizado:

“...o indicador LISA deve satisfazer dois critérios: i) deve possuir para cada observação uma indicação de *clusters* espaciais significantes de valores similares em torno da observação; e, ii) o somatório dos LISAs para todas as observações é proporcional ao indicador de autocorrelação espacial global” (ANSELIN, 1995 *apud* STEGE, 2011, P. 58).

Da mesma forma que o *I de Moran Global* gera um grau de agrupamento dos valores semelhantes, o *I de Moran Local* também gera, identificando os *clusters* espaciais estatisticamente significantes (ALMEIDA, 2004). O *I de Moran Local* é classificado como aquele que captura as associações e heterogeneidades espaciais simultaneamente, além de reiterar que as técnicas utilizadas no diagrama de dispersão de *Moran* (*Moran Scatterplot*) e estatísticas LISA (*Local Indicator of Spatial Association*), visam a complementação do *I de Moran Global* (MILLER, 2004 *apud* STEGE, 2011).

A AEDE pode ser considerada como um importante instrumento para entender e explicar a taxa de crescimento do Índice da PTF da cultura do Milho nas mesorregiões do Paraná, fazendo relação com a grau de concentração existente de indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos), além da pecuária (avicultura, bovinocultura e suinocultura) existente nas mesorregiões paranaenses.

3.4 Procedimentos Metodológicos

Após coletados os dados das variáveis do produto e dos insumos para mensurar, por meio do índice *Tornqvist*, o índice de Produtividade Total dos Fatores do Paraná e de cada uma das mesorregiões paranaenses, foi estimada a taxa de crescimento do índice de PTF e construído um *ranking* decrescente deste para as mesorregiões. A partir daí, foi possível identificar quais mesorregiões que possuem as melhores taxas de crescimento do índice da PTF, bem como conhecer quais mesorregiões apresentam taxa de crescimento superior àquela apresentada pelo Estado do Paraná.

Na sequência, apoiado pelo *Software Open GeoDa* (2008), serão utilizados tais resultados para visualizar a distribuição espacial do índice de PTF identificados pelas

mesorregiões. Ainda, utilizando tal metodologia, foi verificado o grau de dependência espacial das mesorregiões por meio do *I de Moran* e a formação do mapa de *Cluster*. O *I de Moran* indica o nível de correlação espacial existente entre o valor aderido dos polígonos fechados de um *shapefile*4.

Desse modo, as ferramentas utilizadas nesta pesquisa visam atender aos objetivos propostos de identificar, mensurar e analisar o agrupamento e a dependência espacialmente das Mesorregiões Paranaenses quanto à taxa de crescimento do índice de Produtividade Total dos Fatores.

IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção visa demonstrar e analisar os resultados¹² encontrados no presente estudo, relacionados ao índice, taxa de crescimento, bem como à distribuição geográfica e à dependência espacial da Produtividade Total dos Fatores (PTF) do milho nas mesorregiões do Paraná no período de 2009 a 2016.

No item 4.1, são apresentados o índice e a taxa de crescimento da PTF do milho no Paraná e o *ranking* (colocação) que cada mesorregião obteve no período analisado.

Na sequência, no item 4.2, é exibida uma análise geral do índice da PTF das mesorregiões paranaenses, além de apresentar a taxa de crescimento da PTF e da Produção de Milho de cada mesorregião no período de 2009 a 2016. Neste item, é abordada uma análise das mesorregiões que obtiveram taxas de crescimento superior àquela apresentada pelo estado do Paraná e daquela que apresentou a menor taxa de crescimento.

Por fim, item 4.3, é verificada a distribuição geográfica e a dependência espacial da taxa de crescimento da PTF do milho nas mesorregiões paranaenses, através da Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), por meio do *Quantile Maps* (concentração mesorregional da taxa de crescimento da PTF padrões), *I de Moran* (grau de dependência espacial), *Clusters Maps* (taxas *Outliers* de crescimento da PTF) e *Significance Maps*. Neste item, apresenta-se também o *Quantile Maps* e o *I de Moran* da taxa de crescimento da Produção de milho no Paraná.

Alguns pontos merecem ser destacados antes de iniciar a análise. Primeiramente, para investigar o desempenho da taxa de crescimento da PTF do milho para o Paraná e para as mesorregiões, no período de 2009 a 2016. Através desta, determinou-se 2009 como ano base, implicando definir que todas as observações deste ano assumiriam valor igual a 100. Ou seja, possibilitando estimar o índice da PTF e, conseqüentemente, a taxa de crescimento para o período de 2009 a 2016 de cada mesorregião.

Outra questão importante é a dificuldade de obtenção dos dados das variáveis utilizadas (Mão de Obra, Terra e Capital) para a construção do índice de PTF do milho nas mesorregiões paranaenses. Por exemplo, foi necessário a construção de uma *proxy* de unidades de tratores. Assim, não se espera que os resultados reflitam exatamente a magnitude da PTF, mas sim, que se aproximem do seu real valor (PEREIRA, 1999), possibilitando demonstrar, no período de

¹² Apêndices dos resultados do Paraná e das Mesorregiões do Estado.

2009 a 2016, a taxa de crescimento da PTF do milho para as mesorregiões paranaenses.

Além disso, existem vários estudos que identificaram o índice de PTF entre regiões por meio de métodos apresentados no Capítulo III, porém devido os resultados desses índices não ser uniformes dada a metodologia ser heterogênea os resultados se diferem, o que dificulta uma análise comparativa entre os mesmos (AFONSO, 2017). Tais diferenças se dão pelo método utilizado, bem como a maneira que se tratou os dados (produto e insumo), os diversos períodos e as ponderações desiguais (HYBNER, 2019).

4.1 Índice e Taxa de Crescimento da PTF do Milho no PR

A análise da taxa de crescimento da PTF do milho foi calculada através do índice de produtividade, para o estado do Paraná e das Mesorregiões paranaenses. Desse modo, o resultado encontrado para a taxa de crescimento da PTF do milho no estado do Paraná, para o período de 2009 a 2016, foi na ordem de 3,27%. Já o crescimento da Produtividade Total dos Fatores da agricultura brasileira para o período de 1975 a 2016, foi de 3,08% (GASQUES, *et. al.*, 2018).

Neste sentido, inicialmente serão mostrados os resultados do índice da PTF do milho no Paraná, e posteriormente o que se obteve para as mesorregiões deste mesmo Estado. Diferentemente dos resultados obtidos pelos cálculos de índices da PTF da agricultura brasileira encontrados pelos estudos de Gasques, a PTF desta pesquisa não segue uma evolução constante no decorrer dos anos, justamente por que a análise está voltada para um produto específico, o milho, em que a variação do índice do produto e dos insumos repercute diretamente no resultado do índice da PTF. Entretanto, a análise torna-se interessante quando são identificados os motivos que refletem tais resultados.

Assim, pode-se observar que o período analisado apresentou uma taxa de crescimento de PTF de 3,27%, sendo que no quadriênio inicial foi o que mais impulsionou positivamente este resultado. Vê-se na Tabela 11 que, para o quadriênio inicial (2009–2012), a PTF cresceu 7,52%, enquanto que no quadriênio final (2012-2016), a PTF decresceu, 2,89%. De modo geral, o índice de Produtividade Total dos Fatores do Milho no Paraná, período de 2009 a 2016, apresentou um crescimento correspondente à passagem do índice 100, em 2009, para 125,38 em 2016 (Tabela 12).

Tabela 11. Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho no estado do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF
2009-2016	3,53	3,30	3,50	3,27
2009-2012	11,73	7,60	11,66	7,52
2012-2016	-7,14	-2,92	-7,12	-2,89

Fonte: O autor, 2019.

Com relação à taxa de crescimento do índice da produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital, observa-se (Tabela 11) que no quadriênio inicial, os índices de Produtividades de todos esses fatores foram positivos, sendo que o índice de produtividade da Mão de Obra foi o que mais cresceu, 11,73%, seguido pelo índice de produtividade do Capital, 11,66% e pelo índice de produtividade da Terra, 7,6%. Contudo, no quadriênio final, as taxas de crescimento dos três índices de produtividades foram negativas, evidenciando uma queda no índice da produtividade, principalmente para os fatores de Mão de Obra e Capital, que tiveram taxas de crescimento negativas de 7,14% e 7,12%, respectivamente. Isso explica o fato de que, no período integral (2009-2016), os índices da produtividade (Mão de Obra, Terra e Capital) são, apesar de positivos, significativamente menores em comparação ao quadriênio inicial. Dentre os índices de produtividades (Mão de Obra, Terra e Capital), o que mais cresceu no período integral foi, novamente, a Mão de Obra, 3,53%, seguido pelo do Capital, 3,5%, e pela da Terra, 3,3%.

A Tabela 12 expõe os índices de produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital, além do índice da PTF da cultura do milho no Paraná, deixando evidente uma queda no índice de Produtividade Total do Fatores na transição do ano de 2010 para 2011 e 2015 para 2016, onde todos os índices de produtividades apresentaram reduções significativas. A provável causa para essa perda de produtividade pode estar relacionada às condições relativo ao clima e ao solo apresentadas naquele ano, como por exemplo, o estresse hídrico ocorrido no ano de 2011 (safra 2010/2011) e no ano de 2016 (safra 2015/2016).

Tabela 12. Índice de Produtividade da Mão de Obra, Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho no estado do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF
2009	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	122,53	145,77	122,66	145,94
2011	113,04	126,03	113,07	126,06
2012	148,69	134,01	148,40	133,72
2013	155,70	139,67	155,35	139,35
2014	142,07	155,89	141,94	155,74
2015	145,84	159,61	145,72	159,47
2016	120,55	125,55	120,38	125,37

Fonte: O autor, 2019.

Apesar disso, todos os índices de produtividade (Mão de Obra, Terra e Capital) e PTF do milho, em todos os anos analisados, mantiveram-se acima do valor (100) estipulado pelo ano base (2009), demonstrando que a produtividade possui forte correlação com o grau de investimento aplicado nos insumos. Especificamente, as produtividades da Mão de Obra e do Capital alcançaram seus maiores índices no ano de 2013, 155,70 e 155,35, respectivamente, enquanto a produtividade da Terra teve seu maior índice no ano de 2014, 155,89 (vide Tabela 12). A seguir, é apresentado o Gráfico 3, com esse comportamento.

Gráfico 3. Comportamento do índice de PTF da Cultura do Milho no Paraná no período de 2009 a 2016.



Fonte: O autor, 2019.

Por fim, cabe ressaltar a existência de correlação positiva de comportamento do índice

da Produtividade da Terra e da PTF do Paraná, ao longo do período analisado, bem como similaridade de comportamento do índice da Produtividade da Mão de Obra e Capital. O que implica concluir que, diferentemente dos estudos realizados por Gasques *et al.* (1990, 1997, 2004, 2008, 2014) para a agricultura brasileira, onde a Produtividade do Capital é a que mais influência na PTF, para o Paraná é a Terra.

Desse modo, o aumento da produtividade é importante, pois quando se obtém 1% de aumento da PTF, significa a redução de 1% de recursos necessários para produzir a mesma quantidade de produto.

A seguir, é analisada a taxa de crescimento e o índice de PTF que as mesorregiões do Paraná apresentaram no período de 2009 a 2016.

4.2 Análise Geral das Mesorregiões Paranaenses

Cabe aqui apresentar e discutir o comportamento do índice da PTF para cada uma das 10 mesorregiões do Estado do Paraná no período de 2009 a 2016. A Tabela 13, a seguir, identifica o valor de cada índice para cada região e ano, respectivamente.

Tabela 13. Índice de PTF da cultura do milho das Mesorregiões paranaenses – período de 2009 a 2016.

	Centro Sul	Norte Central	Noroeste	Oeste	Metropolitana de Curitiba	Centro Oriental	Sudeste	Norte Pioneiro	Centro Ocidental	Sudoeste
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	115,62	143,46	195,61	159,02	101,23	130,31	133,73	161,17	153,90	174,98
2011	124,36	123,88	149,36	121,54	101,49	125,03	134,37	118,17	129,94	176,86
2012	105,83	143,83	184,64	131,62	106,46	119,89	122,03	158,46	138,10	118,31
2013	121,72	131,13	175,03	156,57	106,65	130,42	130,41	129,79	132,81	167,54
2014	149,28	162,31	196,71	155,29	95,13	198,23	136,81	158,79	132,54	175,25
2015	145,80	162,87	208,00	172,42	111,17	134,32	144,60	177,99	136,50	158,59
2016	142,17	98,82	154,93	142,47	100,69	110,86	133,93	121,70	121,87	119,58

Fonte: O autor, 2019.

Avaliando os valores apresentados para cada mesorregião é possível identificar que as únicas mesorregiões que apresentaram índices de PTF inferiores ao valor (100) do ano base (2009) foram a Metropolitana de Curitiba (95,13) e a Norte Central (98,82), para os anos de 2014 e 2016, respectivamente. Além disso, entre 2010 e 2016, a mesorregião Noroeste chama a atenção pelos valores dos índices de PTF serem superiores na maioria dos anos pelas demais mesorregiões, salvo duas exceções. Ou seja, em 2011 a mesorregião Sudoeste e, em 2014 a mesorregião Centro oriental apresentaram os maiores índices de PTF, entre as mesorregiões.

Essa variação no comportamento do índice de Produtividade Total do Fatores pode ser atribuída a diversos fatores, alguns internos aos estabelecimentos agropecuários e outros externos. Os principais estão relacionados à qualificação da Mão de Obra, ao uso e eficiência de máquinas e equipamentos, à utilização de processos de execução e monitoramento das operações, investimentos em pesquisa, mudanças na estrutura de produção das lavouras, tanto no que se refere à composição da produção como em relação aos insumos (GASQUES, *et. al.*, 2014). Essas observações podem ser atribuídas como explicações das diferenças existentes entre as mesorregiões de estudo.

Ainda com relação a Tabela 13, a mesorregião Noroeste que, dentre as regiões analisadas, apresentou o maior índice de PTF na maioria dos anos estudados, sofreu queda de produtividade em três momentos específicos: de 2010 a 2011, de 2012 a 2013 e de 2015 a 2016. A mesorregião Norte Central apresentou quedas nos mesmos anos que a mesorregião Noroeste. A mesorregião Centro Sul igualmente apresentou três quedas de produtividade: de 2011 a 2012, de 2014 a 2015 e de 2015 a 2016. A mesorregião Oeste também apresentou três quedas de produtividade: de 2010 a 2011, de 2013 a 2014 e de 2015 a 2016. Já a mesorregião Centro Oriental e a Centro Ocidental apresentaram quatro quedas de produtividades: de 2010 a 2011, de 2012 a 2013, 2013 a 2014 e de 2015 a 2016.

A mesorregião Metropolitana de Curitiba e a Sudeste se mostraram mais estáveis, tendo quedas de produtividade em apenas dois períodos: de 2013 a 2014 (Metropolitana de Curitiba) e 2011 a 2012 (Sudeste) e de 2015 a 2016 (Metropolitana de Curitiba e Sudeste).

A mesorregião Norte Pioneira também apresentou três quedas de produtividades, identificado nos períodos: de 2010 a 2011, 2012 a 2013 e de 2015 a 2016. E por fim, a mesorregião Sudoeste teve três quedas de produtividade nos períodos de: 2011 a 2012, 2014 a 2015 e 2015 a 2016.

Em 2016, todas as mesorregiões do Estado apresentaram quedas de produtividade. Tal fator se explica pelo estresse hídrico que a cultura do milho sofreu durante o seu processo de desenvolvimento, ocasionando prejuízos e redução de produção e, conseqüentemente, da produtividade.

As mesorregiões do Estado apresentaram diferentes taxas de crescimento para o período de 2009 a 2016, conforme pode-se observar na Tabela 14, a seguir. Nesta tabela, foram classificadas por meio de um *Ranking* as taxas de crescimento da PTF do milho encontradas para cada uma das 10 mesorregiões do Estado do Paraná.

Tabela 14. Taxa de crescimento da PTF do milho no Paraná e o *Ranking* das Mesorregiões paranaenses.

Mesorregiões	PTF - Taxa de Crescimento (%)	Ranking
Centro Sul	5,27	1
Noroeste	5,06	2
Oeste	4,62	3
Norte Pioneiro	3,10	4
Sudeste	3,09	5
Centro Oriental	2,83	6
Norte Central	1,52	7
Sudoeste	1,29	8
Centro Ocidental	0,96	9
Metropolitana de Curitiba	0,39	10
PARANÁ	3,27	-

Fonte: O autor, 2019.

A Tabela 14 apresenta a taxa de crescimento da PTF da cultura do milho no Paraná e de suas mesorregiões. Porém, antes de qualquer análise é importante destacar que cada mesorregião possui suas particularidades. Ou seja, a função específica da taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores é demonstrar a dinâmica mesorregional da cultura do milho nessas regiões paranaenses.

A mesorregião Centro Sul foi a que exibiu a maior taxa de crescimento da PTF (5,27%), no período de 2009 a 2016, entre as mesorregiões paranaenses. Na outra ponta, a mesorregião Metropolitana de Curitiba foi a que exibiu a menor taxa de crescimento da PTF (0,39%). Já a segunda colocação foi obtida pela mesorregião Noroeste do Estado, com uma taxa de crescimento de 5,06%.

De acordo com a hipótese inicial deste estudo a mesorregião Oeste apresentou uma das melhores taxas de crescimento da PTF do milho. Confirmando a hipótese. Ou seja, a mesorregião Oeste, classificou-se na terceira colocação (4,62%) no *Ranking* das dez mesorregiões do Estado. O provável motivo desta colocação explica-se pela evolução que a taxa de crescimento do índice de PTF das mesorregiões: Centro Sul e Noroeste, respectivamente, apresentaram no período. A terceira colocação não implica atestar que a mesorregião Oeste cresceu menos que as outras duas mesorregiões, mas apenas confirma, que no período estudado a taxa de crescimento apresentou um índice menor que outras já citadas.

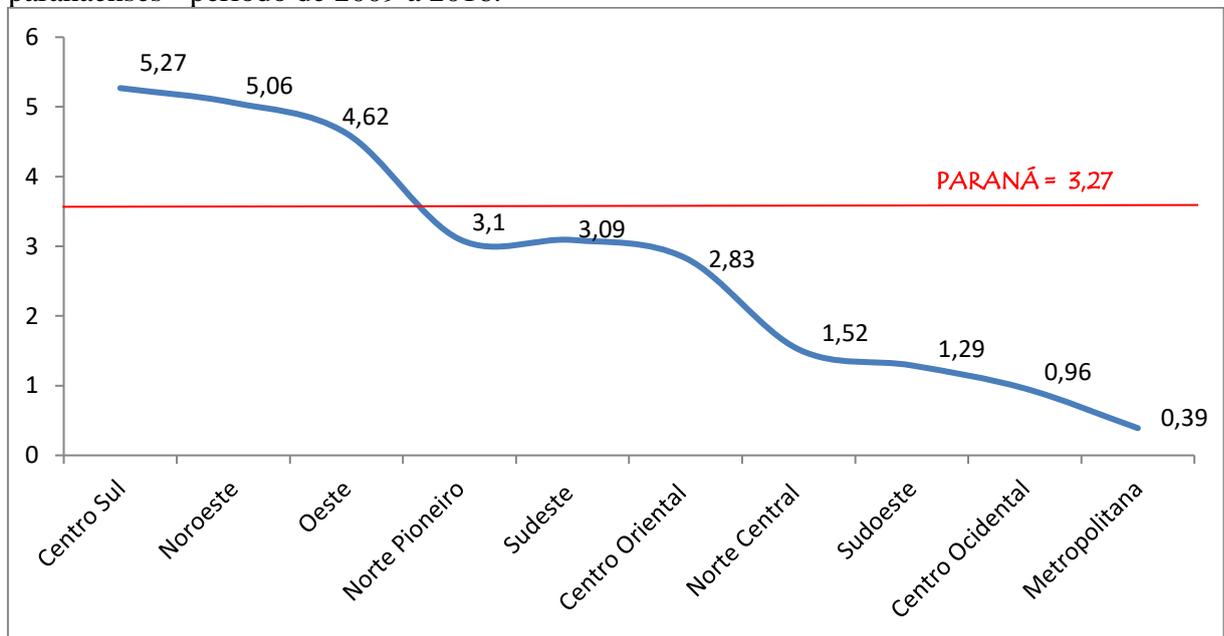
As mesorregiões, Norte Pioneiro e Sudeste foram as que mais se aproximaram da taxa de crescimento da PTF de milho no estado do Paraná (3,27%), ou seja, obtiveram a quarta (3,10%) e a quinta (3,09%) colocação no *Ranking* da taxa de crescimento da PTF das

mesorregiões. Já as mesorregiões Centro Oriental e Norte Central obtiveram a sexta e a sétima colocação, com as respectivas taxas de crescimento, 2,83% e 1,52%.

Por fim, a mesorregião Centro Ocidental classificou-se na nona colocação, apresentando uma taxa de crescimento de 0,96 %, superando somente a da região Metropolitana de Curitiba (0,39%).

No Gráfico 4, a seguir, são apresentadas as Taxas de Crescimentos da PTF do Milho obtidas pelas mesorregiões e para ao Estado do Paraná, durante o período de 2009 a 2016.

Gráfico 4. Taxa de Crescimento da PTF da Cultura do Milho no Paraná e nas mesorregiões paranaenses - período de 2009 a 2016.



Fonte: O autor, 2019.

É possível observar que 30% das mesorregiões do Paraná apresentam taxas de crescimento do milho superiores à taxa de crescimento estadual (3,27%). Essas três mesorregiões (Centro Sul, Noroeste e Oeste) corresponderam por, aproximadamente, 38% do volume produzido de milho no Estado no período de 2009 a 2016. Já a mesorregião que apresentou a menor taxa de crescimento do índice da Produtividade Total do Fatores, foi a Metropolitana de Curitiba, o que é justificável, uma vez que sua produção, no período de 2009 a 2016, representou apenas, aproximadamente, 5,4% do volume produzido no Paraná.

Algumas mesorregiões apesar de terem sido representativas em termos de volume de produção, durante o período da pesquisa, como é o caso da meso Norte Central (2º maior produção estadual) e a Centro Ocidental (3º maior produção estadual), não apresentaram taxas

de crescimento da PTF superior à do Estado do Paraná (3,27%). Uma das possíveis explicações tem relação à ineficiência de alocação dos fatores de produção: Mão de Obra, Terra e, principalmente, do Capital.

A seguir, a Tabela 15 apresenta o comportamento da taxa de crescimento da Produção e da PTF do milho nas mesorregiões do Paraná. Cabe destacar que a construção da taxa de crescimento da PTF e da Produção, a exemplo de Gasques (2007), foram obtidas através do coeficiente resultado da estimação de uma regressão simples, considerando o logaritmo do índice de PTF e da Produção.

É visível notar que todas as mesorregiões apresentaram taxas de crescimento da PTF positivas, o que difere uma da outra é o valor que cada uma delas alcançou. Já a taxa de crescimento da produção apresentou uma variação entre -8% e 12%. Além disso, ao considerar as três mesorregiões destacadas anteriormente, por apresentarem taxa de crescimento da PTF superior à do Estado do Paraná, apenas a mesorregião Centro Sul apresentou taxa de crescimento de Produção negativa.

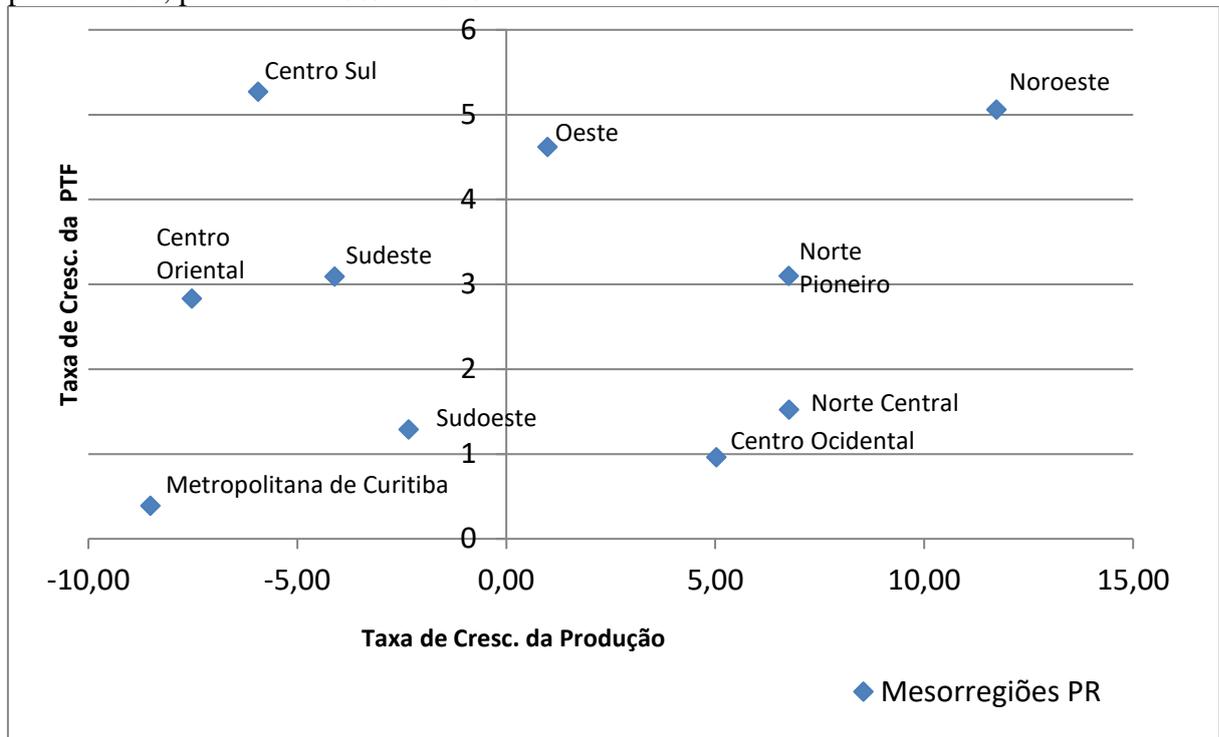
Tabela 15. Taxas de Crescimento da Produção e da PTF do Milho nas Mesorregiões Paranaenses, período de 2009 a 2016.

Taxa de Crescimento	Centro Sul	Norte Central	Noroeste	Oeste	Metropolitana de Curitiba	Centro Oriental	Sudeste	Norte Pioneiro	Centro Ocidental	Sudoeste
Produção	-5,94	6,77	11,73	0,99	-8,51	-7,53	-4,11	6,76	5,03	-2,34
PTF	5,27	1,52	5,06	4,62	0,39	2,83	3,09	3,10	0,96	1,29

Fonte: O autor, 2019.

Usando os dados da Tabela 15, foi construído o Gráfico 5. Este gráfico de dispersão, representa a distribuição das mesorregiões, conforme a taxa de crescimento da PTF e da Produção, que cada uma delas alcançou.

Gráfico 5. Dispersão da taxa de crescimento da Produção e da PTF das Mesorregiões paranaenses, período de 2009 a 2016.



Fonte: O autor, 2019.

O Gráfico 5 identificou que todas as mesorregiões apresentaram taxas de crescimento da PTF positivas, enquanto apenas 50% das mesorregiões do Estado apresentaram taxas de crescimento da produção positiva. Neste sentido, a (Tabela 16) permite apresentar a quantidade total produzida de milho e a participação que o mesmo representa para cada mesorregião, no período estudado.

Tabela 16. Produção e participação do Milho nas Mesorregiões Paranaenses, período de 2009 a 2016.

	Centro Sul	Norte Central	Noroeste	Oeste	Metropolitana de Curitiba	Centro Oriental	Sudeste	Norte Pioneiro	Centro Ocidental	Sudoeste	PARANÁ
Prod. (Ton.)	7.535.611	19.290.920	4.575.730	31.893.124	6.249.552	8.573.202	5.526.562	9.896.790	12.150.151	9.690.347	115.381.989
Part. (%)	7%	17%	4%	28%	5%	7%	5%	9%	11%	8%	-

Fonte: O autor, 2019.

Assim, pode-se constatar que, especificamente, a mesorregião Noroeste, que se destaca como a segunda maior taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores, bem como a maior taxa crescimento da Produção, para o período de 2009 a 2016, apresenta também o menor volume de produção de milho e, conseqüentemente, a menor participação (4%) na produção

Estadual.

Além disso, outro fator que também influencia a taxa de crescimento da PTF e da Produção das mesorregiões é a concentração das fábricas de rações, registradas junto ao MAPA, na determinada região ou nas vizinhas. Ao considerar o número de abatedouros/frigoríficos presentes nas mesorregiões, pode-se admitir que os mesmos também geram influência (diretamente ou indiretamente) na taxa de crescimento do índice da produtividade (Tabela 17).

Tabela 17. Relação de abatedouro/frigoríficos do Sistema de Inspeção (Federal e Estadual) e da relação de fábricas de Rações registrado junto ao MAPA

	Centro Sul	Norte Central	Noroeste	Oeste	Metropolitana de Curitiba	Centro Oriental	Sudeste	Norte Pioneiro	Centro Ocidental	Sudoeste	TOTAL
SIF	1	38	12	21	27	9	0	6	5	11	130
SIPOA	10	6	5	13	4	6	6	1	2	15	68
Fábricas de Rações	8	46	9	44	24	8	4	6	6	19	174
Total	19	90	26	78	55	23	10	13	13	45	372

Fonte: MAPA e ADAPAR, 2019.

A Tabela 17, apresenta a relação de abatedouros/frigoríficos, fiscalizados pelo MAPA, por meio do Sistema de Inspeção Federal (SIF) e pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR) por meio do Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SIPOA), os quais somados com as quantidades de fábricas de rações, registradas junto ao MAPA, apresentam o montante dessas indústrias existentes por mesorregião. A presença de indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos) numa determinada mesorregião gera demanda de matéria-prima (milho) e de proteína animal, a qual é a transformação de proteína vegetal em carne (avícola, bovina ou suína). Por conta disso, supõe-se que a taxa de crescimento da PTF do milho possa sofrer influência positiva.

Cabe destacar que a evolução das indústrias (fábricas de rações e frigoríficos) no decorrer dos anos da pesquisa não está disponível. Porém, visto que o período de análise da pesquisa é curto, é possível uma análise de a importância delas nas mesorregiões.

Após a apresentação das Taxas de Crescimento da PTF e da Produção das Mesorregiões paranaenses e do Estado, além da distribuição dos abatedouros e frigoríficos nas mesorregiões, torna-se interessante destacar as características das mesorregiões que apresentaram taxa de crescimento da PTF superior àquela apresentada pelo Estado do Paraná, bem como aquela que apresentou a menor taxa de crescimento do índice de Produtividade Total dos Fatores, no período de 2009 a 2016.

4.2.1 Análise da Mesorregião Noroeste

Cabe neste momento identificar geograficamente a mesorregião Noroeste do Paraná. Tal região ganha atenção por apresentar a melhor taxa de crescimento da Produção e por assumir a segunda colocação no *Ranking* da taxa de crescimento de PTF (Tabela 14), entre as mesorregiões paranaenses.

A seguir, a Figura 5 identifica a área geográfica da mesorregião Noroeste paranaense.

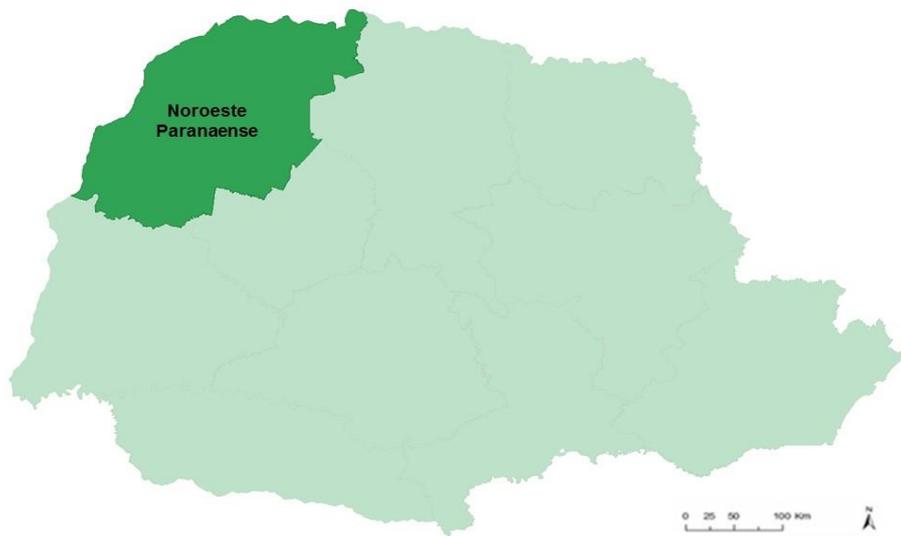


Figura 5. Distribuição Geográfica da Mesorregião Noroeste no estado do Paraná.

Fonte: O autor, 2019.

Antes de apresentar os resultados dos índices da Produtividade da Mão de obra, da Terra do Capital e da PTF, é interessante apresentar a participação no volume de produção que cada mesorregião assumiu perante o estado do Paraná durante período de 2009 a 2016. Neste sentido, é possível perceber que mesorregião Noroeste foi a que teve a menor participação no volume produzido (em toneladas) de milho no período do estudo. Ou seja, ela representou apenas 4% da produção Estadual (Tabela 16).

Especificamente, a tabela a seguir apresenta os resultados durante o período que foi o foco deste trabalho. A base considera o ano inicial da pesquisa, ou seja, o índice da produtividade foi igual a 100 para o ano de 2009. A variação, com o passar dos anos, é evidente para cada uma das variáveis. Deste modo, em anos onde o índice da produtividade esteve acima de 100, implica afirmar que ocorreu crescimento na produtividade. Já, abaixo de 100, o raciocínio é o contrário. A Tabela 18, apresenta esses índices para a mesorregião em análise.

Tabela 18. Índice de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Noroeste do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital
2009	100,00	100,00	100,00
2010	197,57	197,92	194,95
2011	198,41	195,96	151,40
2012	244,98	243,12	187,73
2013	280,20	274,12	179,31
2014	282,80	278,73	200,00
2015	316,68	311,46	212,14
2016	245,04	240,08	158,69

Fonte: O autor, 2019.

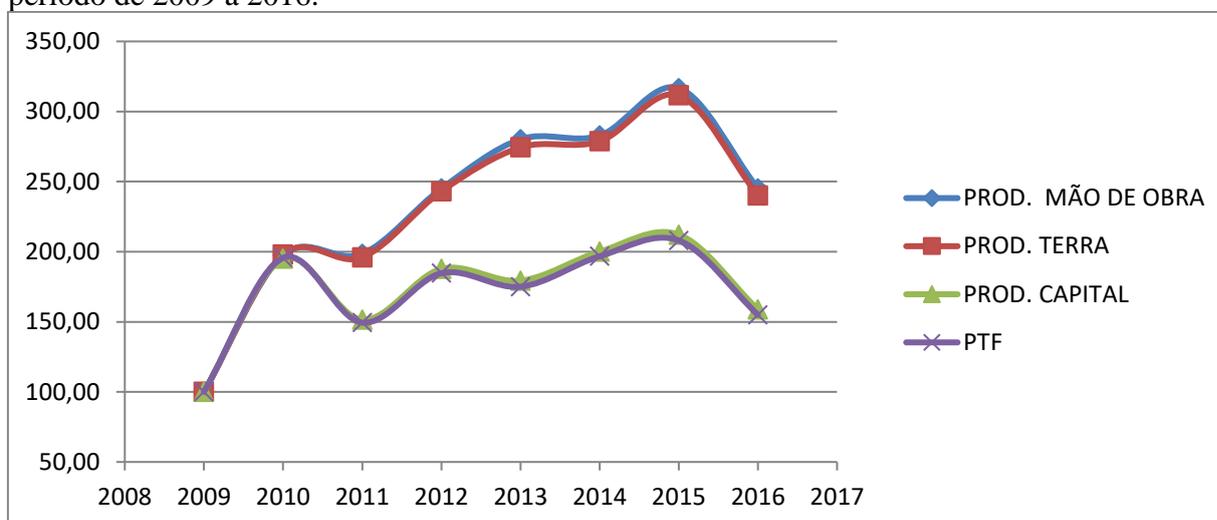
Analisando a evolução dos três índices das produtividades (Mão de Obra, Terra e Capital) da mesorregião Noroeste (Tabela 18), pode-se observar que o índice da produtividade da Mão de Obra, durante praticamente todo o período analisado, 2009 a 2015, seguiu uma tendência crescente, sofrendo uma queda somente no ano de 2016. A produtividade da Terra, por sua vez, demonstrou uma maior instabilidade, lidando com reduções em dois períodos: de 2010 a 2011 e de 2015 a 2016. Contudo, foi o índice de Produtividade do Capital que exibiu o comportamento mais volátil/instável dentre os fatores, sofrendo três quedas ao longo do tempo: de 2010 a 2011, de 2012 a 2013 e de 2015 a 2016.

Percebe-se ainda que todos os índices da produtividade (Mão de Obra, Terra e Capital), em todos os anos estudados, se mantiveram acima do valor (100) do ano base (2009). Tal resultado, indica crescimento da produtividade, porém com variações diferentes dos índices apresentados nos resultados para o período estudado. A região Noroeste do Estado do Paraná demonstrou por meio da Tabela 15 que a taxa de crescimento da Produção e da PTF do milho destacaram-se positivamente.

Comparando a evolução do índice de Produtividade dos Fatores (Mão de Obra, Terra e Capital) com a evolução do índice da PTF, Tabela 18, verifica-se que o índice de Produtividade do Capital foi o que apresentou maior similaridade, seguindo praticamente a mesma tendência da PTF.

Desse modo, o Gráfico 6 indica que o fator Capital tem grande influência no comportamento da Produtividade Total dos Fatores do milho no Estado do Paraná.

Gráfico 6. Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Noroeste do Paraná – período de 2009 a 2016.



Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

A Tabela 19 apresenta a Taxa de Crescimento do índice da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital, além do índice da Produtividade Total dos Fatores na mesorregião Noroeste para três períodos específicos: período integral (2009 – 2016); quadriênio inicial (2009 – 2012) e quadriênio final (2012 - 2016).

Tabela 19. Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Noroeste do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF
2009-2016	12,42	12,07	5,43	5,06
2009-2012	30,90	30,41	17,78	17,00
2012-2016	-2,85	-2,86	-3,03	-3,05

Fonte: O autor, 2019.

De acordo com as informações da Tabela 19, é possível constatar que as taxas de crescimento do índice da PTF e da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital, tanto do período integral como do quadriênio inicial, foram todas positivas. No entanto, nota-se que as taxas anuais do quadriênio inicial são expressivamente maiores que as taxas do período integral, cabendo destacar principalmente as taxas de crescimento dos índices da Produtividade do Capital e da PTF, que no quadriênio inicial foram de 17,78% e 17,00%, respectivamente, e no período integral foram significativamente menores, 5,43% e 5,06%, respectivamente. Analisando o quadriênio final, percebe-se que as taxas de crescimento da PTF e da

Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital se mostraram todas negativas, evidenciando que no quadriênio final a mesorregião Noroeste vem sofrendo significativa redução no seu nível de produtividade. Isso se deve a dois fatores, principalmente. O primeiro está relacionado à estrutura do solo (arenito), o qual demanda manejos adequados de conservação e o uso de mais insumos para suprir tal deficiência, elevando-se assim o custo de produção. Já o outro fator está relacionado à questão climática, onde especificamente, na safra 2015/16 a cultura do milho, no estado do Paraná como um todo, teve estresse hídrico. Assim, a região Noroeste, por apresentar um solo arenoso, teve sua situação mais crítica nesta safra, pois este solo não possui capacidade de manutenção de umidade igual a um solo de propriedade argilosa.

A questão pecuária é um dos fatores que influencia no nível da taxa de crescimento, pois a cadeia de animais demanda suplementos alimentares, oriundos do milho, para o seu desenvolvimento. Especificamente, a região Noroeste destaca-se como a mesorregião que mais produziu bovinos no Estado, no período da pesquisa (Tabela 20). Já a suinocultura e a avicultura são cadeias que apresentam um grau menor de importância para a região, porém não deixam de ser significativas.

Tabela 20. Rebanho total de aves, bovinos e suínos da mesorregião Noroeste do Paraná, período de 2009 a 2016

	Centro Sul	Norte Central	Noroeste	Oeste	Metropolitana de Curitiba	Centro Oriental	Sudeste	Norte Pioneiro	Centro Ocidental	Sudoeste
Aves	15.964.500	401.201.202	244.633.653	627.689.065	70.240.688	101.613.044	25.875.371	158.475.302	110.358.350	354.715.511
Bovinos	9.209.155	10.030.282	16.951.785	9.289.827	1.564.153	5.060.777	2.004.863	7.758.077	4.302.260	8.412.602
Suínos	2.099.853	2.451.123	872.176	24.165.915	770.126	4.479.366	2.336.967	2.351.452	932.907	6.019.409
TOTAL	27.273.508	413.682.607	262.457.614	661.144.807	72.574.967	111.153.187	30.217.201	168.584.831	115.593.517	369.147.522

Fonte: SEAB/Deral, 2019.

Outro fator importante que pode fomentar a PTF, mas que não foi considerado como insumo nesta pesquisa, é o sistema de irrigação (pivô central) que existe em algumas propriedades rurais paranaenses, de modo mais destacado na região Noroeste do Estado, segundo o relatório síntese da Agência Nacional de Águas (ANA) de 2016.

4.2.2 Análise da Mesorregião Centro Sul

A Figura 6, identifica a localização geográfica da mesorregião Centro Sul paranaense. Esta possui outras seis mesorregiões vizinhas, sendo elas: Sudoeste, Oeste, Centro Ocidental, Norte Central, Centro Oriental e Sudeste.

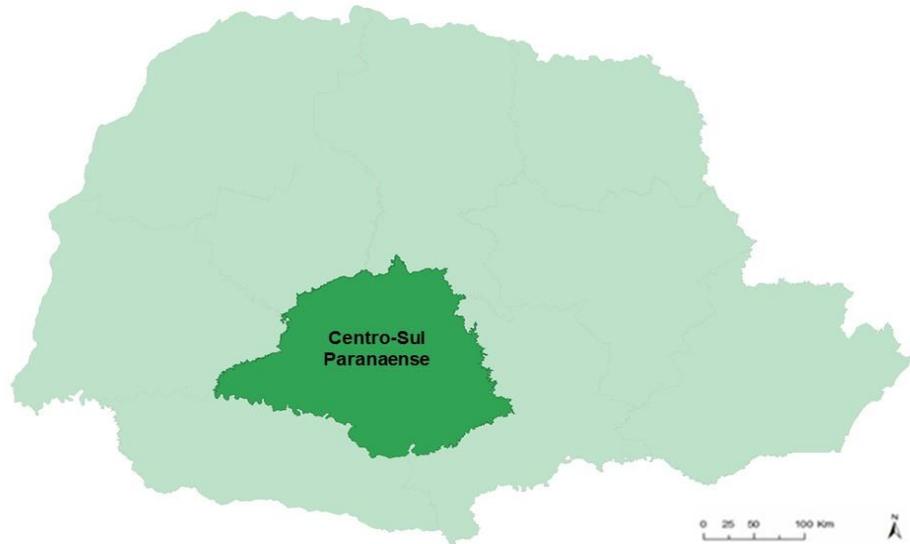
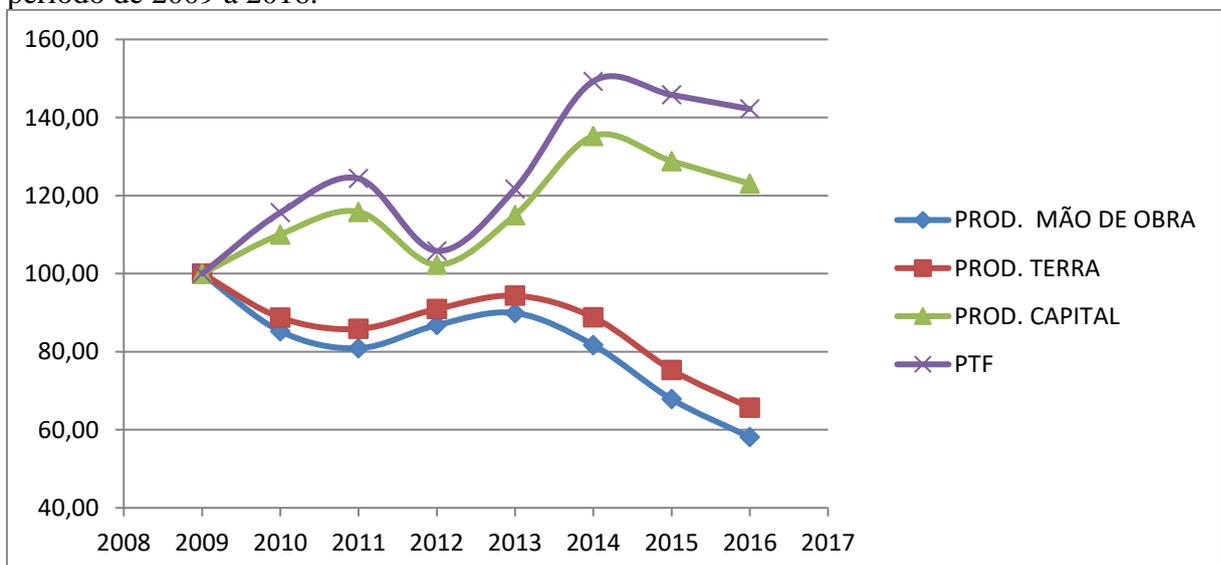


Figura 6. Distribuição Geográfica da Mesorregião Centro Sul no estado do Paraná.
Fonte: O autor, 2019.

A Produtividade de Capital possui correlação positiva com a PTF desta região. Ou seja, o comportamento da curva do índice da PTF é mais sensível com esta variável do que com os demais fatores: Terra e Mão de Obra. Estas duas últimas apresentaram uma tendência negativa, o que possivelmente deixou de influenciar num resultado ainda mais significativa para esta mesorregião (Gráfico 7).

Gráfico 7. Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Centro Sul do Paraná – período de 2009 a 2016.



Fonte: O autor, 2019.

A Tabela 21 deixa evidente os baixos índices da produtividade da Mão de Obra e da Terra para a mesorregião Centro Sul, que não apenas se mostraram abaixo do valor do índice inicial (100) do ano base (2009) durante todo o período analisado, como também estão decrescendo nos últimos anos. Por outro lado, a produtividade do Capital apresenta índices favoráveis (superiores a 100) em todos os anos estudados, alcançando em 2014 seu maior valor, 135,24.

Tabela 21. Índice de Produtividade da Mão de Obra, Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Centro Sul do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital
2009	100	100	100
2010	85,24	88,76	110,04
2011	80,88	85,84	115,82
2012	86,81	90,96	102,3
2013	89,92	94,34	114,98
2014	81,72	88,8	135,24
2015	67,85	75,36	128,84
2016	58,14	65,67	123,07

Fonte: O autor, 2019.

A Tabela 22 mostra que as taxas de crescimento do índice da produtividade da Mão de Obra e da Terra da mesorregião Centro Sul, se mostraram negativas em todos os períodos analisados (2009-2016 – período integral, 2009-2012 – quadriênio inicial e 2012-2016 – quadriênio final), ao contrário do índice da Produtividade do Capital que apresentou taxas de crescimentos positivas em todas os períodos: 1,2% no quadriênio inicial, 1,57% no quadriênio final e 3,42% no período integral. Isso supõe que a região Centro Sul vem priorizando o capital frente aos demais fatores.

Tabela 22. Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Centro Sul do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF
2009-2016	-5,63	-4,22	3,42	5,27
2009-2012	-4,65	-3,13	1,2	2,46
2012-2016	-13,88	-11,76	1,57	4,52

Fonte: O autor, 2019.

Esses resultados do crescimento da produtividade podem ser atribuídos a diversos fatores. Os principais são relacionados ao uso tecnificado do Capital, como por exemplo, a

aquisição de tratores modernos, sementes geneticamente modificadas, defensivos e fertilizantes eficientes.

A exemplo dos resultados encontrados por Gasques *et al.* (2014) para a agricultura brasileira, esta mesorregião também apresenta mudanças acentuadas do lado dos insumos. Terra e trabalho perderam forte participação ao longo dos anos. O capital (tratores, fertilizantes, defensivos e sementes) tem mostrado acentuado aumento na composição dos custos de produção. Esta mesorregião, portanto, vem incorporando novas tecnologias a uma velocidade acelerada.

Com relação a Tabela 19, é possível destacar que a concentração de pecuária (Aves, Bovinos e Suínos) no Centro Sul é a menor, comparativamente com as demais mesorregiões do Estado. Entretanto, especificamente, a atividade de avicultura apresentou um crescimento de 28%, considerando o ano inicial e o final do estudo. Já a bovinocultura e a suinocultura não deixam de ser significativas, porém são cadeias que apresentaram um grau menor de importância para a região.

A mesorregião Centro Sul não apresenta uma concentração representativa de indústrias (abatedouros e fábricas de rações) quando comparadas com outras mesorregiões do Estado. Entretanto, as vizinhas possuem, e isso pode ser explicado pela análise de dependência espacial apresentada pelo *índice de Moran*, mensurado pela metodologia de Análise Exploratória de Dados Espaciais.

4.2.3 Mesorregião Oeste

A mesorregião Oeste pode ser identificada geograficamente através da Figura 7. Esta mesorregião confirmou a hipótese da pesquisa, ou seja, apresentou uma das melhores taxas de crescimento do índice de PTF, classificando-se na terceira colocação no *Ranking* da taxa de crescimento entre as mesorregiões do Estado.

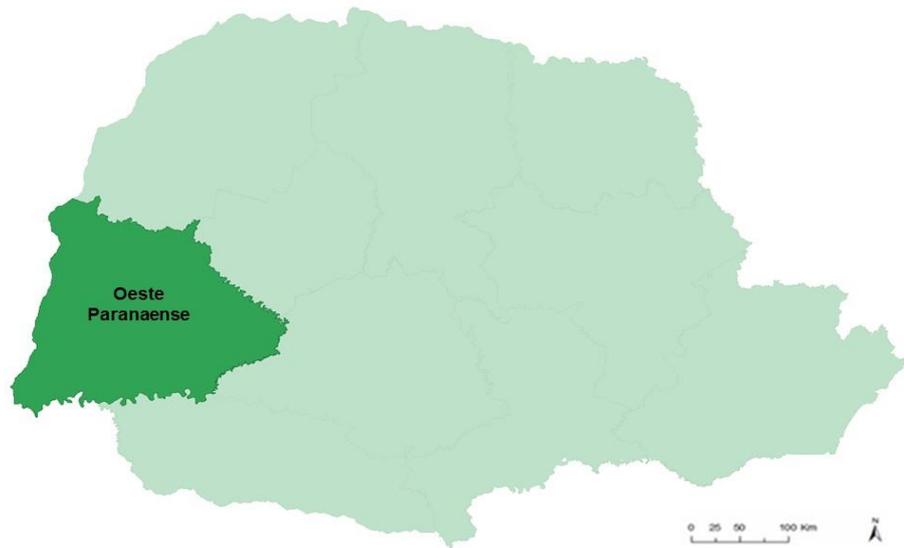


Figura 7. Distribuição Geográfica da Mesorregião Oeste no estado do Paraná
 Fonte: O autor, 2019.

Nesse sentido, é interessante demonstrar a variação ocorrida no índice da produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital da mesorregião Oeste, durante os anos da pesquisa (Tabela 8). Percebe-se que esta mesorregião apresenta comportamento similar entre os índices da Mão de Obra, da Terra e Capital, porém com proporções diferentes. De modo geral, todos os três índices apresentam aumentos progressivos na taxa de crescimento da PTF, salvo nos anos: 2011, 2014 e 2016, os quais apresentaram retração de crescimento.

Tabela 23. Índice de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Oeste do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital
2009	100,00	100,00	100,00
2010	137,05	139,33	155,69
2011	120,81	121,29	120,79
2012	166,72	165,59	134,88
2013	210,26	206,42	160,14
2014	182,20	181,28	156,32
2015	209,43	208,14	174,01
2016	195,50	192,09	145,65

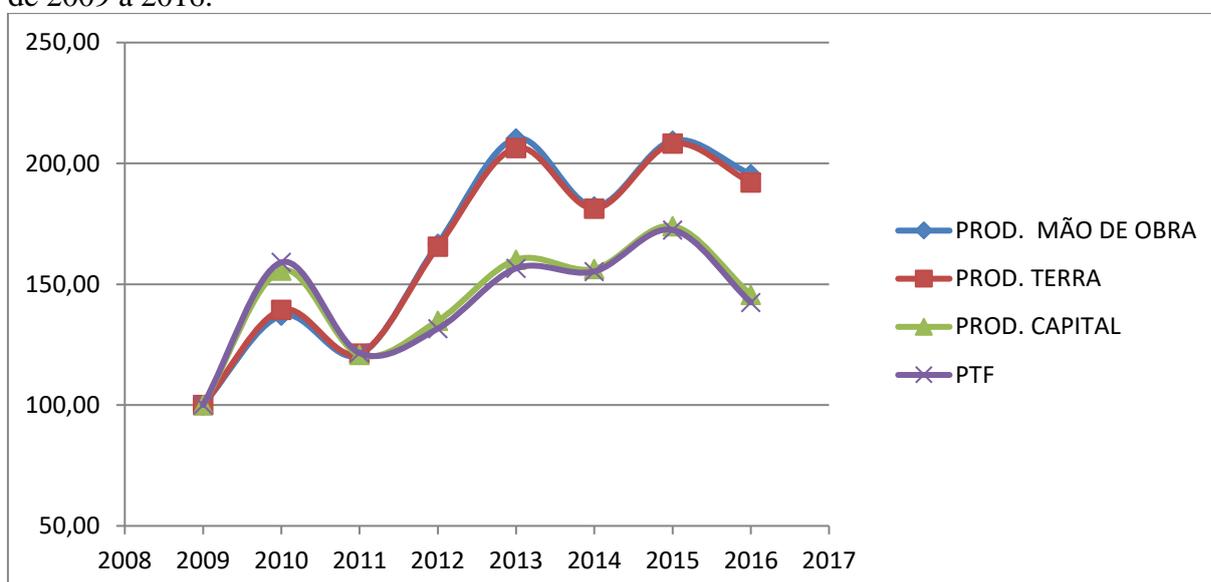
Fonte: O autor, 2019.

Analisando a Tabela 8, a mesorregião Oeste apresentou o maior índice de produtividade para o fator Mão de Obra, especificamente, para o ano de 2013. Com exceção do ano base

(2009), o menor índice de Produtividade apresentado foi no fator Capital, no ano de 2011 (120,79).

A seguir, o índice de Produtividade do Capital possui relação similar de comportamento, no período estudado, com o índice da PTF. Já o índice de Mão de Obra, possui similaridade de comportamento com o índice da Terra (Gráfico 8). Cabe destacar que os índices de Produtividade da Mão de Obra e da Terra desde de 2011 sobressaíram os índices de produtividade do Capital e da PTF.

Gráfico 8. Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Oeste do Paraná – período de 2009 a 2016.



Fonte: O autor, 2019.

A Tabela 24, apresenta taxas de crescimentos positivas para a Mão de Obra, Terra e Capital, além da PTF no quadriênio inicial e no período integral. O contrário ocorre para todos esses fatores no quadriênio final.

Tabela 24. Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Oeste do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF
2009-2016	10,36	9,99	5,04	4,62
2009-2012	15,11	14,73	6,65	5,71
2012-2016	-0,79	-0,77	-1,76	-1,77

Fonte: O autor, 2019.

Vê-se na Tabela 24, que o índice da Produtividade Total dos Fatores apresentou crescimento de 4,62%, o que corresponde a passagem do índice 100 em 2009, para 145,65 em

2016 (Tabela 23). O quadriênio inicial apresentou uma taxa de crescimento de 5,71%, superior ao índice apresentado pelo quadriênio final (-1,77%) (Tabela 24).

A mesorregião Oeste apresentou a melhor relação entre a taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores, com a taxa de crescimento da Produção e a concentração de pecuária e indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos). Além disso, o sistema cooperativista presente nos municípios daquela mesorregião organizam e estruturam o sistema de produção seja a agricultura ou da pecuária, gerando possibilidades de renda aos produtores, por meio de especialização de Mão de Obra e agregando valor as Terras dadas as condições de relevo e fertilidade, bem como introdução de capitais (tratores, fertilizantes, defensivos e sementes) modernos.

4.2.4 Mesorregião Metropolitana de Curitiba

Como apresentado na Tabela 1, a mesorregião Metropolitana de Curitiba, identificada geograficamente pela Figura 8, se classificou na última colocação da taxa de crescimento da PTF entre as mesorregiões do Estado. O resultado indica uma taxa de crescimento negativa da Produtividade no período de 2009 a 2016.

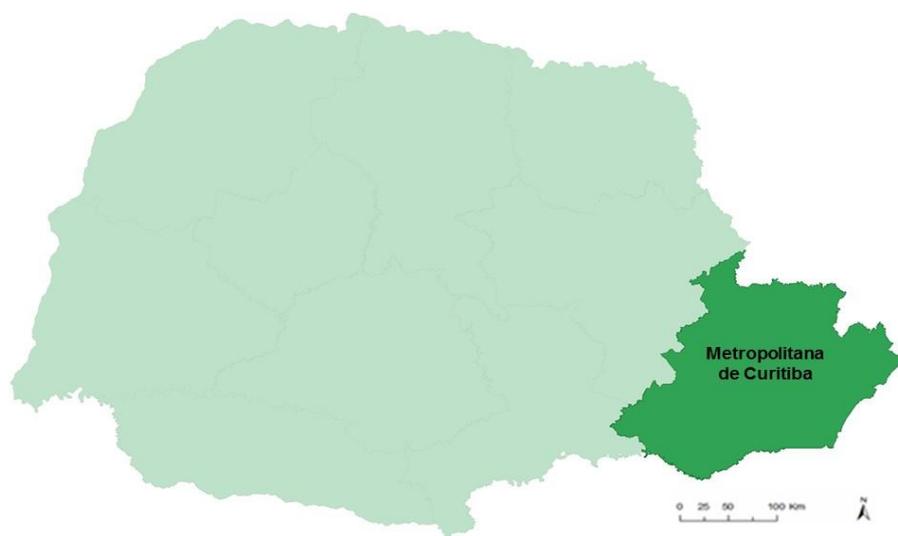


Figura 8. Distribuição Geográfica da Mesorregião Metropolitana de Curitiba no estado do Paraná.

Fonte: O autor, 2019.

Deste modo, torna-se interessante uma análise de comportamento do índice Produtividade da Mão de obra, da Terra e do Capital e do índice da Produtividade Total dos

Fatores, conforme apresentado na Tabela 25, a seguir.

Tabela 25. Índice de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e a Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Metropolitana de Curitiba paranaense – período de 2009 a 2016.

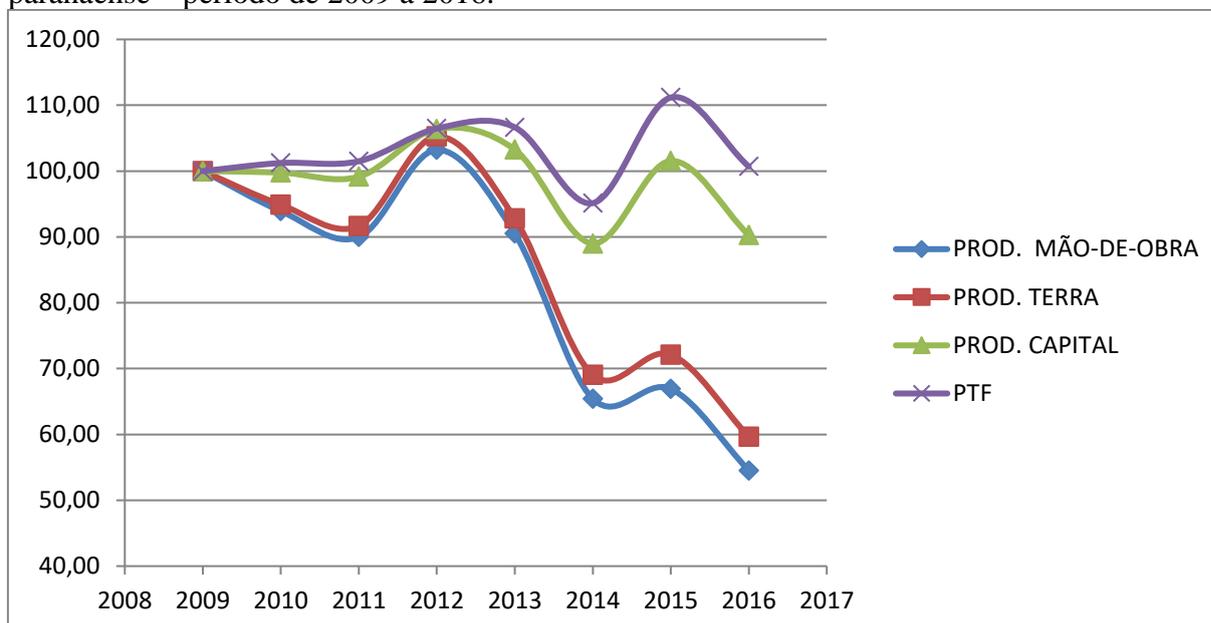
	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital
2009	100	100	100
2010	93,93	94,89	99,78
2011	89,98	91,67	99,14
2012	103,22	105,27	106,4
2013	90,52	92,81	103,26
2014	65,41	69,04	88,99
2015	66,91	72,12	101,54
2016	54,52	59,65	90,29

Fonte: O autor, 2019.

Pela análise da Tabela 25, fica evidente que grande parte dos índices da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital para o milho na mesorregião Metropolitana de Curitiba se encontram abaixo do valor (100) do ano base (2009), demonstrando uma baixa aptidão dessa região no cultivo do milho. Dentre os fatores de produção, o Capital obteve os maiores índices de Produtividade em todos os anos (2010 a 2016). Anualmente, o índice da produtividade do Capital supera os demais, alcançando seu maior valor em 2012 (106,4) e seu menor em 2014 (88,99). Em 2012, os índices da Produtividade para Mão de Obra, Terra e Capital foram os maiores registrados no período da pesquisa, além de todos estarem acima do índice do ano base.

Constata-se também que, assim como ocorrido nas mesorregiões Noroeste e Centro Sul, o comportamento da curva da Produtividade do Capital foi similar à evolução do índice da Produtividade Total dos Fatores. Evidenciando, mais uma vez, que a Produtividade do Capital está diretamente relacionada com a PTF (Gráfico 9). Cabe evidenciar que a mesorregião Metropolitana de Curitiba apresentou taxa de crescimento de produtividade total dos fatores inferior aquele apresentado pelo Paraná (3,27%). Entretanto, o índice de produtividade do capital possui relação similar de comportamento com o índice da PTF. Apesar desta região apresentar uma taxa de crescimento da PTF inferior ao Estado do Paraná, ela apresenta semelhança na similaridade de comportamento dos índices Capital e PTF.

Gráfico 9. Evolução dos Índices de Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da Produtividade Total dos Fatores da cultura do milho na mesorregião Metropolitana de Curitiba paranaense – período de 2009 a 2016.



Fonte: O autor, 2019.

A mesorregião Metropolitana de Curitiba, como pode ser visto na Tabela 26, no período integral apresentou taxa de crescimento do índice de Produtividade da Mão de Obra, Terra e do Capital negativa, sendo que o índice de Produtividade da Mão de Obra foi a que mais decresceu, 8,03%, seguido pela Terra, 6,85% e pelo Capital, 1,16%. No entanto, a taxa de crescimento da PTF, no mesmo período, se mostrou positiva (0,39%).

Tabela 26. Taxa de Crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital e da PTF da cultura do milho na mesorregião Metropolitana de Curitiba do Estado do Paraná – período de 2009 a 2016.

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF
2009-2016	-8,03	-6,85	-1,16	0,39
2009-2012	0,52	1,2	1,81	1,92
2012-2016	-13,91	-12,03	-2,67	-0,17

Fonte: O autor, 2019.

Analisando o quadriênio inicial na Tabela 22, nota-se que todos os índices de crescimento foram baixos, porém positivos, e a Produtividade do Capital foi a que mais se destacou com uma taxa de crescimento de 1,81%. Já no quadriênio final, as taxas de crescimento da Produtividade da Mão de Obra, da Terra e do Capital foram negativas, evidenciando que a região Metropolitana de Curitiba apresenta uma redução significativa do

índice de produtividade da Mão de Obra e da Terra, 13,91% e 12,03%, respectivamente, e em menor proporção, do Capital, 2,67%.

A concentração da pecuária na mesorregião Metropolitana de Curitiba é a menor entre as demais regiões do Estado (Tabela 19). Além disso, esta mesorregião foi a que apresentou a menor taxa de crescimento da PTF, o que é aceitável por ser uma região litorânea onde a cultura do milho não apresenta aptidão para desenvolver-se. Entretanto, a concentração de indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos) é significativa. Desse modo, cabe considerar que a instalação destas indústrias não está apenas relacionada à concentração da pecuária e à produção de milho, mas também à questão logística, que é de suma importância.

4.3 Caracterização espacial do Índice da PTF por meio da Análise Exploratória de Dados Espaciais

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), utilizou a taxa de crescimento da PTF das mesorregiões do Estado do Paraná, obtida por meio do índice de PTF estimado pelo Índice *Tornqvist*, entre os anos estudados (2009 a 2016), para verificar a sua distribuição espacial. As taxas de crescimento da PTF das 10 mesorregiões foram divididas em quatro *quantis*, onde aquela que apresentou a menor pontuação foi a mesorregião Metropolitana de Curitiba (0,39%) e a que apresentou a maior taxa de crescimento do índice de PTF foi a Centro Sul, com 5,27%. A distribuição geográfica da taxa de crescimento do índice da Produtividade Total dos Fatores da cultura do Milho nas mesorregiões do Estado do Paraná é ilustrada na Figura 9. Esta mostra que as mesorregiões com uma maior taxa de crescimento da PTF são as que apresentaram uma coloração mais escura no mapa.

Vale ressaltar que das 10 mesorregiões, três (Centro Sul, Noroeste e Oeste), ou seja, 30% delas, apresentaram taxas de crescimento da Produtividade Total dos Fatores superiores à taxa de crescimento apresentada pelo estado do Paraná (3,27%). As demais mesorregiões (70%) apresentaram taxas abaixo da taxa de crescimento do Paraná.

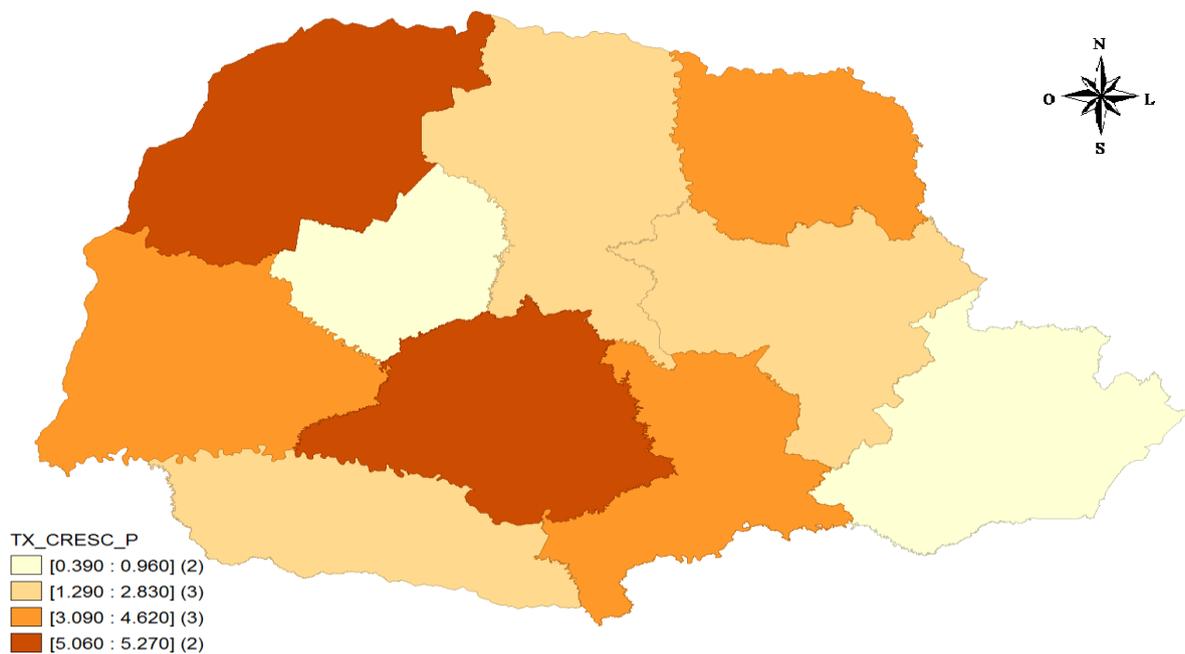


Figura 9. Distribuição Espacial da taxa de crescimento do índice de Produtividade Total dos Fatores da cultura do Milho nas Mesorregiões do estado do Paraná.

Fonte: O autor, 2019.

Neste mesmo sentido, foi utilizada a taxa de crescimento da produção de milho das mesorregiões do Paraná, do mesmo período (Tabela 15) para analisar, por meio da AEDE, se distribuição espacial das taxas de crescimento da PTF e da Produção de milho das mesorregiões possuem similaridades. A seguir, a Figura 10 apresenta a distribuição espacial da taxa de crescimento da Produção das mesorregiões do Paraná.

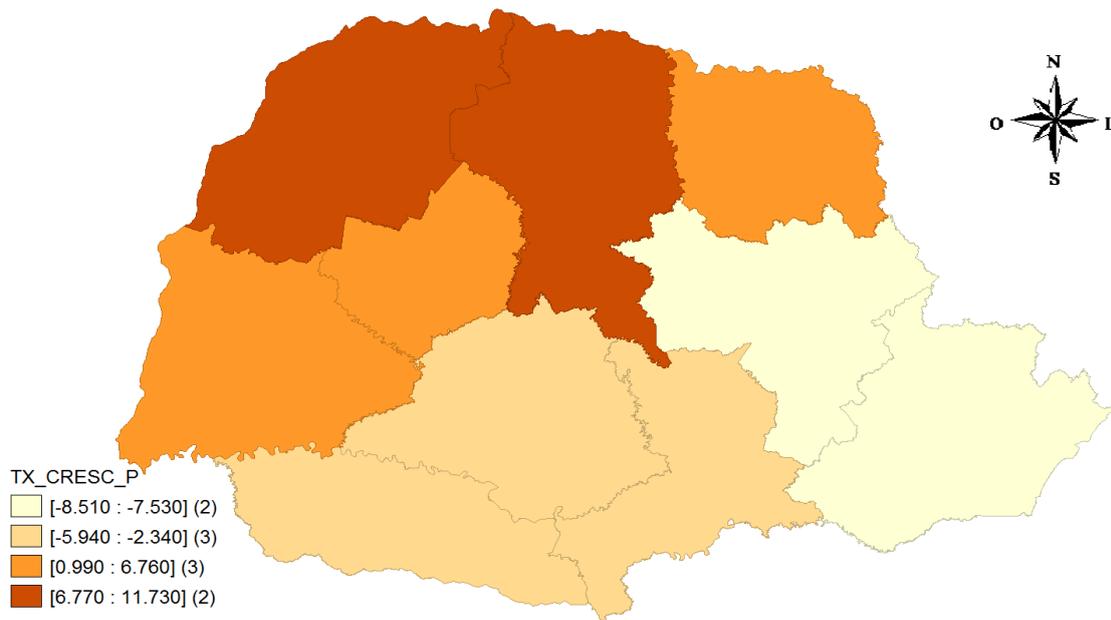


Figura 10. Distribuição Espacial da taxa de crescimento da Produção do Milho nas Mesorregiões do estado do Paraná

Fonte: O autor, 2019.

Neste contexto, pode-se perceber que a taxa de crescimento da PTF (Figura 9) e da Produção (Figura 10) mesorregional, através da distribuição espacial, apresentam disparidades regionais, em virtude de dinâmica produtiva presente em cada região. Entretanto, a distribuição de ambas as taxas de crescimento, leva à indução de que existe relação (salvo exceção) de dependência espacial entre as mesorregiões, ou seja, o resultado de uma mesorregião se propaga, ou influencia, a ocorrência de um fenômeno em sua vizinhança.

Comparativamente, pode-se perceber que as distribuições espaciais da taxa de crescimento da PTF com relação à taxa de crescimento da Produção de milho nas mesorregiões do Estado do Paraná apresentaram similaridade de concentração para as seguintes mesorregiões: Noroeste [6,77 a 11,73], Oeste e Norte Pioneiro [0,99 a 6,76], Sudoeste [-5,94 a -2,34] e a Metropolitana de Curitiba [-8,51 a -7,53].

4.4 Identificação da distribuição Espacial e do Índice de Moran da PTF e da Produção de milho nas mesorregiões paranaenses

Embasado no conceito da dependência espacial, foram verificados os padrões de autocorrelação e identificados os *outliers* espaciais na distribuição da taxa de crescimento da PTF do milho nas mesorregiões, no período de 2009 a 2016. Tal conceito buscou analisar se a taxa de crescimento da PTF de cada uma das Mesorregiões tem relação com a dependência

espacial da taxa de crescimento da PTF da mesorregião vizinha.

Na análise espacial é importante também investigar *outliers* não só no conjunto dos dados, mas também em relação aos vizinhos (CÂMARA, *et al.* 2004). *Outliers* são aquelas observações que não manifestam comportamento padrão dentro de uma amostra, ou seja, não seguem um padrão de dependência espacial similar como a maioria dos dados. Existem duas naturezas de dados espaciais para caracterizar os *outliers*. A primeira delas é caracterizada como *outliers* global e é definida como uma observação que difere muito do restante das outras, tanto para cima, superior, quanto para baixo, inferior. A segunda, são os *outliers* espaciais, sendo identificados em termos de suas observações vizinhas, (ALMEIDA, 2004).

A Tabela 14 apresentada no Capítulo IV, item 4.2, demonstra a taxa de crescimento do índice da PTF da cultura do milho no Paraná e das mesorregiões, bem como o *Ranking* das mesorregiões, para o período de 2009 a 2016. Utilizando essa taxa de crescimento das mesorregiões, obtida pelo Índice *Tornqvist* através do índice da PTF, é possível através da metodologia de AEDE, visualizar por meio da Figura 11, a distribuição espacial da taxa de crescimento da PTF, considerando a presença das mesorregiões *outliers*.

Nesta Figura 11, as mesorregiões identificadas com a cor vermelha, mais escura, são consideradas *Outliers* positivas, ou seja, apresentam taxas de crescimento mais elevadas. Já aquelas que apresentam cor azul mais escura, são consideradas *Outliers* negativos, ou seja, apresentam baixas taxas de crescimento. Dessa forma, as taxas de crescimento da Produtividade Total dos Fatores identificaram as mesorregiões que apresentaram taxas fora do padrão (superiores ou inferiores) das demais. Ou seja: Centro Sul e Noroeste (*Outliers* positivo) e Metropolitana de Curitiba (*Outlier* negativo). As taxas de crescimento apresentadas para essas mesorregiões durante o período da pesquisa foram: 5,27%, 5,06% e 039%, respectivamente.

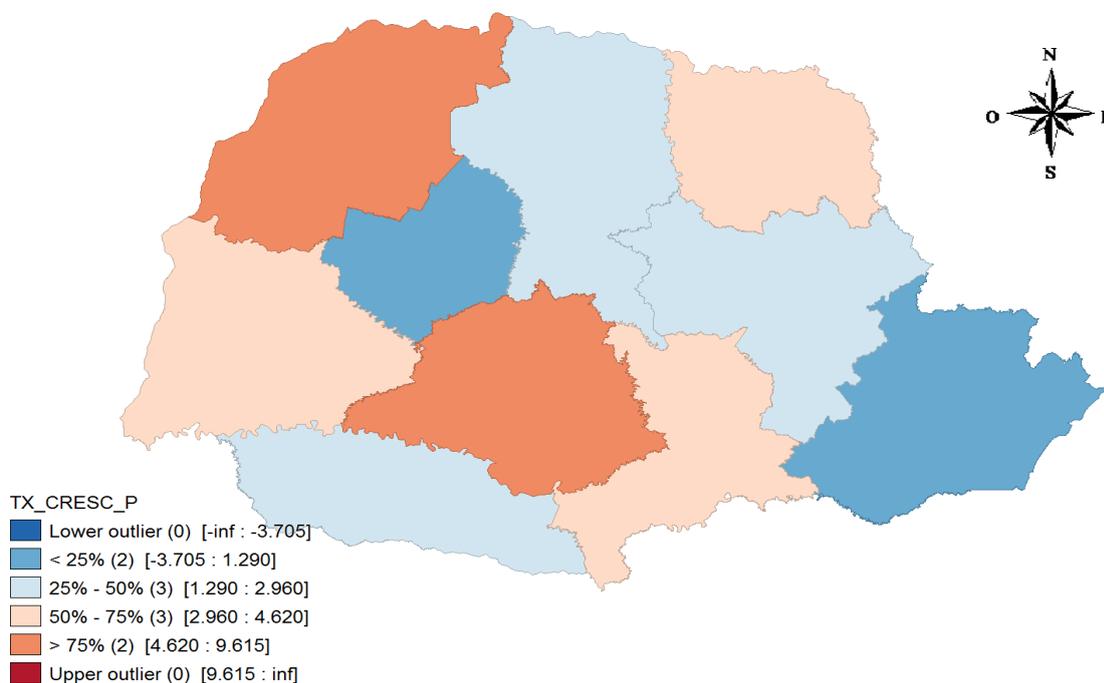


Figura 11. Taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores, considerando as Mesorregiões *Outliers*.

Fonte: O autor, 2019.

As demais mesorregiões concentraram-se entre o intervalo daquelas que são *outliers* (positivo e negativo). Desse modo, cabe destacar que as mesorregiões *Outliers* não seguem o mesmo processo de dependência espacial das demais, exercendo uma suposta influência sobre a média global de autocorrelação.

Assim, a Figura 11 (cartograma) também é comumente usada como forma de representar os *outliers* (valores inferiores e superiores). Este instrumento demuda em polígonos cada mesorregião analisada, onde o tamanho e a cor se torna proporcional ao valor da taxa de crescimento da PTF que a mesorregião obteve. Desse modo, as cores de cada área do mapa correspondem às apresentadas na Figura 10. O que difere é a forma de exposição.

Na Figura 12, pode-se confirmar que um *outlier* denota que sua área não segue o mesmo segmento de dependência espacial das demais e, assim, acaba exercendo uma influência espúria sobre a média global de autocorrelação (RAMÃO, 2008, *apud* TURRA, 2014).

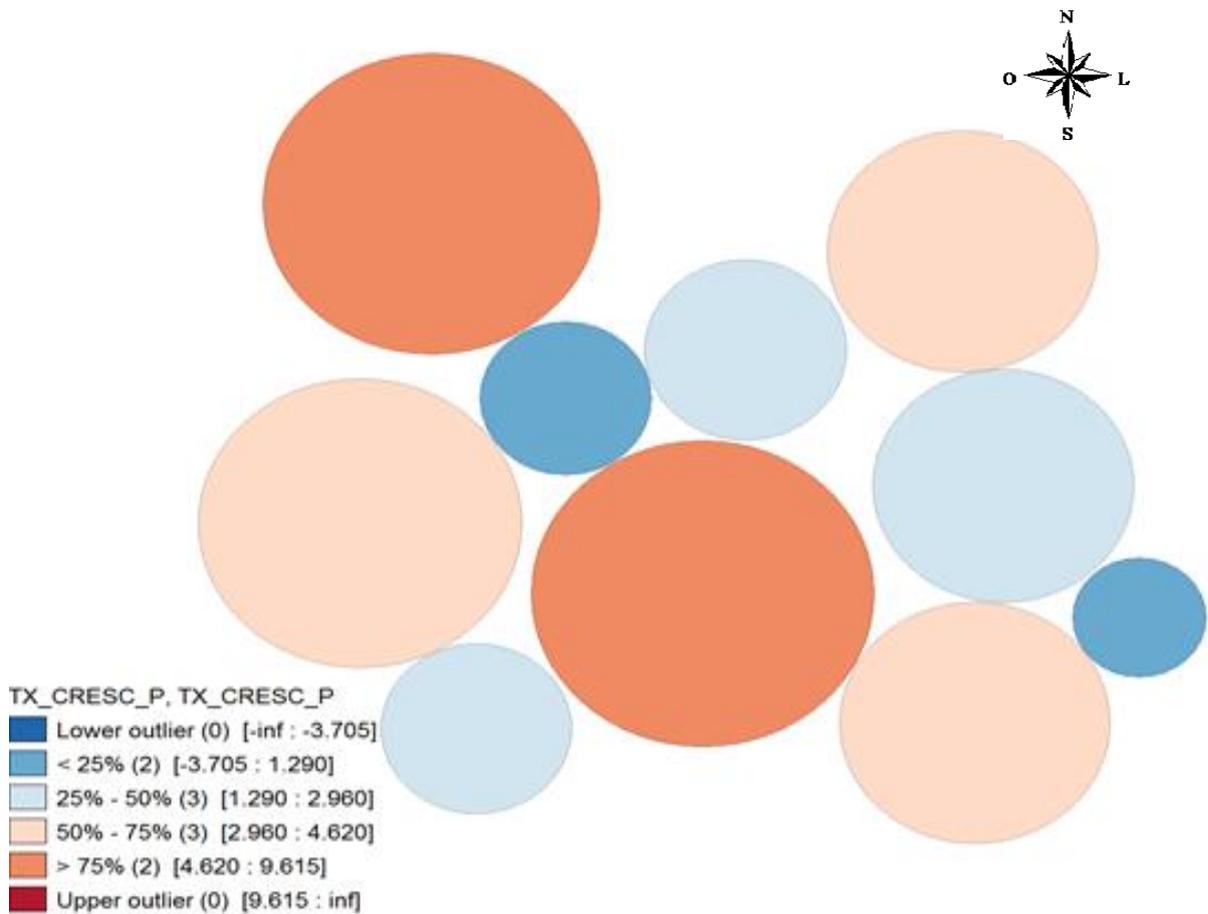


Figura 12. Taxa de crescimento do índice de Produtividade Total de Fatores, considerando as Mesorregiões *Outliers* (Cartograma).

Fonte: O autor, 2019.

Entretanto, apesar de ambas as Figuras (11 e 12) apresentarem informações relevantes, a mera visualização delas pode induzir ao erro. Por isso, é fundamental que sejam realizados testes de aleatoriedade para verificar a tendência geral do agrupamento dos dados.

Desse modo, como forma de identificar a presença de autocorrelação espacial (positiva ou negativa) entre as taxas de crescimento da PTF das Mesorregiões do Paraná, realizou-se o Teste do *I de Moran*, o qual indica a associação espacial global. O *I de Moran* varia de -1 a 1, quantificando o grau de autocorrelação espacial existente. Assim, os valores encontrados pelos *I de Moran* maiores que o valor esperado [$E(I) = -1 / (n-1)$], indicam existência de autocorrelação positiva (Onde: n = número de mesorregiões).

Neste sentido, o estudo em tela apresentou o seguinte valor esperado: [$E(I) = -1 / (10-1)$], ou seja, [$E(I) = -0,111$]. Portanto, valores de *I de Moran* encontrados superiores ao valor esperado [$E(I) = -0,111$], demonstram que há autocorrelação espacial positiva e valores inferiores indicam autocorrelação negativa. Especificamente, neste estudo, tal análise implica

afirmar que as mesorregiões com altas taxas de crescimento da Produtividade Total de Fatores são rodeadas por outras mesorregiões com altas taxas de crescimento da PTF. O contrário também é verdadeiro.

Assim sendo, antes de calcular o *I de Moran Local*, é necessário verificar qual a melhor convenção que se adequa aos dados da PTF disponíveis, uma vez que tal escolha influencia nos cálculos estatísticos. Desse modo, foram calculadas diferentes matrizes (convenções) para a taxa de crescimento do índice da PTF, conforme demonstrado na Tabela 27, onde constatou-se que todas as convenções são significativas.

Tabela 27. Coeficiente do *I de Moran Local* para taxa de crescimento da Produtividade Total dos Fatores das Mesorregiões do Estado do Paraná.

Convenção	Valor	P-valor
Rainha de Ordem 1	0,9768	0,05
Torre de Ordem 1	0,9768	0,05
3 vizinhos mais próximos	0,9625	0,05
4 vizinhos mais próximos	0,6964	0,05
5 vizinhos mais próximos	0,5643	0,05
6 vizinhos mais próximos	0,4363	0,05

Nota: a pseudo-significância empírica é baseada em 999 permutações aleatórias¹³
 Fonte: O autor, 2019.

Seguindo a mesma lógica, na sequência, foram calculadas diferentes matrizes (convenções) para a taxa de crescimento da Produção de milho, conforme demonstrado na Tabela 28, onde também se constatou que todas as convenções são significativas.

Tabela 28. Coeficiente do *I de Moran Local* para taxa de crescimento da Produção das Mesorregiões do Estado do Paraná.

Convenção	Valor	P-valor
Rainha de Ordem 1	0,9489	0,001
Torre de Ordem 1	0,9489	0,001
3 vizinhos mais próximos	0,8751	0,001
4 vizinhos mais próximos	0,7356	0,001
5 vizinhos mais próximos	0,6314	0,001
6 vizinhos mais próximos	0,3612	0,001

Nota: a pseudo-significância empírica é baseada em 999 permutações aleatórias¹⁴
 Fonte: O autor, 2019.

¹³ De acordo com Almeida (2004), cada permutação cria um novo arranjo espacial, pois os valores são redistribuídos entre as áreas.

¹⁴ De acordo com Almeida (2004), cada permutação cria um novo arranjo espacial, pois os valores são redistribuídos entre as áreas.

Assim, é possível observar que apesar de todas as matrizes (convenções) analisadas atestarem a existência de autocorrelação positiva (onde: valor do *I de Moran* > que o valor esperado), de acordo com as Tabelas 27 e 28, a que melhor se destacou foi a de convenção Rainha de Ordem 1 e a Torre de Ordem 1, onde o *I de Moran* foi de 0,9768 e 0,9489, para ambas as taxas de crescimento. Entretanto, para o estudo em tela considerou-se a convenção Rainha de Ordem 1. Assim, cabe considerar que as mesorregiões com taxas de crescimento da PTF e da Produção altas estão rodeadas (fazem fronteira) por mesorregiões com características similares. O contrário também é verdadeiro. Ou seja, nenhuma convenção apresentou autocorrelação negativa, o que implica considerar que não existe dissimilaridade localizacional.

A Figura 13 ilustra a autocorrelação positiva existente entre as mesorregiões, uma vez que o valor encontrado no *I de Moran Local* para a variável taxa de crescimento da PTF, de acordo com a base de convenção selecionada, permitiu constatar a existência de autocorrelação espacial positiva, pois o valor encontrado está acima do valor esperado para essa estatística, sendo de 0,9768.

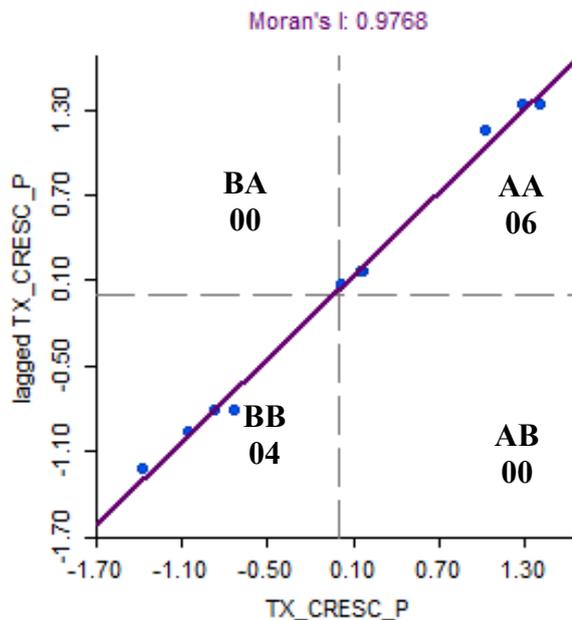


Figura 13. Diagrama de Dispersão de *Moran* da Taxa de crescimento da PTF.
Fonte: O autor, 2019.

O diagrama de dispersão representado pela matriz de convenção “Rainha de ordem 1”, aponta autocorrelação positiva forte. Isto se justifica pela concentração de 60% das mesorregiões no quadrante Alto-Alto (AA) e 40%, no quadrante Baixo-Baixo (BB). Com isso,

pode-se afirmar que mais da metade das mesorregiões paranaenses apresentam taxa de crescimento da PTF alta e seus vizinhos também.

É interessante destacar que, como as mesorregiões concentram-se nos quadrantes AA e BB, não há presença de dispersão espacial e, por isso, rejeita-se a hipótese nula de que a distribuição da taxa de crescimento da PTF nas mesorregiões segue uma distribuição aleatória, indicando a dependência espacial destas mesorregiões com relação à taxa de crescimento da PTF. Assim, o raciocínio contrário se aplica para o quadrante Alto-Baixo (AB) e Baixo-Alto (BA). Ou seja, como não existe mesorregiões concentradas nestes quadrantes, não existe também dissimilaridade entre as mesorregiões. Contudo, o valor *I de Moran* produz uma correlação positiva forte, ou seja, estas regiões formam *clusters* de valores similares, sendo possível afirmar que existe dependência espacial entre as mesorregiões do Paraná.

As localizações que são extremas à tendência central, e que, por isso, não seguem o mesmo processo de dependência espacial que a maioria das observações, são *outliers*, e aquelas que têm grande influência sobre a tendência central são pontos de alavancagem (VARGA, 1998).

Se a reta da regressão de Wz contra z apresentar inclinação positiva, a maioria dos pontos das taxas de crescimento das mesorregiões estão concentradas nos quadrantes AA e BB. Assim para ambos os casos, os resultados apresentados no diagrama de dispersão de *I de Moran* (Figura 13 e 14) mostram uma inclinação positiva na curva. Isso confirma diagramaticamente o que foi dito anteriormente, ou seja, existe autocorrelação espacial positiva.

As mesorregiões que se destacaram no quadrante Alto-Alto do gráfico de dispersão de *I de Moran* (Figura 13) são: Centro Sul (5,27%), Noroeste (5,06%), Oeste (4,62%), Norte Pioneiro (3,10%) e Sudeste (3,09%) e por último, Centro Oriental Paranaense (2,83%). Já no quadrante Baixo-Baixo se encontra as demais mesorregiões, na seguinte ordem: Norte Central Paranaense (1,52%), Sudoeste (1,29%), Centro Ocidental (0,96%) e a mesorregião Metropolitana de Curitiba (0,395).

Relacionando à concentração da pecuária nas mesorregiões paranaenses (Tabela 19) com a concentração da taxa de crescimento das mesorregiões no quadrante AA do *I de Moran*, é possível aceitar a hipótese que a mesorregião Oeste é influenciada pela dependência espacial da taxa de crescimento da PTF e pela concentração da pecuária e das indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos). Porém, com relação às demais mesorregiões como Centro Sul e a Noroeste é possível assimilar que suas taxas de crescimento da PTF são influenciadas pela relação de dependências espacial existente entre as mesorregiões.

A mesma regra de análise segue para a taxa de crescimento da Produção. A Figura 14, ilustra a autocorrelação positiva existente entre as mesorregiões, uma vez que o valor encontrado no *I de Moran Local* para a variável taxa de crescimento da Produção, de acordo com a convenção Rainha de Ordem 1, permitiu constatar a existência de autocorrelação espacial positiva, pois o valor encontrado está acima do valor esperado para essa estatística, sendo 0,9489.

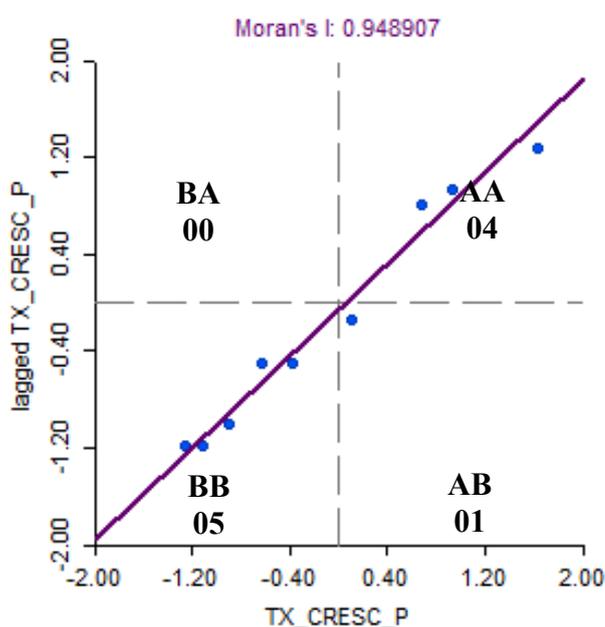


Figura 14. Diagrama de Dispersão de *Moran* da Taxa de crescimento da Produção.
Fonte: O autor, 2019.

O diagrama de dispersão (Figura 14) representado pela matriz de convenção “Rainha de ordem 1” aponta autocorrelação positiva forte. Isto se justifica pela concentração de 40% das mesorregiões no quadrante Alto-Alto (AA), 50%, no quadrante Baixo-Baixo (BB) e apenas 10%, ou seja, uma mesorregião, no quadrante Alto-Baixo (AB). Com isso, pode-se afirmar que metade das mesorregiões paranaenses apresentam baixas taxas de crescimento da Produção e seus vizinhos também.

As regiões que se destacaram no quadrante Alto-Alto foram: Noroeste (11,73%), Norte Central (6,77), Norte Pioneiro (6,76%) e Centro Ocidental (5,03%). No quadrante Baixo-Baixo foram: Sudoeste (-2,34), Sudeste (-4,11), Centro Sul (-5,94%); Centro Oriental (-7,53%) e a Metropolitana de Curitiba (-8,51%). No quadrante Alto-Baixo, a mesorregião: Oeste (0,99%).

É interessante destacar que, como a maioria das mesorregiões concentram-se nos

quadrantes AA e BB, não há presença de dispersão espacial e, por isso, rejeita-se a hipótese nula de que a distribuição da taxa de crescimento da Produção nas mesorregiões segue uma distribuição aleatória, indicando a dependência espacial da maioria das mesorregiões com relação à taxa de crescimento. Salvo exceção, existe uma mesorregião concentrada fora dos quadrantes (AA e BB), o que implica afirmar que também existe dissimilaridade entre as mesorregiões, porém muito fraca. Contudo, o valor *I de Moran* produz uma correlação positiva forte, sendo possível afirmar que existe dependência espacial entre da taxa de crescimento da Produção entre as mesorregiões do Paraná.

Como forma de enriquecer a análise foi comparado quais Mesorregiões se concentraram no mesmo quadrante calculado pelo *I de Moran* para ambas as taxas de crescimento. Desse modo, chegou à conclusão que no quadrante Alto-Alto concentraram-se a mesorregião Noroeste e a Norte Pioneiro. Ou seja, essas mesorregiões apresentaram taxas de crescimento da PTF e da Produção alta e estão rodeadas por mesorregiões vizinhas com a taxas de crescimento altas. No quadrante Baixo-Baixo, para ambas a taxas de crescimento, a mesorregião Sudoeste e a Metropolitana de Curitiba se concentraram.

Vale analisar que as mesorregiões que apresentaram maiores concentrações de indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos) foram, em ordem decrescente, a Norte Central (90), a Oeste (78), a Metropolitana de Curitiba (55), a Sudoeste (45), a Noroeste (26), a Centro Oriental (23), a Centro Sul (19), a Norte Pioneiro e a Centro Ocidental (13) e por último, a Sudeste (10), (Tabela 17). Neste sentido, cabe considerar que as altas taxas de crescimento da PTF e da Produção das mesorregiões não são necessariamente influenciadas pela concentração das indústrias instaladas na região.

Na Figura 15 é apresentado o mapa de *significância* da taxa de crescimento da PTF do milho das mesorregiões. Na geração do *LISA map*, a avaliação da *significância* é feita comparando os valores de LISA obtidos por meio de permutações dos valores dos atributos dos vizinhos (999 permutações definida pelo usuário), sob a hipótese nula (não existência de autocorrelação espacial).

Tal mapa possui três mesorregiões destacadas em verde escuro, as quais estão os regimes estatisticamente significativos a 0,1% e uma mesorregião em regime estatisticamente significativo em 5%. Na Figura 15, a cor cinza da legenda indica que seis mesorregiões não são estatisticamente significativas.

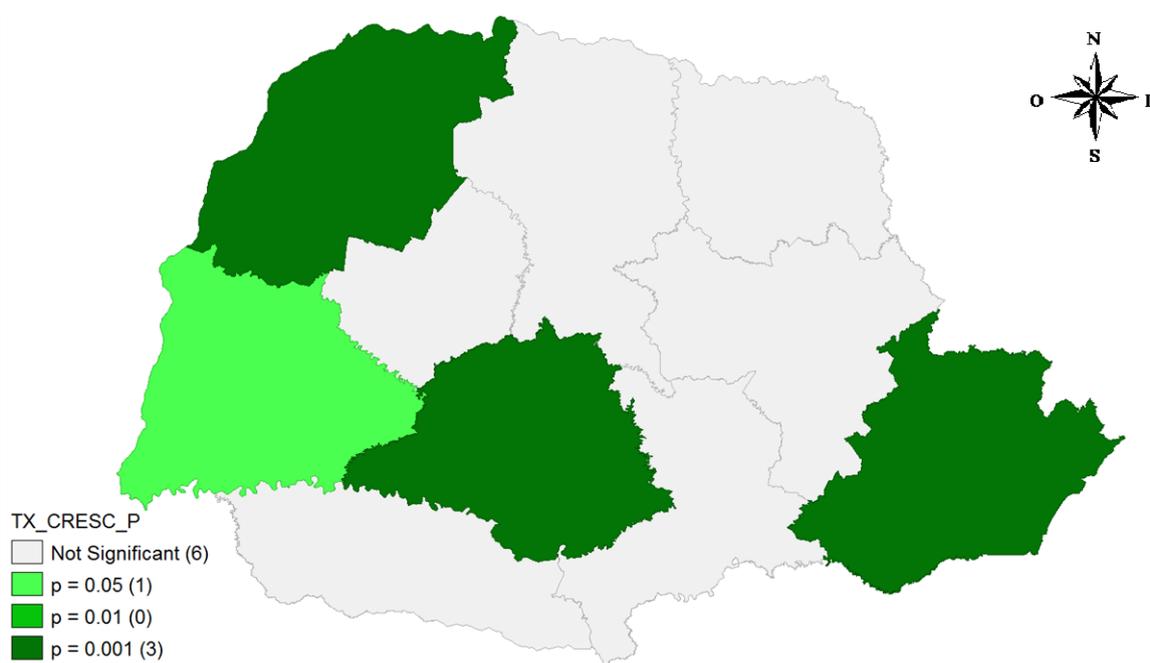


Figura 15. Mapa de *significância* da taxa de crescimento da PTF das mesorregiões do estado do Paraná.

Fonte: O autor, 2019.

Assim, combinando as informações do diagrama de *I de Moran* (Figura 13) com o mapa de *significância* (Figura 15) obtém-se o mapa de *cluster* (Figura 16) dividido em quatro categorias estatisticamente significantes: AA, BB, BA e AB. Importante destacar que para um nível de significância de 5% e 0,1%, os *clusters* persistentes a tal nível merecem atenção. O mapa de *clusters* combina informações do mapa de dispersão de *Moran* e do mapa de *significância* das medidas de associação local. Assim, a formação dos *clusters* da taxa de crescimento da produtividade demonstra que, no período de 2009 a 2016, as mesorregiões estavam distribuídas entre aquelas do tipo Alto-Alto (AA) e Baixo-Baixo (BB).

Deste modo, pode-se concluir que, no presente trabalho, todas as mesorregiões significativas, do ponto de vista estatístico, com Alta taxa de crescimento do índice da Produtividade Total dos Fatores estão rodeadas por outras mesorregiões que se apresentam da mesma forma. Tais mesorregiões encontram-se localizadas principalmente nas regiões Noroeste, Oeste, Centro Sul. Já com Baixa taxa de crescimento, apenas a mesorregião Metropolitana de Curitiba se apresentou estatisticamente significativa a nível de 0,1%.

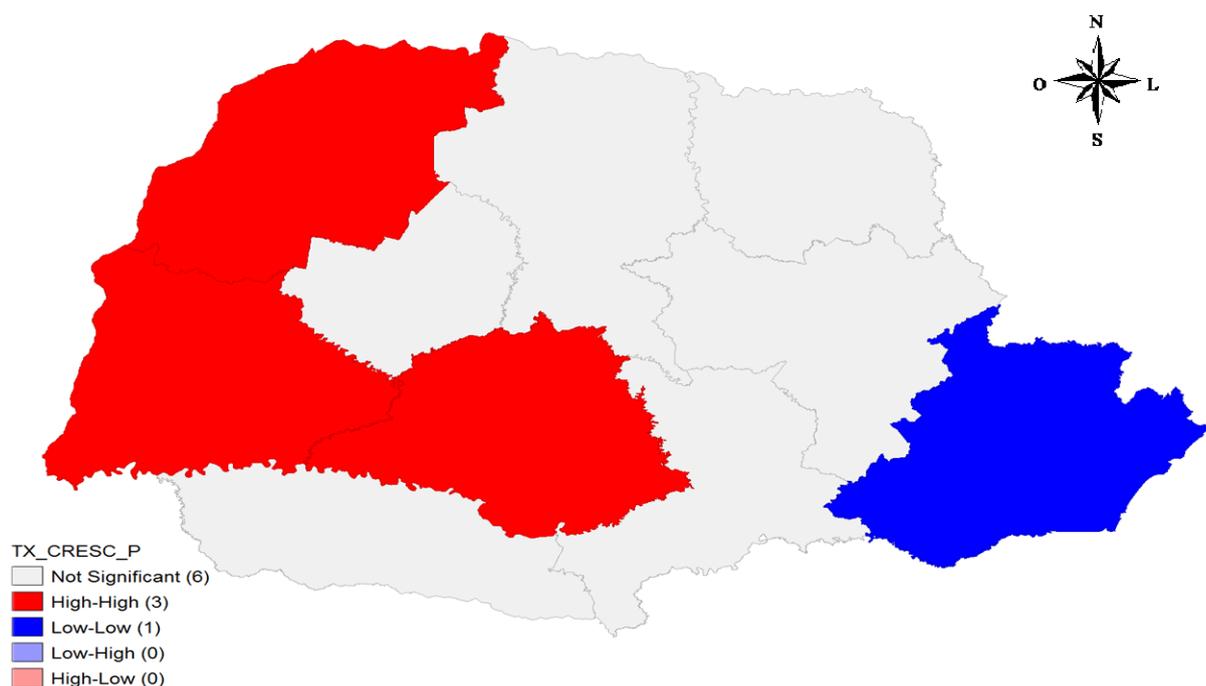


Figura 16. Mapa de *Cluster* da taxa de crescimento da PTF das mesorregiões do estado do Paraná.

Fonte: O autor, 2019.

Observando o mapa de *Cluster* (Figura 16), pode-se perceber que se tem a formação de dois *Clusters*, sendo um do tipo AA e outro do tipo BB. Considerando a significância de 0,1% e 5% e 999 permutações, é possível afirmar que as mesorregiões concentradas nestes quadrantes foram aquelas que apresentaram taxas de crescimento do Índice da Produtividade Total dos Fatores Altas rodeadas por vizinhas com as mesmas características e mesorregiões com taxas de crescimento da PTF Baixas cercadas por vizinhos com taxas de crescimento similares.

Portanto, a Análise Exploratória de Dados Espaciais possibilitou analisar a distribuição espacial da taxa de crescimento da PTF e da Produção, bem como identificar o *I de Moran* que, associado ao mapa de *significância*, pode-se caracterizar os dois *Clusters* gerados. Tal metodologia, possibilitou identificar as mesorregiões paranaenses que concentram a maior taxa de crescimento da PTF e da Produção de milho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde a década de 1980, a Produtividade Total dos Fatores, dada a sua referência internacional na mensuração de índices, tem sido importante instrumento de análise do crescimento do produto da agropecuária brasileira, devido, desta forma, esta pesquisa teve como objetivo determinar as taxas de crescimento da PTF, especificamente, para cultura do milho no estado do Paraná e suas mesorregiões, bem como identificar a distribuição geográfica e a dependência espacial da taxa de crescimento da PTF nas mesorregiões, no período de 2009 a 2016.

Para obtenção do índice da PTF, recorreu-se aos dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, bem como ao banco de dados do Departamento de Economia Rural do Paraná. Por meio da metodologia do Índice de *Tornqvist* foi obtido o índice e estimada a taxa de crescimento da PTF. Para análise da distribuição geográfica e da dependência espacial, utilizou-se da Análise Exploratória de Dados Espaciais.

Comprovou-se que entre os anos de 2009 a 2016, a taxa de crescimento da PTF do milho do Paraná foi de 3,27%. Entre as mesorregiões, a que mais cresceu foi a Centro Sul (5,27%), seguida da Noroeste (5,06%) e Oeste (4,62%). Estas apresentaram crescimento acima da taxa apresentada pelo Estado. A mesorregião que apresentou a menor taxa de crescimento foi a Metropolitana de Curitiba (0,39%).

Especificamente para o Paraná, o Fator que possui maior similaridade com a taxa de crescimento da PTF é a Terra. Entretanto, a Mão de Obra e o Capital foram determinantes para o resultado positivo da taxa de crescimento da PTF do Estado. O crescimento da Produtividade da Terra no Paraná tem relação direta com a incorporações de áreas mais férteis à produção, além da adequada conservação dos solos. Enquanto que a Mão de Obra e o Capital têm relação com a qualificação e investimento em tecnologias (sementes geneticamente modificadas, tratores sofisticados, fertilizantes e defensivos eficientes), respectivamente.

Nas mesorregiões Centro Sul, Noroeste e Oeste paranaense é a Produtividade do Capital que tem comportamento similar com a taxa de crescimento da PTF. Entretanto, para a mesorregião Centro Sul essas produtividades superam a Produtividade da Mão de Obra e da Terra em todo período. Enquanto que para a mesorregião Noroeste e Oeste cabe considerar que a Produtividade da Mão de Obra e da Terra são mais significativas que a do Capital e da PTF, durante todo o período.

Observou-se ainda que a taxa de crescimento da PTF pode ser influenciada pela relação entre a taxa de crescimento da Produção de milho, a pecuária (aves, bovinos e suínos) e a concentração das indústrias (fábricas de rações e abatedouros/frigoríficos), além da dependência espacial da taxa de crescimento da PTF existente entre as mesorregiões. Desse modo, percebeu-se que dentre as mesorregiões estudadas, apenas a Oeste apresentou tais características, confirmando a hipótese deste trabalho.

A presença de indústrias é um fator positivo na obtenção de melhores rendimentos (ÁVILA, 1982). Desse modo, uma melhor taxa de crescimento da PTF pode estar condicionada à concentração de indústrias na mesorregião. Pois, elas demandam proteína vegetal (milho) e animal (carnes). Ou seja, a presença delas fomenta a produção e a produtividade de milho. Entretanto, problemas de dados limitaram a possibilidade de detalhamento desta variável.

O cálculo do *I de Moran Global* evidenciou haver correlação espacial positiva forte. Ou seja, a análise de *cluster* Alto-Alto permitiu confirmar a dependência espacial das mesorregiões que se destacaram acima da taxa de crescimento da PTF do Paraná (Centro Sul, Noroeste e Oeste). Bem como a mesorregião Metropolitana de Curitiba que formou um *Cluster* Baixo-Baixo.

Por fim, os resultados permitem concluir que a taxa de crescimento da PTF tem papel significativo no crescimento da cadeia do milho por meio do uso mais eficiente dos insumos (Mão de Obra, Terra e Capital). Para que a taxa de crescimento da PTF aumente a dependência espacial entre as mesorregiões com *Cluster* Alto-Alto, é necessário fomentar investimentos nos fatores de produções e também promover meios de estimular as atividades pecuárias e industriais.

A limitação deste trabalho está relacionada a escassez de dados, os quais impedem a construção de uma série mais longa. Como proposta, sugere-se que agências de pesquisas levantem e disponibilizem dados ao público, para que trabalhos futuros desta natureza possam ser realizados para outras culturas e outras regiões, de modo que seus resultados possam favorecer uma eficiência da intervenção estatal por meio de políticas públicas direcionadas a alcançar uma similaridade de produtividade entre as regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGHION, P.; HOWITT, P. *Endogenous growth theory*. Cambridge: MIT Press, 1998. 694 p.
- AGRA, N. G. et al.; *Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento*. UFPB, 2001.
- ALMEIDA, E, S. *Econometria espacial aplicada*. Campina, SP: Editora Alínea, 2012.
- ALMEIDA, E, S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. *Curso de econometria espacial aplicada*. Piracicaba: ESALQ-USP, 2004. 125p.
- ALMEIDA, E, S.; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil? *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 46, n. 1, p. 031-052, jan/mar. 2008.
- ALVES, LUCIR REINALDO ET AL. O continuum, a localização do emprego e a configuração espacial do oeste do Paraná. *Revista HEERA*, p. 25-47, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014: relatório síntese / *Agência Nacional de Águas*. Brasília: ANA, 2016.
- ANHESINI, J. A. R.; *Influência Econômica da Agroindústria Canavieira sobre os Municípios Produtores Paranaenses*. 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2011.
- ANSELIN, L. Spatial externalities, spatial multipliers, and spatial econometrics. *International Regional Science Review*, v.26, n. 2, p. 153-166, 2003.
- ANSELIN, L. The Moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: FISHER, M.; SCHOLTEN, H. J.; UNWIN, D. W. (Eds). *Spatial Analytical perspectives in GIS*. Londres: Taylor & Francis. 1996.
- ARAÚJO, E. C. *Análise da produtividade da soja associada a fatores agrometeorológicos, por meio de estatística espacial de área na região oeste do estado do Paraná*. 2012. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – PR, 2012.
- ARAÚJO, P. F. C., et.al. O crescimento da agricultura paulista e as instituições de ensino, pesquisa e extensão numa perspectiva de longo prazo. *Relatório final do projeto contribuição da Fapesp à agricultura do Estado de São Paulo*. São Paulo: FAPESP, 2002. p.172.
- ASSIS, R. L.; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura familiar na região centro-sul do estado do Paraná. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 43, n. 1, p. 155-177, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO – ABIMILHO. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br/>> Acesso em: 5 maio. 2018.
- AVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in agriculture: the role of technological capital. In: *HANDBOOK of Agricultural Economics*. Burlington: Academic

Press, 2010. p. 3769-3822.

AVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in the Brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL*, 33., 1995, Curitiba. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1995. p. 631-657.

ÁVILA, L. G. *Desenvolvimento industrial e rendimento da terra: um estudo de caso*. Fundação Getulio Vargas, 1985.

BALL, V. E. Productivity and output growth in U.S. Agriculture. In: WIEBE, K.; GOLLEHON, N. (Eds.). *Agricultural resources and environmental indicators*. USDA/ERS, July 2006. chap. 3-4.

BARRO, R. Notes on growth accounting. *Journal of Economic Growth*, Boston, v. 4, n. 2, p. 119-137, June 1999.

BARRO, R.; SALA-I-MARTIN, X. *Economic growth*. Cambridge: MIT Press, 2003. 601 p.

BARROS, A. L. M. *Capital, produtividade e crescimento da agricultura: O Brasil de 1970 a 1995*. 1999. 149f. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BONELLI, R.; FONSECA, R. *Ganhos de produtividade e de eficiência: novos resultados para a economia brasileira*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1998. 43p. (IPEA Texto para Discussão, 557).

BRAGAGNOLO, C. ; BARROS, G. S. C. Impactos Dinâmicos dos Fatores de Produção e da Produtividade sobre a Função de Produção Agrícola. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 53, n. 1, p. 31-50, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Cadeia produtiva do milho*. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007.

BRIGATTE, H.; TEIXEIRA, E. C. Determinantes de Longo Prazo do produto e da Produtividade Total dos Fatores da Agropecuária Brasileira no período 1974-2005. *Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR)*. Piracicaba, SP, v. 49, n. 4, p. 815-836, out/dez 2011.

CALDARELLI, C. E. ; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. *Nova economia*, v. 22, n. 1, p. 141-164, 2012.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial de áreas. *Análise espacial de dados geográficos*, v. 2, 2004.

CAVES, D.W.; CHRISTENSEN, L.; DIEWERT, W.E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, v. 50, n. 6, p. 1393-1414, nov. 1982.

CASTRO, C. N. Desafios da agricultura familiar: o caso da assistência técnica e extensão rural. 2015.

CHRISTENSEN, L. R. Concepts and measurement of agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, Lexington, v.57, n.5, p.910-15, Dez. 1975.

COELLI, T. J.; PRASADA RAO, D.S. Total Factor Productivity Growth in Agriculture: A Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980-2000. *Centre for Efficiency and Productivity Analysis*. Working Paper Series. N. 2, Set. 2003.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso: 08 de maio de 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Indicadores da Agropecuária. Quadro de suprimentos. Brazil – Balanço de oferta e demanda. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1538&t=2>>. Acesso em: 30/03/2016.

CORDEIRO, A. et al. *A insustentabilidade do modelo de desenvolvimento agrícola brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1996, p.1-13(mimeo).

CUNHA, A. S.; DAGUER, R. J. Crescimento agrícola: área versus produtividade. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL*, 20., 1982, Curitiba. Anais... Curitiba: SOBER, jul. 1982.

DA SILVA, J. G. *A nova dinâmica da agricultura brasileira*. Campinas, SP: Unicamp, 1998.

DE ALMEIDA CUNHA, A. R. A. Uma crítica à teoria neoclássica sobre a geração de tecnologia para a agricultura. *Nova economia*, v. 2, n. 2, 1991.

DE MELO, CARMEM OZANA; DA SILVA, GERSON HENRIQUE. Caracterização do setor agrícola da região Sudoeste do Paraná. *Revista Faz Ciência*, v. 6, n. 1, p. 255, 2004.

DEL, RAFAEL FUENTES LLANILLO1 MAURO EDUARDO ET AL. Regionalização da agricultura do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência Rural*, v. 36, n. 1, 2006.

DIEWERT, W. E. Axiomatic and economic approaches to international comparisons. In: HESTON, A.; LIPSEY, R. E. (Eds.) *International and interarea comparisons of income, output and prices*. Chicago: National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, 1999. p. 13-87 (NBER and CRIW Studies in Income and Wealth, 61).

DIEWERT, W. E., NAKAMURA, A. O. *The Measurement of Aggregate Total Factor Productivity Growth*. UBC Department of Economics, Vancouver, nov., 2002.

DINIZ, S. S. *Análise Espacial da Produtividade da Laranja dos Municípios do Estado de São Paulo: 2002-2010*. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, 2012.

EASTERLY, W. *The elusive quest for growth: economists' adventures and misadventures in the tropics*. Cambridge: MIT Press, 2002. 356 p.

ELLERY JR, Roberto. Produtividade total dos fatores no Brasil no período pós-reformas. *Economia Aplicada*, v. 21, n. 4, p. 617-633, 2017.

EVENSON, R. E.; PRAY, C. E.; ROSEGRANT, M. W. Agricultural research and productivity

growth in india. *Research Report*, Washington, n. 109, 1999.

FÄRE, R., et. al. Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach. *Review of Economics and Statistics*. v. 71, p. 90-98, Fev. 1989.

FÄRE, R., et. al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review*, v. 84, n. 1, p. 66-83, mar.1994.

FERREIRA, L. R. Sources of Growth in Brazilian Agriculture Revisited: The Crop Sector. International Association of Agricultural Economists. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ECONOMISTS*, 21., 1991, Tokyo. Anais... Japan, Aug. 1991.

FERREIRA, M. O; RAMOS, L. M.; ROSA, A. L. T. Crescimento da agropecuária cearense: comparação entre as produtividades parciais e total. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v.44, n.3, Jul/Set. 2006.

FIGUEIREDO, A. T. *Mensuração e análise da produtividade total dos fatores agregada no Brasil: aplicação da abordagem de bootstrap ao índice de Malmquist*. 2007. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

FONSECA, R. M. Função de produção para à agricultura e produtividade total dos fatores – Brasil, 1995-96. 2007. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP, 2007.

FONTES, P. V. S. *Produtividade total dos fatores: revisão da literatura e uma aplicação exploratória para a cultura do milho usando os dados dos censos agropecuários*. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – PPGCE, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, 2012.

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. *Heterogeneidade estrutural na produção agropecuária: uma comparação da produtividade total dos fatores no Brasil e nos Estados Unidos*. Texto para Discussão, 2013.

FUGLIE, K. Total factor productivity in the global agricultural economy: evidence from FAO Data. In: *The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide*, the Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center. Iowa: Iowa State University, 2010. p. 63–95.

FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. Agricultural productivity in developing countries. *Journal of Agricultural Economics*, 19, 45-51.fev. 1998.

FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. LDC agriculture: Nonparametric Malmquist productivity indexes. *Journal of Development Economics*, 53, 373-390. Ago. 1997.

FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. Prices and Productivity in Agriculture. *Review of Economics and Statistics*, 75, 471-482. Ago. 1993.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T.; VALDES, C.. Produtividade Da Agricultura Brasileira ? Algumas Atualizações. In: 57o. Congresso da Sober, 2019, Ilheus/BA. *57º Congresso Da Sociedade Brasileira De Economia, Administração E Sociologia Rural*.

Brasília, 2019.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. Receita para crescer. *AgroANALYSIS*, 27(6), 18-19, 2007.

GASQUES, J. G., BASTOS, E. T., BACCHI, M. R. P. e VALDES, C. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos Censos Agropecuários. In: *Encontro Nacional De Economia - ANPEC*, 38, 2010, Salvador. Anais ..., 2010, Salvador: ANPEC. 1 CD-ROM.

GASQUES, J. G., et. al. Condicionantes da produtividade na agropecuária brasileira. *Revista de Política Agrícola*, v. 13, n. 3, p. 73-90, 2004.

GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. *Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira*. Brasília: IPEA, jul. 1997. (Texto para Discussão, 502).

_____. *Transformações estruturais da Agricultura Total dos Fatores*. Brasília: IPEA, nov. 2000, (Texto para Discussão, 768).

GASQUES, J.C. e VILLA VERDE. *Crescimento da agricultura brasileira e política agrícola nos anos oitenta*. Brasília: IPEA, nov 1990 (Texto para Discussão, 204).

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. Produtividade e fontes de crescimento da agricultura brasileira. In: DE NEGRI, J. A.; KUBOCA, L. C. (Org.). *Políticas de incentivo à inovação tecnológica no Brasil*. Brasília: IPEA, 2008. p. 435-462.

GRANDE, M. L. M. *Caracterização dos produtores de soja e milho no município de Londrina-PR / Marcela Laiz Mora Grande*. Dissertação. Programa de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual do Norte do Paraná. Bandeirantes, 2014. 57 f.

HALL, R. E.; JONES, C. I. Why do some countries produce so much more output per worker than others?. *The quarterly journal of economics*, v. 114, n. 1, p. 83-116, 1999.

HEADEY D.; M. ALAUDDIN; D.S. PRASADA RAO. Explaining agricultural productivity growth: an international perspective. *Agricultural Economics*, n.4, p.1-14, 2010.

HYBNER, B, R, *Convergência da Produtividade Total dos Fatores da Agricultura nas Microrregiões do Sul do Brasil no período 2006-2017*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2019.

INSTITUTO PARANANENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. *Leituras Regionais: Mesorregiões geográficas do Paraná*. Curitiba, 2004.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL *Referências ambientais e socioeconômicas para o uso do território do Estado do Paraná: uma contribuição ao zoneamento ecológico-econômico – ZEE / Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social*. – Curitiba: IPARDES, 2006. 160 p

IPARDES – 2012. Disponível em: < <http://www.ipardes.gov.br> > Acesso em: 05 de abril de 2018.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Sobre o Paraná – Setores Econômicos – Agropecuária*. Disponível em <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1>. Acesso: 26.set.2015.

ISLAM, N. International Comparison of Total Factor Productivity: A Review. *Review of Income and Wealth*, 45, 493–518, 1999.

JONES, C. *Introduction to economic growth*. New York: W.W. Norton, 2002. 237 p.

JORGENSEN, D; GRILICHES, Z. The explanation of productivity change. *The Review of Economic Studies*, London, v. 34, n.3, p. 249-283, 1967.

KALDOR, N.; MIRRLEES, J. A new model of economic growth. *Review of Economic Studies*, London, v. 29, n. 3, p. 174-192, June 1962.

KRASACHAT, W. Deforestation and productivity growth in thai agriculture. In: *International Symposium on Sustaining Food Security and Managing Natural resources in South East Asia about Challenges for the 21st century*, Thailand, 2002.

LEMA, D.; PARELLADA, G. *Productivity and competitive advantage of the argentinean agriculture*: INTA. Buenos Aires: Instituto de Economía y Sociología, 2000.

LOPES, J. L. *Avaliação do processo de convergência da produtividade da terra na agricultura brasileira no período de 1960 a 2001*. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MANKIW, N. G. *Macroeconomia*. São Paulo: LCT, 2004. 379 p.

MARTINE, G. Fases e faces da modernização agrícola brasileira. *Planejamento e Políticas Públicas*, v.1, n.3, p.3-44, jun. 1990.

MATOS, P. F.; PESSOA, V. L. S. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. *Geo Uerj*, v. 2, n. 22, p. 290-322, 2011.

MEDEIROS, E. R.; BARBOSA, O. C. Modernização da Agropecuária no Paraná: Um estudo com base na análise fatorial e espacial para 1995 e 2006. In: *Encontro Paranaense de Economia*. 10., 2013, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Anais... Toledo, 2013.

MELO, C. O. ; PARRÉ, J. L. Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 45, n. 2, p. 329-365, 2007.

MENDES, G. M.; TEIXEIRA, E. C. ; SALVATO, M. A. Produtividade total dos fatores e crescimento econômico na agropecuária brasileira: 1970-2006. *Encontro Nacional Da Anpec*, v. 41, 2013.

MUELLER, C. C.; MARTINE, G. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brazil - A década de 1980. *Revista de Economia Política*, v. 17, n. 3, p. 85-104, jul/set. 1997.

MUNDLAK, Y. *Agriculture and economic growth: theory and measurement*. Cambridge:

Harvard University Press, 2000. 504 p.

NAVARRO, Z. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. *Estud. av.* [online]. 2001, vol.15, n.43, pp. 83-100, 2001.

NGOC QE, N.; GOLETTI, F. Explaining Agricultural Growth in Vietnam. *Agrifood Consulting International*, Jun. 2001.

NIN, A., et. al. Bridging the Gap between Partial and Total Factor Productivity Measures Using Directional Distance Functions. *American Journal of Agricultural Economic.* v. 85, N. 4, p. 928-942, Nov. 2003.

OCEPAR. *Cooperativismo: O Cooperativismo no Paraná.* Disponível em: <<http://www.paranacooperativo.coop.br/ppc/index.php/sistema-ocepar/2011-12-05-11-29-42/2011-12-05-11-42-54>> Acesso em: nov. 2019.

PAIVA, Ruy Miller. O mecanismo de autocontrole no processo de expansão da melhoria técnica da agricultura. *Revista Brasileira de Economia*, v. 22, n. 3, p. 5-38, 1968.

PATRICK, G. F. Fontes de crescimento da agricultura brasileira: o setor de culturas. In: CONTADOR, C. R. *Tecnologia e Desenvolvimento Agrícola.* Rio de Janeiro: IPEA/INPES, 1975, p. 89-110.

PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; ALVIM, M. I. S. A.; FERREIRA, P. G. C. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 65-91, jan/abr. 2007.

PIESE, J.; LUSIGE, A.; SUHARIHANTO, Q.; THIRTLE, C. Multi-factor agricultural productivity and convergence in botswana, 1981–96. *Journal of Development Economics.* v. 71. n. 2. p. 605–624, 2001.

PINHEIRO, M. A.; PARRÉ, J. L.; LOPES, R. L.; Estudo exploratório espacial da agropecuária paranaense. In: *Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos.* 5. 2007, Recife. Anais... Recife: Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (ENABER) 2007. CD-ROM.

RAO, D. S. P.; TIMMER, M. P. Purchasing power parities for industry comparison using weight Elteto-Koves-Szulc (EKS) methods. *Review of Income and Wealth*, v. 49, n. 4, p. 491-511, Dec. 2003.

RAMÃO, F.P. *Espaço urbano e criminalidade violenta: análise da distribuição espacial dos homicídios no município de Cascavel/PR.* 2008. 110f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, PR, 2008.

ROMANO, L. O. Productividad Agropecuaria: Evolución, Estado Actual y Tendencias Futuras. Boletim Técnico. ICA, *División Planeación Estratégica*, 1993

ROMER, P. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, Chicago, v. 98, n. 5, p. 75-102, Oct. 1990.

SANT'ANNA, A. P.; OLIVEIRA, C. A. Análise da produtividade do setor odontológico do sistema de saúde da marinha utilizando o índice de Malmquist. In: *Encontro Nacional De Engenharia De Produção*, 22., 2002, Curitiba. Anais... Curitiba, PR: ANEGEP, Out. 2002.

SANTOS, R. F. Análise crítica da interpretação neoclássica do processo de modernização da agricultura brasileira. In: SANTOS, R. F. *Presença de vieses de mudança técnica da agricultura brasileira*. São Paulo: USP/IPE, p.39-78, 1986.

SCHULTZ, T. W. *A transformação da agricultura tradicional*. Rio de Janeiro: Zahar, 1965.

SECEX- Secretaria do Comércio Exterior – Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/base-de-dados-do-comercio-exterior-brasileiro-arquivos-para-download/9-assuntos/categ-comercio-exterior>> Acesso em: 10 de abril de 2018.

SHAMSUDIN, M. N.; RADAM, A.; ABDLATIF, I. Productivity in the Malaysian Agriculture Sector. In: *Seminar On Repositioning The Agriculture Industry In The Next Millennium*, 1999. Anais... Department of Agribusiness and Information System. Faculty of Agriculture, UPM, Jul. 1999.

SOLOW, R. Technological change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics, Cambridge*, v. 39, n. 3, p. 312-320, Aug. 1957.

SOUZA, R. M.; PEROBELLI, F. S. Diagnóstico espacial da concentração produtiva do café no Brasil, no período de 1991 a 2003. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 5, n. 3, p. 353- 378. 2007.

STEGE, A. L. *Desenvolvimento rural nas microrregiões do Brasil: um estudo multidimensional*. 2011. 137F. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2011.

Trueblood, M. A., & Coggins, J. (2003). *Intercountry agricultural efficiency and productivity: a Malmquist index approach*. < <http://www.apec.umn.edu/faculty/jcoggins>> Acesso em 18 de out de 2016.

TURRA, S. *Caracterização e distribuição espacial do Desenvolvimento Sustentável dos municípios do sudoeste do Paraná*. 2014. 109 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2014.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Disponível em:< <http://alicesweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em 18 de out de 2016.

VARGA, A. *University research and regional innovation: a spatial econometric analysis of academic technology transfers*. Boston/ Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 1998.

VICENTE, J. R.; NEVES, E. M. Contribuição da educação, pesquisa e assistência técnica para a elevação da produtividade agrícola na década de 70. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 19-48, 1990.

VICENTE, J. R. Mudança Tecnológica, eficiência e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira, 1970-1995. *Economia Aplicada*, v. 8, n. 4, p. 729-760, out/dez. 2004.

_____. Comparação de produtividade agrícola entre as Unidades de Federação, 1970-1995. *Agricultura em São Paulo*, v. 53, n. 2, p. 69-83, 2006.

_____. Produtividade total de fatores e eficiência no setor de lavouras da agricultura brasileira. *Revista de Economia e Agronegócio*, 2011, 9.3.

_____. Produtividade total dos fatores no setor de lavoura da agricultura brasileira. *Revista de Economia e Agronegócio (REA)*, v. 9, n. 3, p. 303-24, set/dez. 2012.

VICENTE, J.R.; ANEFALOS, L.C.; CASER, D.V. Produtividade agrícola no Brasil, 1970-95. *Agricultura em São Paulo*, v. 48, n. 2, p. 33-55, 2001.

WIEBE, K. D.; SOULE, M. J.; SCHIMMELPFENNIG, D. E. Agricultural productivity for sustainable food security in sub-Saharan Africa. *FAO Economic and Social Development Paper*, p. 55-74, 2001.

YAGUSHI, J.T. Milho – *Análise da Conjuntura Agropecuária*. Departamento de Economia Rural/ Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Curitiba, 2012.

ANEXO - Tabela 29 - Variação Tecnológica, variação de eficiência e variação na PTF durante o período de 1980-2000.

Posição	País	Variação de eficiência	Variação tecnológica	Variação na PTF
1	China	1,044	1,015	1,060
2	Camboja	1,024	1,033	1,057
3	Argélia	1,033	1,013	1,046
7	Burundi	1,015	1,030	1,046
8	Arábia Saudita	1,031	1,010	1,042
9	Angola	1,061	0,978	1,037
10	Nigéria	1,016	1,020	1,037
11	África do Sul	1,014	1,023	1,037
12	Laos	1,022	1,011	1,034
13	Canadá	1,000	1,033	1,033
14	Dinamarca	1,009	1,022	1,032
15	Costa Rica	1,003	1,026	1,028
16	Mongólia	1,000	1,028	1,028
17	Estados Unidos	1,000	1,026	1,026
18	Portugal	1,019	1,007	1,026
19	Austrália	1,000	1,026	1,026
20	Cuba	1,005	1,020	1,025
21	Sudão	1,016	1,008	1,024
22	Bangladesh	1,007	1,017	1,024
23	Vietnã	1,027	0,997	1,024
24	Paquistão	1,012	1,011	1,023
25	Romênia	1,008	1,015	1,023
26	Gana	1,010	1,012	1,022
27	Malavi	1,013	1,009	1,002
28	Holanda	1,000	1,022	1,022
29	Senegal	1,008	1,013	1,021
30	Polônia	1,015	1,007	1,021
31	Suíça	1,000	1,021	1,021
32	Brasil	1,001	1,019	1,020
33	Irã	1,013	1,008	1,020
34	Bulgária	1,014	1,006	1,020
35	França	1,000	1,020	1,020
36	Moçambique	1,031	0,988	1,019
37	Tunísia	1,011	1,008	1,018
38	Nicarágua	1,014	1,004	1,018
39	Mianmar	1,008	1,011	1,018
40	Grécia	1,007	1,010	1,017
41	Marrocos	1,004	1,012	1,016
42	México	1,011	1,004	1,015
43	Peru	1,011	1,004	1,015
44	Costa do Marfim	1,000	1,014	1,014
45	Colômbia	1,001	1,013	1,014
46	Índia	1,008	1,006	1,014
47	Austrália	1,000	1,014	1,014
48	Reino Unido	1,001	1,013	1,014
49	Alemanha	1,003	1,011	1,013
50	Egito	1,000	1,012	1,012
51	Bolívia	1,000	1,011	1,011
52	Chile	0,998	1,013	1,011
53	Finlândia	1,002	1,009	1,011
54	Irlanda	1,000	1,011	1,011
55	República Dominicana	1,000	1,010	1,010
56	Nepal	1,010	1,000	1,010

Continua

Posição	País	Variação de eficiência	Variação tecnológica	Variação na PTF
57	Espanha	1,009	1,001	1,010
58	Camarões	1,000	1,009	1,009
59	Turquia	1,005	1,004	1,009
60	Itália	1,000	1,009	1,009
61	Zimbabué	0,997	1,011	1,008
62	El Salvador	1,000	1,008	1,008
63	Filipinas	1,000	1,008	1,008
64	Venezuela	0,997	1,009	1,006
65	Quênia	1,000	1,005	1,005
66	Guatemala	1,000	1,005	1,005
67	Israel	1,000	1,004	1,004
68	Malásia	1,000	1,004	1,004
69	Nova Zelândia	1,000	1,004	1,004
70	Tanzânia	1,013	0,990	1,003
71	Honduras	1,000	1,003	1,003
72	Equador	1,000	1,003	1,003
73	Hungria	1,000	1,003	1,003
74	Suécia	0,992	1,012	1,003
75	Siri Lanka	1,004	0,998	1,002
76	Japão	0,993	1,009	1,002
77	Uruguai	1,000	1,000	1,000
78	Madagascar	1,008	0,990	0,998
79	Níger	0,995	1,004	0,998
80	Burkina Faso	0,990	1,007	0,997
81	Bel-lux	1,000	0,996	0,996
82	República da Correea	1,000	1,000	0,995
83	Tailândia	0,994	1,000	0,995
84	Noruega	0,986	1,010	0,995
85	Nova Guiné	1,000	0,992	0,992
86	Síria	0,982	1,007	0,899
87	Paraguai	1,000	0,984	0,984
88	Mali	0,982	1,001	0,983
89	Indonésia	0,978	1,003	0,981
90	Uganda	1,000	0,977	0,977
91	Iraque	0,968	1,008	0,976
92	Argentina	1,000	0,973	0,973
93	Ruanda	1,000	0,967	0,967
94	Guiné	1,006	0,958	0,964
95	Haiti	1,000	0,957	0,957
96	Chade	1,000	0,947	0,947
	Média	1,005	1,006	1,011

Fonte: COELLI e PRASADA RAO, 2003.

APÊNDICE- Tabelas Complementares

Tabela 30 - Meso 1 - Centro Sul, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	85,24	88,76	110,04	115,62	84,85	73,39	99,55	95,60	77,11
2011	80,88	85,84	115,82	124,36	80,41	64,66	99,42	93,68	69,43
2012	86,81	90,96	102,30	105,83	87,37	82,56	100,64	96,05	85,41
2013	89,92	94,34	114,98	121,72	89,52	73,55	99,56	94,89	77,85
2014	81,72	88,80	135,24	149,28	81,08	54,32	99,22	91,31	59,95
2015	67,85	75,36	128,84	145,80	67,22	46,10	99,07	89,20	52,17
2016	58,14	65,67	123,07	142,17	57,49	40,44	98,88	87,54	46,71

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 31 - Meso 2 – Norte Central, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	129,10	130,41	141,53	143,46	128,88	89,84	99,83	98,82	91,06
2011	132,27	131,54	124,50	123,88	132,24	106,75	99,98	100,53	106,21
2012	199,85	196,52	148,95	143,83	201,68	140,22	100,91	102,63	135,40
2013	179,12	175,06	134,74	131,13	179,50	136,89	100,21	102,54	133,22
2014	207,34	203,83	165,61	162,31	207,66	127,94	100,15	101,88	125,39
2015	206,06	202,90	166,03	162,87	206,45	126,76	100,19	101,75	124,35
2016	134,51	131,66	101,41	98,82	134,81	136,41	100,22	102,39	132,93

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 32 - Meso 3 - Noroeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	197,57	197,92	194,95	195,61	197,41	100,92	99,92	99,74	101,26
2011	198,41	195,96	151,40	149,36	198,52	132,91	100,05	101,31	131,12
2012	244,98	243,12	187,73	184,64	246,09	133,28	100,45	101,22	131,08
2013	280,20	274,42	179,31	175,03	280,67	160,36	100,17	102,28	156,53
2014	282,80	278,73	200,00	196,71	283,10	143,92	100,10	101,57	141,55
2015	316,68	311,46	212,14	208,00	317,17	152,49	100,15	101,83	149,51
2016	245,04	240,08	158,69	154,93	245,47	158,44	100,18	102,25	154,68

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 33 - Meso 4 - Oeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	137,05	139,33	155,69	159,02	136,73	85,88	99,77	98,13	87,82
2011	120,81	121,29	121,79	121,54	120,68	99,30	99,89	99,50	99,91
2012	166,72	165,59	134,88	131,62	168,20	127,79	100,89	101,58	124,70
2013	210,26	206,42	160,14	156,57	210,69	134,56	100,21	102,07	131,57
2014	182,20	181,28	156,32	155,29	182,34	117,42	100,08	100,59	116,64
2015	209,43	208,14	174,01	172,46	209,72	121,61	100,14	100,76	120,53
2016	195,50	192,09	145,65	142,47	195,94	137,53	100,22	102,01	134,53

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 34 - Meso 5 – Metropolitana de Curitiba, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	93,93	94,89	99,78	101,23	93,73	92,59	99,79	98,78	93,94
2011	89,98	91,67	99,14	101,49	89,76	88,44	99,75	97,92	90,54
2012	103,22	105,27	106,40	106,46	104,21	97,89	100,96	98,99	97,94
2013	90,52	92,81	103,26	106,65	90,19	84,56	99,64	97,17	87,34
2014	65,41	69,04	88,99	95,13	64,99	68,32	99,36	94,15	73,03
2015	66,91	72,12	101,54	111,17	66,39	59,72	99,22	92,05	65,38
2016	54,52	59,65	90,29	100,69	54,00	53,63	99,05	90,53	59,81

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 35 - Meso 6 - Centro Oriental, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	112,52	114,83	126,97	130,31	112,21	86,11	99,72	97,72	88,37
2011	91,97	95,99	118,74	125,03	91,57	73,24	99,56	95,39	77,12
2012	101,95	106,03	116,74	119,89	102,60	85,58	100,64	96,76	87,89
2013	103,39	107,36	124,64	130,42	103,00	78,97	99,61	95,94	82,64
2014	83,82	86,83	180,85	198,23	81,49	41,11	97,21	93,85	45,06
2015	79,76	86,07	123,17	134,32	79,34	59,07	99,48	92,18	64,42
2016	54,96	60,66	98,92	110,86	54,54	49,19	99,24	89,91	55,14

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 36 - Meso 7 - Sudeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	104,35	107,31	129,20	133,73	104,02	77,78	99,68	96,93	80,50
2011	90,91	94,87	127,75	134,47	90,52	67,31	99,57	95,41	70,86
2012	102,76	106,51	118,71	122,03	103,18	84,55	100,41	96,88	86,92
2013	98,82	102,77	124,43	130,41	98,44	75,48	99,61	95,79	79,11
2014	87,34	92,26	128,12	136,81	86,87	63,50	99,46	94,16	67,80
2015	79,51	85,23	133,16	144,60	79,00	54,64	99,36	92,69	59,33
2016	76,68	82,02	123,60	133,93	76,19	56,89	99,36	92,88	61,64

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 37 - Meso 8 – Norte Pioneiro, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	163,91	163,61	161,21	161,17	163,78	101,62	99,92	100,10	101,59
2011	130,39	128,99	119,41	118,07	130,42	110,46	100,02	101,11	109,22
2012	257,73	249,37	167,63	158,46	260,75	164,55	101,17	104,56	155,55
2013	209,22	200,81	136,42	129,79	210,14	161,90	100,44	104,65	154,04
2014	211,13	206,17	163,49	158,79	211,70	133,32	100,27	102,68	129,49
2015	224,19	220,42	181,96	177,99	224,76	126,27	100,25	101,97	123,52
2016	150,07	148,00	123,91	121,70	150,37	123,55	100,20	101,60	121,36

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 38 - Meso 9 - Centro Ocidental, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	115,48	119,78	147,17	153,90	115,01	74,73	99,59	96,02	78,15
2011	123,16	125,11	127,38	129,94	122,90	94,58	99,79	98,23	96,49
2012	165,49	166,63	139,25	138,10	166,75	120,74	100,76	100,07	119,75
2013	168,64	168,23	133,26	132,81	168,72	127,04	100,05	100,29	126,61
2014	142,81	145,16	130,06	132,54	142,63	107,61	99,87	98,26	109,66
2015	145,59	148,64	133,36	136,50	145,41	106,53	99,87	97,82	109,04
2016	144,91	146,90	120,01	121,87	144,79	118,81	99,92	98,56	120,65

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 39 - Meso 10 - Sudoeste, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	137,50	141,64	168,67	174,98	137,02	78,30	99,65	96,74	81,23
2011	124,61	130,46	167,36	176,86	124,03	70,13	99,54	95,07	74,11
2012	105,61	109,60	115,29	118,31	106,20	89,76	100,56	96,90	92,12
2013	150,24	154,89	161,71	167,54	149,87	89,46	99,75	96,76	92,68
2014	122,48	129,72	163,79	175,25	121,86	69,54	99,50	93,94	74,40
2015	103,53	110,83	146,49	158,59	102,95	64,91	99,44	92,89	70,28
2016	89,28	94,57	111,81	119,58	88,85	74,30	99,52	93,95	79,47

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.

Tabela 40 - Paraná, índice de produtividade total dos fatores e produtos

	Prod. Mão de Obra	Prod. Terra	Prod. Capital	PTF	Índice Produto	Índice Insumo	Índice MO	Índice Terra	Índice Capital
2009	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2010	122,53	145,77	122,66	145,94	122,52	83,96	100,00	84,05	99,89
2011	113,04	126,03	113,07	126,06	113,04	89,67	100,00	89,69	99,97
2012	148,69	134,01	148,40	133,72	148,71	111,21	100,01	110,97	100,21
2013	155,70	139,67	155,35	139,35	155,70	111,73	100,00	111,47	100,23
2014	142,07	155,89	141,94	155,74	142,07	91,22	100,00	91,14	100,10
2015	145,84	159,61	145,72	159,47	145,84	91,45	100,00	91,37	100,08
2016	120,55	125,55	120,38	125,37	120,55	96,16	100,00	96,02	100,14

Fonte: O autor, 2019 de acordo com os resultados da pesquisa, 2019.